

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL**



**“PLANEAMIENTO Y GESTIÓN DE PROCESOS CONSTRUCTIVOS DEL
PUENTE SOBRE LA VÍA EVITAMIENTO MEDIANTE DOVELAS
SUCESIVAS PROYECTO TREN ELÉCTRICO”**

TESIS

Para optar el Título Profesional de:

INGENIERO CIVIL

JUAN RAUL PIÑA GUERRA

Lima- Perú

2014

DEDICATORIA

Con Amor y agradecimiento a mis padres de quienes siempre he recibido el mayor apoyo y el mejor ejemplo.

En gratitud con todas las amistades y seres queridos que me han ayudado en la realización de esta tesis.

	Pag.
RESUMEN	3
LISTA DE TABLAS	4
LISTA DE FIGURAS	5
LISTA DE SÍMBOLOS Y SIGLAS	11
INTRODUCCIÓN	12
CAPÍTULO I: ASPECTOS GENERALES DEL PROYECTO	13
1.1. UBICACIÓN POLÍTICA DEL PROYECTO	13
1.2. CARACTERÍSTICAS DEL PROYECTO	14
1.2.1. Descripción del trazo y recorrido	14
1.3. DESCRIPCIÓN DEL PUENTE SOBRE LA VÍA EVITAMIENTO	16
1.3.1. Ubicación	16
1.3.2. Características técnicas del Puente	16
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	19
2.1. METODOLOGÍA PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL PUENTE MEDIANTE DOVELAS SUCESIVAS	19
2.1.1. Definiciones	19
2.1.2. Construcciones previas y finales a las dovelas sucesivas	23
2.1.3. Descripción del carro de avance	24
2.1.4. Montaje	25
2.1.5. Ciclo de trabajo	40
2.1.6. Sistema hidráulico	57
2.1.7. Control geométrico del Puente	59
2.2. SISTEMA LAST PLANNER	62
2.2.1. Definición	65
2.2.2. Control de la unidad de producción	68
2.3. CONTROL DE FLUJO DE TRABAJO MEDIANTE EL SISTEMA LAST PLANNER	69
2.3.1. Look Ahead Planning	69
2.3.2. Sistema de arrastre	70

2.4.	ESTRUCTURA DEL LAST PLANNER SYSTEM	71
2.4.1.	Planificación General	71
2.4.2.	Planificación por Fases	71
2.4.3.	Planificación Intermedia (Look Ahead Planning)	73
2.4.4.	Plan de trabajo semanal	80
	CAPÍTULO III: PROCESO CONSTRUCTIVO DEL PUENTE	83
3.1.	PROCESOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL PUENTE	83
3.1.1.	Construcción y descabezado de pilotes	83
3.1.2.	Excavación y construcción de zapatas	101
3.1.3.	Construcción de columnas	109
3.1.4.	Construcción de vigas cabezales	112
3.1.5.	Construcción de la dovela de arranque	114
3.1.6.	Construcción de las dovelas sucesivas	129
	CAPÍTULO IV: PLANEAMIENTO Y GESTIÓN DE PROCESOS APLICADO AL PROYECTO	146
4.1.	PLANIFICACIÓN MAESTRA	146
4.2.	PLANIFICACIÓN POR FASES	148
4.3.	PLANIFICACIÓN INTERMEDIA O LOOK AHEAD PLANNING	156
4.3.1.	Análisis de restricciones	156
4.4.	PLANIFICACIÓN SEMANAL	157
4.4.1.	Porcentaje de plan cumplido	159
4.4.2.	Razones de incumplimiento	162
4.4.3.	Índices de productividad de mano de obra	164
	CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	166
5.1.	CONCLUSIONES	166
5.2.	RECOMENDACIONES	167
	BIBLIOGRAFÍA	168
	ANEXOS	169

RESUMEN

La construcción de puentes de grandes luces ha llevado a la industria de la construcción a estar en constante desarrollo en aras de mejorar los tiempos de ejecución, presupuesto y calidad de las estructuras. En la presente tesis se expone una metodología para la gestión de los procesos constructivos del puente sobre la vía Evitamiento mediante dovelas sucesivas aplicando el sistema Last Planner, como también la descripción del proceso constructivo del puente desde sus inicios hasta la finalización de las dovelas.

Dentro de la actividad de la construcción, un planeamiento y programación adecuados nos permiten tener un manejo más racional de los recursos que ha de reflejarse en la calidad y economía de una obra. En la construcción del puente sobre la vía Evitamiento los principales problemas fueron determinar la metodología constructiva a utilizar para no interrumpir el libre flujo vehicular, como también reducir las actividades que no agregan valor, los altos índices de desperdicio de materiales y tiempo, que se presentan a lo largo del proyecto, lo cual se ve reflejado en sobrecostos, bajos niveles de productividad del trabajo, retrasos en la programación de obra y reducción en el margen de utilidad. Estos problemas mencionados fueron resueltos utilizando para la ejecución del puente la metodología de construcción mediante dovelas sucesivas el cual permitía el libre flujo vehicular y para la reducción de actividades que no agregan valor se desarrollaron herramientas para la gestión de los procesos constructivos mediante el sistema Last Planner.

El sistema de gestión de procesos aplicado, tiene varios niveles de planificación donde se refina el plan y reduce la incertidumbre, considerando solo lo que se pueda ejecutar, y no lo que deba realizarse. De esta manera se mantienen los objetivos presentes y el equipo del proyecto puede ayudar a remover obstáculos para alcanzarlos, de tal forma la planificación no solo son intenciones sino, un compromiso de trabajo activo para diseñar la manera de realizar las actividades. Este sistema asegura el flujo de trabajo continuo y el cumplimiento de las actividades de un plan a través de planificaciones más confiables con el que es posible alcanzar un nivel de producción basado en mejoras continuas.

LISTA DE TABLAS

Tabla N°1.1: Ubicación Política del Proyecto	14
Tabla N°1. 2: Estaciones del Proyecto Tren Eléctrico Línea 1, Tramo 2.	15
Tabla N°3.1: Dimensiones mínimas para la plataforma.....	83
Tabla N°3.2: Parámetros para la reutilización del lodo bentonítico	88
Tabla N°3.3: Dimensiones de las columnas o pilares del Puente.....	109
Tabla N°4.1: Fechas de las Fases de Construcción del Puente sobre la Vía Evitamiento	146
Tabla N°4.2: Descripción de las actividades con sus respectivos datos.....	148
Tabla N°4.3: Control y Seguimiento de Restricciones	156
Tabla N°4.4: Actividades planificadas en la semana 11	157
Tabla N°4.5: Registro de Plan semanal	158
Tabla N°4.6: Registro de Porcentajes de Plan Cumplidos	159
Tabla N°4.7: Lista de Causas de Incumplimientos	162
Tabla N°4.8: Registro de Causas de Incumplimientos	163
Tabla N°4.9: registro de índices de productividad	164

LISTA DE FIGURAS

Figura N°1.1: Ubicación Política del Proyecto Tren Eléctrico Línea 1, Tramo 2.	13
Figura N°1.2: Ubicación Política del Puente sobre la Vía Evitamiento.	16
Figura N°1.3: Planta y Elevación del Puente sobre la Vía Evitamiento.	17
Figura N°1.4: Sección Típica del Puente.	18
Figura N°2.1: Partes del Encofrado	20
Figura N°2.2: Concepto de Corrección de Contra flechas.	22
Figura N°2. 3 Estructuras necesarias antes de la ejecución de las dovelas sucesivas.	23
Figura N°2.4: Vista de Elevación del Carro de Avance.	24
Figura N°2.5: Vista de Sección del Carro de Avance.	25
Figura N°2.6: Planta y Elevación del Carril Doble L=5.9m.	26
Figura N°2.7: Planta y Elevación del Carril Simple L=6.79m.	26
Figura N°2.8: Planta y Elevación del Carril Doble L=5.9m conectado a Carril Simple L=6.79m.	26
Figura N°2.9: Planta y Elevación del Carril de Avance, con barra DW20 y Cilindro hidráulico.	27
Figura N°2.10: Vista sección de fijación de carriles de avance.	27
Figura N°2.11: Vista planta y elevación de fijación de carriles de avance.	27
Figura N°2.12: Fotografía de carril de avance, instalado sobre dovela 0.	28
Figura N°2.13: Vista Elevación de Estructura Principal.	28
Figura N°2.14: Vista Sección de arriostres MK-120 de dos Estructuras Principales.	29
Figura N°2.15: Vista Sección de posición de Perfil U-500.	29
Figura N°2.16: Vista Sección de Apoyo Delantero.	30
Figura N°2.17: Vista Sección de Apoyo Trasero.	30
Figura N°2.18: Vista Elevación apoyos delantero y trasero.	30
Figura N°2.19: Fotografía Pre Montaje de Estructura Principal.	31
Figura N°2.20: Fotografía Pre Montaje de Estructura Principal con arriostres MK-120.	31
Figura N°2.21: Esquema de Izado de Estructura Principal, sobre dovela 0.	31
Figura N°2.22: Vistas vigas transversales U-500.	32
Figura N°2.23: Vista elevación de celosías con riostras MK-120.	32

Figura N°2.24: Vista planta de encofrado de fondo.	33
Figura N°2.25: Esquema de lugar de pre montaje de encofrado de fondo.	33
Figura N°2.26: Izado de encofrado de fondo, mediante sistema hidráulico.	34
Figura N°2.27: Posición final de encofrado de fondo.	34
Figura N°2.28: Vista sección encofrado interior, exterior y fondo.	35
Figura N°2.29: Vista planta y elevación de carriles de desplazamiento.	35
Figura N°2.30: Montaje encofrado interior. Fase 1.	36
Figura N°2.31: Montaje encofrado interior. Fase 2.	36
Figura N°2.32: Montaje encofrado interior. Fase 3.	36
Figura N°2.33: Vista sección encofrado exterior.	37
Figura N°2.34: Vista sección de viga 240 suspendida.	38
Figura N°2.35: Vista sección de montaje de Viga 240 suspendida.	38
Figura N°2.36: Vista sección de encofrado exterior y encofrado de fondo.	39
Figura N°2.37: Vista izado de encofrado exterior y encofrado de fondo.	39
Figura N°2.38: Vista elevación de retiro de anclajes de los carriles de avance.	40
Figura N°2.39: Vista sección de retiro de anclajes de los carriles de avance.	40
Figura N°2.40: Movimientos del cilindro horizontal (GATO DE 30T-620C), para traslación de los carriles de avance.	41
Figura N°2.41: Posición de los carriles de avance, en dovela ejecutada.	41
Figura N°2.42; Inicio desplazamiento de los carriles de avance.	41
Figura N°2.43: Posición final de los carriles de avance.	42
Figura N°2.44: Vista elevación de colocación de anclajes de los carriles de avance.	42
Figura N°2.45: Vista sección de colocación de anclajes de los carriles de avance.	42
Figura N°2.46: Fotografía de destensado con cilindros huecos.	43
Figura N°2.47: Proceso de descenso de apoyo delantero.	44
Figura N°2.48: Viga carril de encofrado interior.	45
Figura N°2.49: Encofrado Exterior.	46
Figura N°2.50: Desencofrado de fondo, interior y exterior.	47
Figura N°2.51: Descenso del encofrado de fondo, mediante los cilindros huecos en las barras DW36.	48
Figura N°2.52: Transferencia de cargas al anclaje trasero del carril.	49
Figura N°2.53: Desajuste y retiro del anclaje trasero del carro.	49

Figura N°2.54: Fases del proceso hidráulico de avance del carro.	50
Figura N°2.55: Soporte delantero.	51
Figura N°2.56: Posicionamiento del conjunto trasero.	51
Figura N°2.57: Colocación y fijación de los husillos de carga traseros.	51
Figura N°2.58: Colocación encofrado de fondo y exterior.	53
Figura N°2.59: Posición 1 y Posición 2.	54
Figura N°2.60: Posición 3 y Posición 4.	55
Figura N°2.61: Posición 5 y Posición 6.	55
Figura N°2.62: Posición final del encofrado interior.	56
Figura N°2.63: Fotografía Gato Hidráulico de 200 Ton.	57
Figura N°2.64: Fotografía Gato de 30T-520C.	58
Figura N°2.65: Fotografía Central Hidr. FPT 250/700 Bar.	58
Figura N°2.66: Formación de asignaciones en el proceso de planificación del Last Planner	67
Figura N°2.67: Proceso Look Ahead	69
Figura N°2.68: Sistema tradicional de planificación "Push"	70
Figura N°2.69: Last Planner, un sistema Pull.	71
Figura N°2.70: Planificación Lookahead, horizonte 3 semanas.	75
Figura N°3.1: Compactación de la plataforma	84
Figura N°3.2: Verificación de la colocación de la camisa mediante unas guías	85
Figura N°3.3: Colocación de la camisa rotando con la KDK	86
Figura N°3.4: Verificación de la posición de la camisa por parte de topografía	87
Figura N°3.5: Perforación de un pilote con hélice	87
Figura N°3.6: Planta de lodo bentonítico.	88
Figura N°3.7: Lectura de la profundidad de la perforación	89
Figura N°3.8: Colocación de la armadura del pilote	89
Figura N°3.9: Armadura trabada con la camisa a través de una barra horizontal.	90
Figura N°3.10: Soldadura en los traslapes que unen 2 armaduras del pilote	90
Figura N°3.11: Colocación de tubos de PVC para facilitar el descabezado	91
Figura N°3.12: Tuberías Tremie	92
Figura N°3.13: Colocación de la pelota antes de iniciar el vaciado	93
Figura N°3.14: Vaciado del pilote	93

Figura N°3.15: Medición de la ubicación del concreto	94
Figura N°3.16: Retiro de la camisa.	95
Figura N°3.17: Perforaciones del barreno para el descabezado del pilote	96
Figura N°3.18: Fracturación de la cabeza del pilote con el quebrantador hidráulico.	96
Figura N°3.19: Izaje del cabezal fracturado.	97
Figura N°3.20: Prueba de Integridad	98
Figura N°3.21: Cabeza de Pilote con superficie de impacto	99
Figura N°3.22: Sensores de tensión y aceleración	100
Figura N°3.23: Dispositivo de carga	100
Figura N°3.24: Taludes de excavación de las zapatas - Sección transversal	101
Figura N°3.25: Excavación a nivel de la banqueta	102
Figura N°3.26: Excavación de la zapata (2da etapa).	102
Figura N°3.27: Nivelación del terreno	103
Figura N°3.28 Vaciado del solado	103
Figura N°3.29: Colocación de acero en la zapata O16	104
Figura N°3.30: Armadura de la zapata lista para la colocación de la columna	105
Figura N°3.31: Vaciado de concreto de la 1ra etapa de la zapata O16	106
Figura N°3.32: Medición de la temperatura del concreto a través de termocuplas	106
Figura N°3.33: Corte Verde	107
Figura N°3.34: Vaciado de concreto de la 2da etapa de la zapata O17	108
Figura N°3.35: Curado vía húmeda utilizando mantas	108
Figura N°3.36: Colocación de acero en la armadura de la columna O17	109
Figura N°3.37: Izaje de la 2da columna del eje O16	110
Figura N°3.38: Vaciado de concreto de la 3ra etapa de las columnas.	111
Figura N°3.39: Colocación de acero en la viga cabezal – eje O18.	113
Figura N°3.40: Colocación del grout y neopreno – eje O15.	113
Figura N°3.41: Ubicación de las Torres Grúa - Planta	115
Figura N°3.42: Instalación de los siguientes cuerpos – Eje O16	115
Figura N°3.43: Colocación de la tornamesa – Eje O16.	116
Figura N°3.44: Instalación de dos contrapesos ubicados en el extremo de la contraflecha – Eje O16.	116
Figura N°3.45: Acople de la pluma a la tornamesa – Eje O16.	117

Figura N°3.46: Procesos de construcción de la Dovela de Arranque	118
Figura N°3.47: Colocación de losa de fondo de la dovela de arranque	119
Figura N°3.48: Habilitación y colocación de acero en la losa inferior.	119
Figura N°3.49: Encofrado de la losa inferior.	120
Figura N°3.50: Vaciado de la losa inferior.	120
Figura N°3.51: Armadura de las almas de la dovela de arranque.	121
Figura N°3.52: Encofrado de las almas de la dovela de arranque.	121
Figura N°3.53: Colocación de los anclajes de las barras roscadas en la losa superior	122
Figura N°3.54: Encofrado de la losa superior de la dovela de arranque.	123
Figura N°3. 55: Desencofrado dovela cero – eje O17	124
Figura N°3.56: Colocación de la tuerca y el manguito tensor	125
Figura N°3.57: Colocación de la barra de extensión	126
Figura N°3.58: Colocación de la silla	126
Figura N°3.59: Colocación del gato hidráulico	127
Figura N°3.60: Monitoreo del tensado y de la presión a través del manómetro	127
Figura N°3.61: Verificación de la elongación de la barra roscada	128
Figura N°3.62: Colocación del gato hidráulico para el postensado de cables- Dovela de arranque eje O16	129
Figura N°3.63: Dovelas del eje O15 hacia el claro central - Elevación	130
Figura N°3.64: Dovelas del claro central hacia el eje O18 - Elevación	130
Figura N°3.65: Colocación de los rieles	131
Figura N°3.66: Izaje del marco principal.	131
Figura N°3.67: Colocación del marco principal.	132
Figura N°3.68: Marcos principales colocados en ambos sentidos.	132
Figura N°3.69: Colocación de la plataforma exterior (outer form).	133
Figura N°3.70: Colocación de la plataforma exterior (outer form) y de la plataforma interior (inner form).	133
Figura N°3.71: Plataforma exterior (outer form) y Plataforma interior (inner form).	134
Figura N°3.72: Izaje de la plataforma inferior (bottom form) y de la plataforma de seguridad (safety platform).	134
Figura N°3.73: Habilitación de acero en la losa inferior	135
Figura N°3.74: Losa superior de la dovela	136

Figura N°3.75: Vaciado de las dovelas 1N y 1S – Eje O17	136
Figura N°3.76: Colocación del gato hidráulico para el tensado.	137
Figura N°3.77: Corrida del carro de avance.	138
Figura N°3.78: Carros FT5 – FT6 y Carros FT7 – FT8	139
Figura N°3.79: Foto panorámica de la construcción del Puente sobre la vía Evitamiento mediante Dovelas Sucesivas	139
Figura N°3.80: Vaciado de concreto de la dovela de cierre central	140
Figura N°3.81: Apoyos temporales para las dovelas extremas – Eje O15.	141
Figura N°3.82: Dovela extrema lateral – Eje O15	142
Figura N°3.83: Dovela de cierre extrema – Eje O18	142
Figura N°3.84: Blíster dentro de las dovelas sucesivas	143
Figura N°3.85: Diafragmas internos en la dovela de arranque, dovela extrema y dentro de las dovelas sucesivas para los tendones futuros	144
Figura N°3.86: Desmontaje del carro de avance	145
Figura N°4.1: Planificación Maestra de la Construcción del Puente sobre la Vía Evitamiento	147
Figura N°4.2: Planificación por Fases de la Construcción del Puente sobre la Vía Evitamiento	155
Figura N°4.3: Grafica de registro de PPC semanal y Acumulado	160
Figura N°4.4: Formato de registro de la PPC	161
Figura N°4.5: Causas de Incumplimiento Acumulado	163
Figura N°4.6: Comparativo de ratios de Acero meta, real y acumulado	165
Figura N°4.7: Comparativo de ratios de Encofrado meta, real y acumulado	165
Figura N°4.8: Comparativo de ratios de Concreto meta, real y acumulado	165

LISTA DE SÍMBOLOS Y SIGLAS

AASHTO	: American Association of State Highway and Transportation Officials
ACI	: American Concrete Institute
ASTM	: American Society of Testing and Materials
AWS	: American Welding Society
CI	: Causas de Incumplimiento
EE.UU	: Estados Unidos de America
$f'c$: Esfuerzo Máximo de Compresión en el Concreto
f_y	: Esfuerzo de Fluencia para el Acero de Refuerzo
INDECOPI	: Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y la Protección de la Propiedad Intelectual
LPS	: Last Planner System
PPC	: Porcentaje de Plan Cumplido
PU	: Production unit
RNE	: Reglamento Nacional de Edificaciones
SP	: Safety Platform

INTRODUCCIÓN

La presente tesis de pre-grado es una propuesta desarrollada en la base a la experiencia adquirida en la construcción del puente sobre el la vía Evitamiento. Sin embargo su aplicabilidad puede extenderse a cualquier tipo de proyecto de construcción.

Esta tesis es de especial interés para todo aquel que está involucrado en la planificación de proyectos y específicamente en la gestión de los procesos constructivos. En esta tesis se tratan temas de interés como la mejora continua de los procesos y correcta evaluación y seguimiento de alternativas. Así como también las buenas prácticas para llevar un control de avances y costos para un proyecto que presenta muchos cambios de alcance.

El principal objetivo es elaborar un planeamiento y programación que nos permita llegar a la meta utilizando la menor cantidad de recursos, de tal manera de reducir los plazos de obra y costos en especial los tiempos improductivos.

El primer capítulo se describe las generalidades del proyecto en estudio, como la ubicación geográfica del proyecto, trazo y recorrido. También se describen características técnicas del puente en estudio como la geometría de la sección típica y dimensiones.

El segundo capítulo, se desarrolla el marco teórico en el que se basa la metodología de construcción del puente mediante dovelas sucesivas y también la gestión de los procesos aplicando el sistema Last Planner.

El tercer capítulo se describe los procesos constructivos del puente desde su cimentación (construcción de pilotes, cimentaciones, pilares, vigas cabezales) hasta la finalización de la construcción de las dovelas sucesivas.

El cuarto capítulo, se desarrolla la aplicación de herramientas para la gestión de los procesos mediante el sistema Last Planner, como también los resultados obtenidos de la aplicación sistema Last Planner en la ejecución del puente sobre la vía Evitamiento.

Finalmente en el quinto capítulo se presentan las conclusiones y recomendaciones obtenidas de la presente tesis de pre-grado.

CAPÍTULO I: ASPECTOS GENERALES DEL PROYECTO

1.1. UBICACIÓN POLÍTICA DEL PROYECTO

El Sistema Eléctrico de Transporte Masivo de Lima y Callao Línea 1, Tramo 2: Grau – San Juan de Lurigancho, se ubica políticamente en tres distritos de la provincia y región de Lima. (Ver Figura N°1.1 y tabla N°1.1).

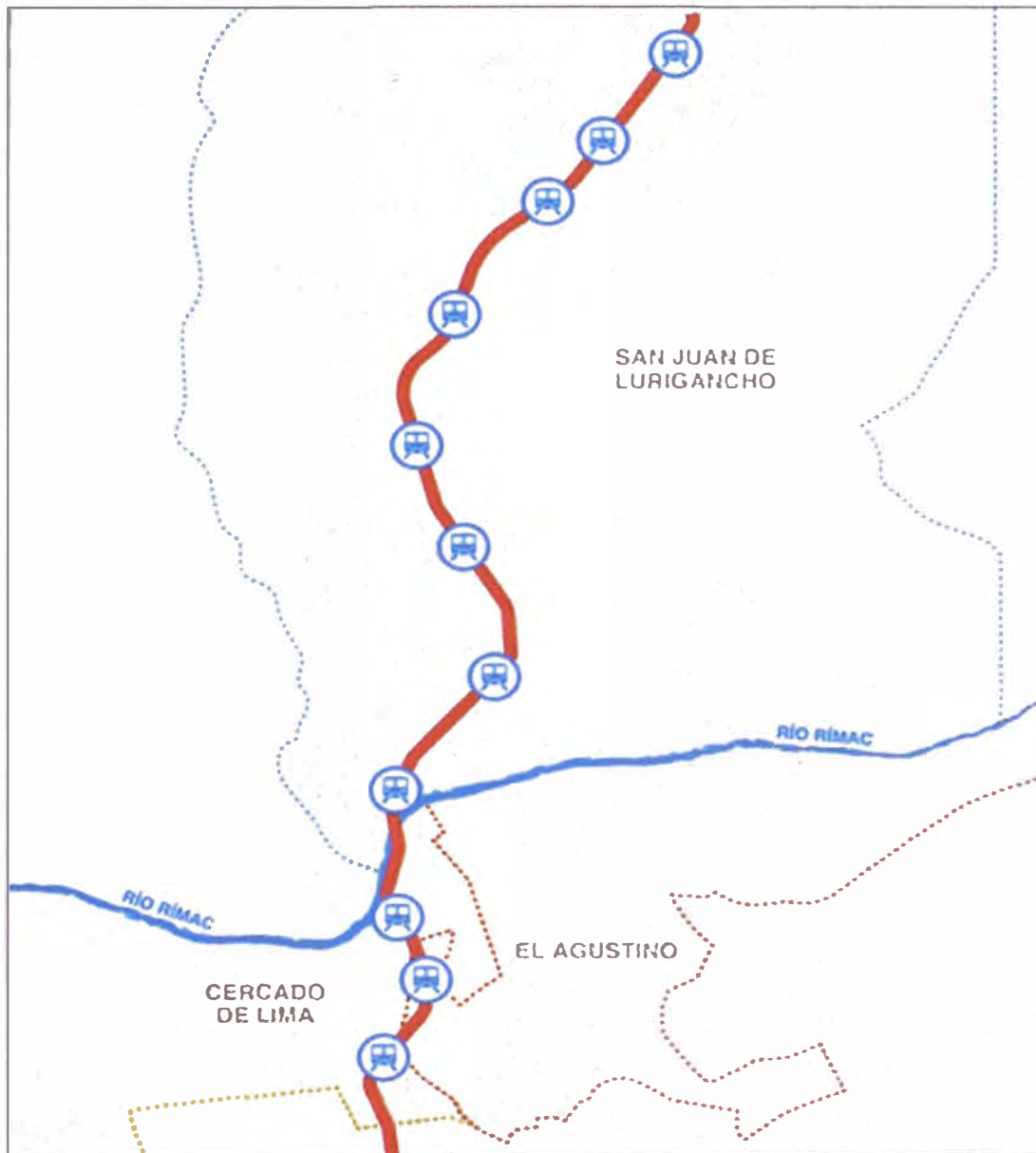


Figura N°1.1: Ubicación Política del Proyecto Tren Eléctrico Línea 1, Tramo 2.

Fuente: Elaboración propia.

El trazo del Proyecto Tren Eléctrico Línea 1 Tramo 2, abarca los siguientes distritos:

- Cercado de Lima, inicio desde el Km.20+942.83 al Km 21+350 (por la Av. Grau) y el tramo comprendido entre los Km. 22+568 al Km 23+900 (no existe vía de transporte público).
- El Agustino desde el Km. 21+350 al Km 22+250 (por la Av. Grau y la Av. Locumba). Desde el Km 22+250 al Km 22+568 (no existe vía de transporte público, se atraviesa por un espacio urbano con asentamientos humanos precarios altamente tugurizados).
- San Juan de Lurigancho desde el Km. 23+900 al final del tramo Km. 33+800 (por la Av. Próceres de la Independencia).

Tabla N°1.1: Ubicación Política del Proyecto

Región	Provincia	Distrito	Avenidas
Lima	Lima	Cercado de Lima	Av. Grau
		El Agustino	Av. Locumba
		San Juan de Lurigancho	Av. Próceres de la Independencia

Fuente: Elaboración Propia

1.2. CARACTERÍSTICAS DEL PROYECTO

1.2.1. Descripción del trazo y recorrido

El proyecto del Sistema Eléctrico de Transporte Masivo de Lima y Callao, Línea 1, Tramo 2: Grau – San Juan de Lurigancho tiene una longitud aproximada de 12.4 k m., la cual comprende una línea de ferrocarril urbano a doble vía. Además el Proyecto considera la construcción de 10 estaciones (Ver tabla N°1.2). El recorrido de la extensión de la Línea 1 del Sistema Eléctrico de Transporte Masivo a San Juan de Lurigancho, se desarrolla dentro del área urbana de la Ciudad Capital, iniciándose en una zona con fuerte deterioro del Cercado de Lima, atravesando luego por un espacio urbano con asentamientos humanos precarios altamente tugurizados en el distrito de El Agustino, recorriendo finalmente gran parte del área urbana consolidada del distrito de San Juan de Lurigancho.

Tabla N°1. 2: Estaciones del Proyecto Tren Eléctrico Línea 1, Tramo 2.

Estación	Dirección	Distrito
El Ángel	Av. Locumba / Cementerio El Ángel	El Agustino
Presbítero Maestro	Av. Rivera y Dávalos / Cementerio El Presbítero	Cercado de Lima
Caja de Agua	Av. Próceres de la Independencia/Ovalo Zárate	San Juan de Lurigancho
Pirámides del Sol	Av. Próceres de la Independencia/Av. Pirámide del Sol	San Juan de Lurigancho
Los Jardines	Av. Próceres de la Independencia/Av. Los Jardines	San Juan de Lurigancho
Los Postes	Av. Próceres de la Independencia/Av. Los Postes	San Juan de Lurigancho
San Carlos	Av. Próceres de la Independencia/Av. El Sol	San Juan de Lurigancho
San Martín	Av. Próceres de la Independencia/Av. Canto Rey	San Juan de Lurigancho
Santa Rosa	Av. Próceres de la Independencia/Av. Santa Rosa	San Juan de Lurigancho
Bayóvar	Av. Próceres de la Independencia/Av. Héroes Del Cenepa Oeste /Av. Bayovar	San Juan de Lurigancho

Fuente: Elaboración Propia

El trazo se inicia en la cola de vía de la Estación Intermodal Grau, en el cruce de la Av. Grau con el Jr. José De Rivera y Dávalos, siguiendo sobre el eje de las siguientes vías: Av. Grau, Av. Locumba y Prolongación Locumba.

Luego, después de cruzar la vía existente del ferrocarril central, el trazo se dirige por la margen izquierda del río Rímac, bajo el puente Huáscar, cruza el río Rímac para luego dirigirse a la Av. Próceres de la Independencia, para concluir en las proximidades de la Av. Bayóvar

Por otro lado, se cuenta con un derecho de vía, de 18 metros, para la prolongación de la Línea 1 del Tren Eléctrico a San Juan de Lurigancho, el cual ha sido aprobado mediante ordenanzas N° 975 y N° 1101, emitidos por la Municipalidad Metropolitana de Lima.

Todas las construcciones del viaducto, subestaciones eléctricas, edificios del patio de maniobras, estaciones de pasajeros y soluciones viales en intercambios, cumplirán con las normas y requisitos técnicos, estructurales y arquitectónicos de sistemas tipo metro, y además cumplirán con las normas nacionales e internacionales aplicables.

El Proyecto ha de cumplir con los requisitos de la categoría A de la norma peruana de sismos, así como su tratamiento de estructura especial, considerando que la

vida útil de las estructuras de las obras civiles será como mínimo de 50 años. Se cumplirá con la última versión de las normas emitidas por:

- RNE (Reglamento Nacional de Edificaciones)
- INDECOPI (Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y la Protección de la Propiedad Intelectual)
- ASTM (American Society of Testing and Materials)
- ACI (American Concrete Institute)
- AWS (American Welding Society)
- AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials).
- Manual de Diseño de Puentes de la DGCF de PROVIAS NACIONAL.

1.3. DESCRIPCIÓN DEL PUENTE SOBRE LA VÍA EVITAMIENTO

1.3.1. Ubicación

Puente ubicado sobre la Vía de Evitamiento 001N, entre los distritos de San Juan de Lurigancho y El Agustino (Ver Figura N°1.2)



Figura N°1.2: Ubicación Política del Puente sobre la Vía Evitamiento.

Fuente: Elaboración Propia.

1.3.2. Características técnicas del Puente

- El esquema estático del Puente sobre la vía de Evitamiento es del tipo aporticado con un vano central y dos exteriores de dimensiones similares.
- Tablero de 274m de largo total, de 8.40m de ancho total. Con una luz principal de 124m y dos exteriores de 75 metros cada una (Ver Figura N°1.3).

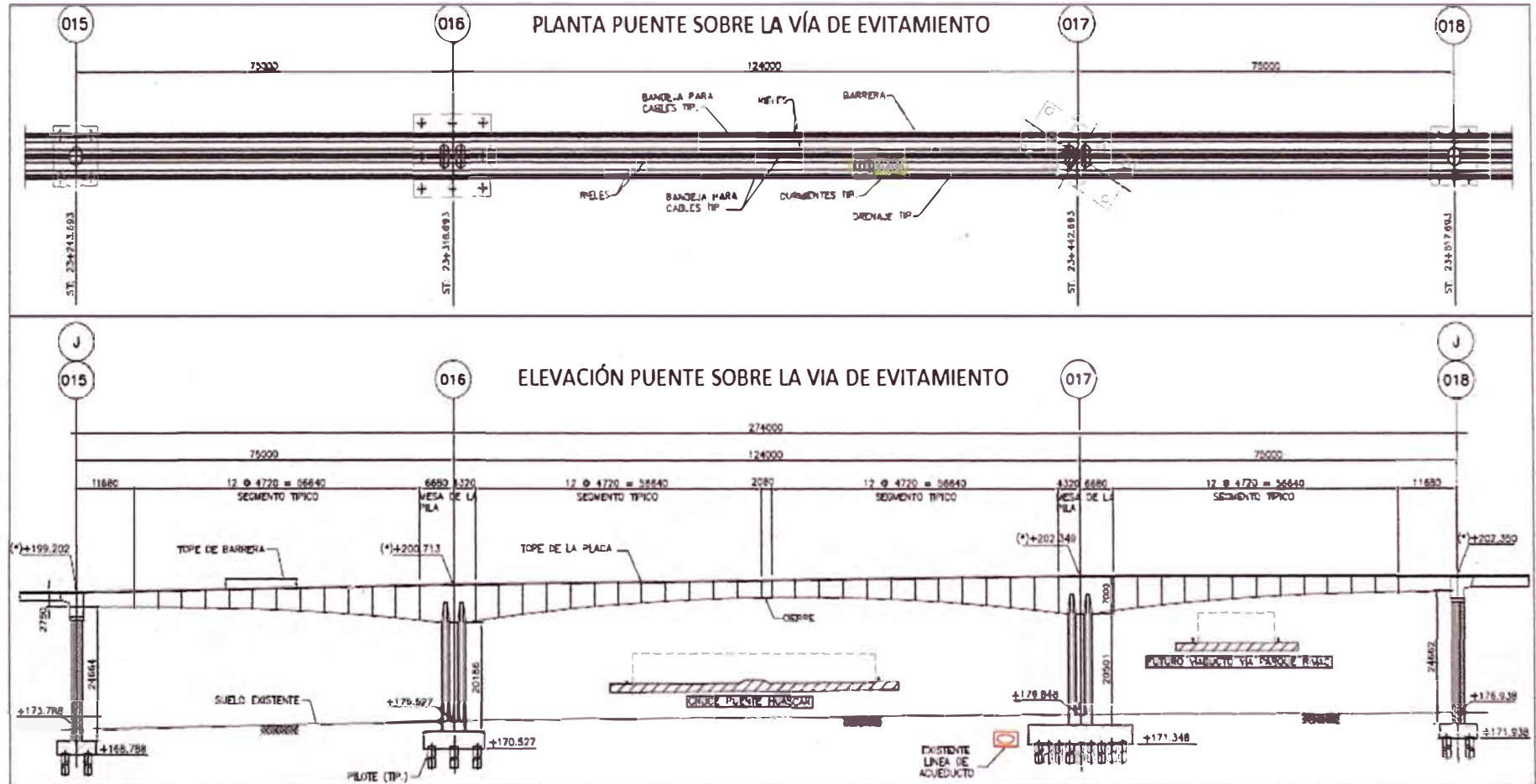


Figura N°1.3: Planta y Elevación del Puente sobre la Vía Evitamiento.

Fuente: Expediente técnico final.

- La sección transversal es una viga cajón hueca de altura variable; en los pilares es 6.00 m. y en la zona central es de 2.75 m., con ancho superior de 8.34 e inferior de 3.50 (Rímac); en el Puente Huáscar tiene las siguientes dimensiones en pilares es 7.00 m. y en la zona central es de 3.20 m., con ancho superior de 8.34 e inferior de 3.24 m (Ver Figura N°1.4).

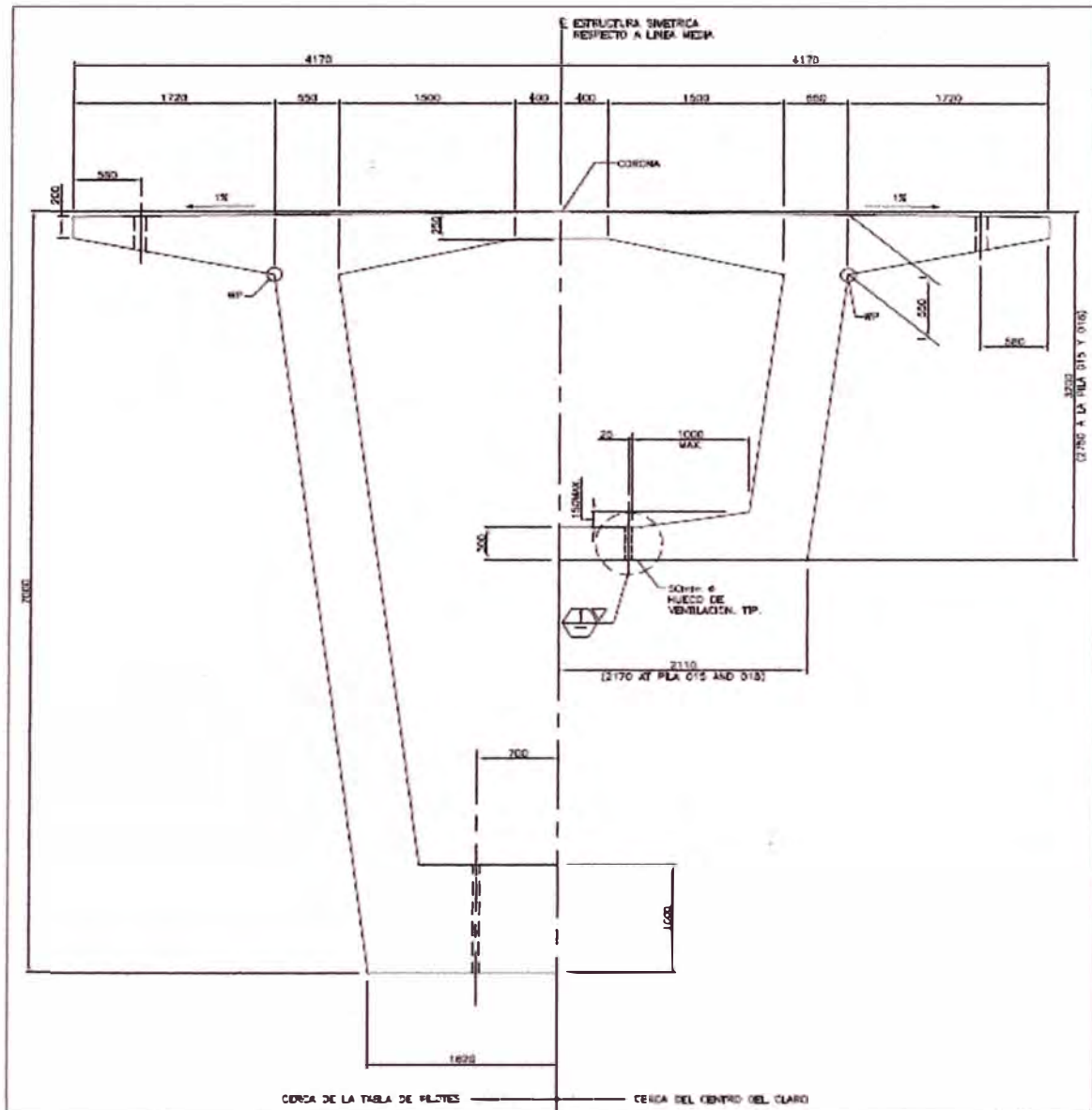


Figura N°1.4: Sección Típica del Puente.

Fuente: Expediente técnico final.

- La metodología constructiva a ejecutar será mediante el método de dovelas sucesivas con carros de avance, primera aplicación en Perú de esta técnica

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. METODOLOGÍA PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL PUENTE MEDIANTE DOVELAS SUCESIVAS

La presente metodología es un resumen de la guía de usuario de carro de avance mediante el sistema MK de ULMA descritas en el expediente técnico final del proyecto Tren Eléctrico Línea 1, Tramo 2.

2.1.1. Definiciones

- **Dovela:** Se entiende por dovela un tramo determinado de tablero, la cual se ejecutará in situ con la ayuda de un carro de avance.
- **Dovela "0":** La dovela "0" o dovela sobre pila es el primer tramo de superestructura construido de forma monolítica con las columnas centrales del puente, a partir de las cuales se colocarán los carros de avance para construir las subsiguientes dovela en volado.
- **Carro de Avance:** Cada carro de avance consiste en la estructura metálica donde irá montado el encofrado que se utilizará para ejecutar las dovelas en voladizo.
- **Encofrado de Dovelas:** El encofrado de dovelas se materializa por medio de terciado fenólico de 18mm de espesor. Éste está soportado en canales metálicos livianos. El terciado se conecta a éstos por medio de tornillos autoperforantes. El encofrado de dovelas se distingue en 5 elementos independientes (Ver Figura 2.1):
 - ✓ Encofrado de fondo: es solidario a la plataforma inferior del carro. Su ancho es ajustable para adaptarse al ancho inferior variable entre las distintas dovelas.
 - ✓ Encofrado lateral: es solidario cada una de las 2 plataformas exteriores de cada carro de avance. Su forma es fija, la variación de altura entre las distintas dovelas es absorbida a través del ajuste en elevación de la plataforma inferior.
 - ✓ Encofrado interior: es solidario a la plataforma interior del carro. Su forma es fija a nivel de losa superior; la altura del encofrado interior de las almas es ajustable por medio de la remoción de paneles.
 - ✓ Encofrado frontal: se materializa a través de terciado y madera. Se

instala y desinstala completamente para cada dovela.

- ✓ **Pasamuros:** son barras de acero de alta resistencia que conectan el encofrado de las almas de la dovela exterior y exterior. Los pasamuros atraviesan las almas de la dovela dentro de un tubo de PVC (lo que les permite ser recuperables) y se conectan al encofrado por medio de tuercas mariposa.
- ✓ **Viga de restricción lateral (BF-SRB):** la viga de restricción lateral permite cerrar la posición del encofrado lateral contra lo encofrado inferior, lo cual se materializa mediante el apriete de barras de acero de alta resistencia que conectan las BF-SRB de ambos lados.

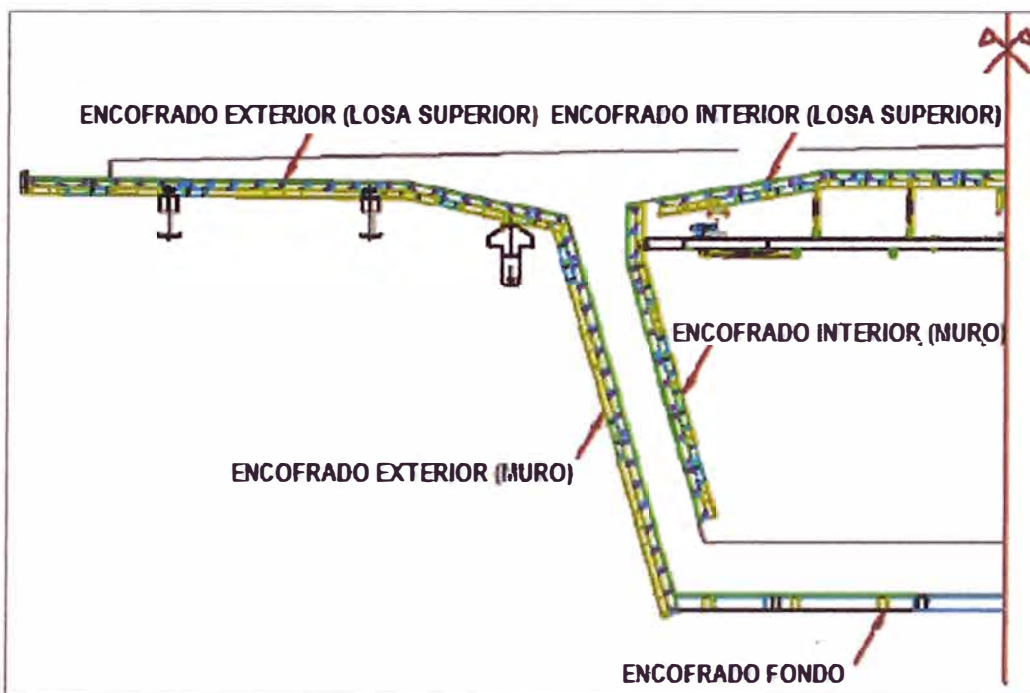


Figura N°2.1: Partes del Encofrado

Fuente: Expediente técnico final.

- **Puntos de Control:** Los puntos de control son puntos fijos y bien identificados en el tablero que se utilizarán para constituir una representación discreta de la geometría del tablero. La ubicación e identificación de los puntos de control se encuentra descrita en anexo 1.
- **Puntos de Replanteo:** Los puntos de replanteo son puntos fijos y bien identificados en el encofrado de dovelas. Estos se utilizarán para ajustar el encofrado de cada dovela en particular, en base a la cota de proyecto, la geometría de la dovela, la deformación propia esperada del carro de avance

para la dovela en particular y el ajuste por error constructivo (resultado del monitoreo de los puntos de control). La ubicación e identificación de los puntos de replanteo se encuentra descrita en anexo 1.

- **Flechas:** Se entenderá como flecha la deformación total esperada de un determinado punto de control tras el replanteo de éste en la construcción. En otras palabras, correspondería a la flecha final de un determinado punto de control si el replanteo de éste se hiciera en base a las coordenadas de proyecto (sin contraflecha).
- **Contraflecha:** La contraflecha, normalmente, es el mismo valor de la flecha en sentido contrario a esta última, y se aplica en el replanteo de manera de buscar que el punto de control termine en una posición cercana a su coordenada de proyecto después de ocurridas todas la deformaciones constructivas y reológicas.
- **Contra fleca teórica y real:** Para cada punto de control, existirá una contraflecha teórica (definida en planos de proyecto) y una real (detectada en terreno a través de monitoreo topográfico). La diferencia entre estos dos valores corresponderá al delta (Δ) constructivo observado, el cual se irá compensando en el replanteo de las dovelas siguientes como se describe más adelante.
- **Pirámide de Contra flechas:** La pirámide de contra flechas es una matriz que representa la historia de una o más coordenadas (en particular la elevación) de los puntos de control definidos en la estructura, en las distintas etapas de construcción de ésta. Se manejarán 2 clases de pirámides de contra flechas en el proyecto: la pirámide de contra flechas teóricas, que correspondiente a los resultados obtenidos en el análisis estructural y la pirámide de contra flechas real, donde se completarán las lecturas obtenidas en terreno. El resultado que se obtendrá al comparar ambas pirámides será el delta (Δ) de construcción, valor que a su vez, será utilizado para determinar la corrección de la contraflecha teórica en la construcción de la(s) dovela(s) siguiente(s).

En anexo 1 se indica se forma gráfica la descripción de las distintas etapas para la elaboración de la pirámide de contra flechas.

- **Corrección de Contra flechas:** Tal como expuesto en los apartados anteriores, será necesario corregir la contraflecha de cada dovela para su replanteo de acuerdo a los deltas (Δ) observados en las dovela(s) anterior(es).

Es conveniente mencionar la filosofía de la corrección de contra flechas: el primer objetivo es cerrar el puente con el mínimo de error posible (con el fin de minimizar las fuerzas y/o contrapesos necesarios para alinear ambos extremos del tablero durante el cierre). El segundo objetivo es conseguir una rasante lo más regular y con la mínima cantidad de quiebres posibles, esto por motivos estéticos. A raíz de esto, la corrección del delta (Δ) observado no se concentrará en la dovela siguiente, sino que se prorrateará en las siguientes dovelas a construir. La figura N°2.2 ilustra este concepto.

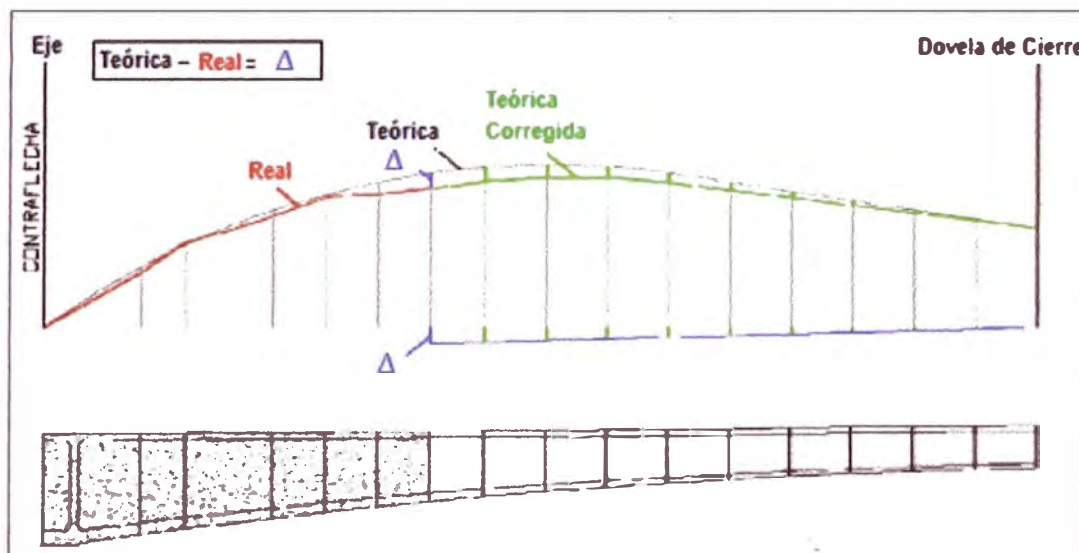


Figura N°2.2: Concepto de Corrección de Contra flechas.

Fuente: Expediente técnico final.

Las correcciones pueden tener dos tipos de origen:

- ✓ Geométrica: supone que todas las propiedades elásticas y reológicas de los materiales, así como la condición de cargas es similar a las asumidas en el modelo estructural, ésta se calculará (Ingeniería) y aplicará (Producción de campo) en obra en base a la pirámide de contra flechas teórica, sin modificar ésta última.
- ✓ Estructural: se detecta una diferencia importante entre los parámetros asumidos en el modelo estructural y los observados en obra.

Generalmente esta diferencia es detectada por el proyectista estructural y obliga a revisar la pirámide de contra flechas teórica.

2.1.2. Construcciones previas y finales a las dovelas sucesivas

Las construcciones de las estructuras necesarias para la ejecución de las dovelas se describen a continuación:

- 1) Cimentaciones (Pilotes, zapatas)
- 2) Pilares
- 3) Dovela de arranque o Dovela "0"
- 4) Dovela de Cierre

En la figura N°2.3 se muestra un esquema de las estructuras necesarias antes de la ejecución de las dovelas sucesivas.

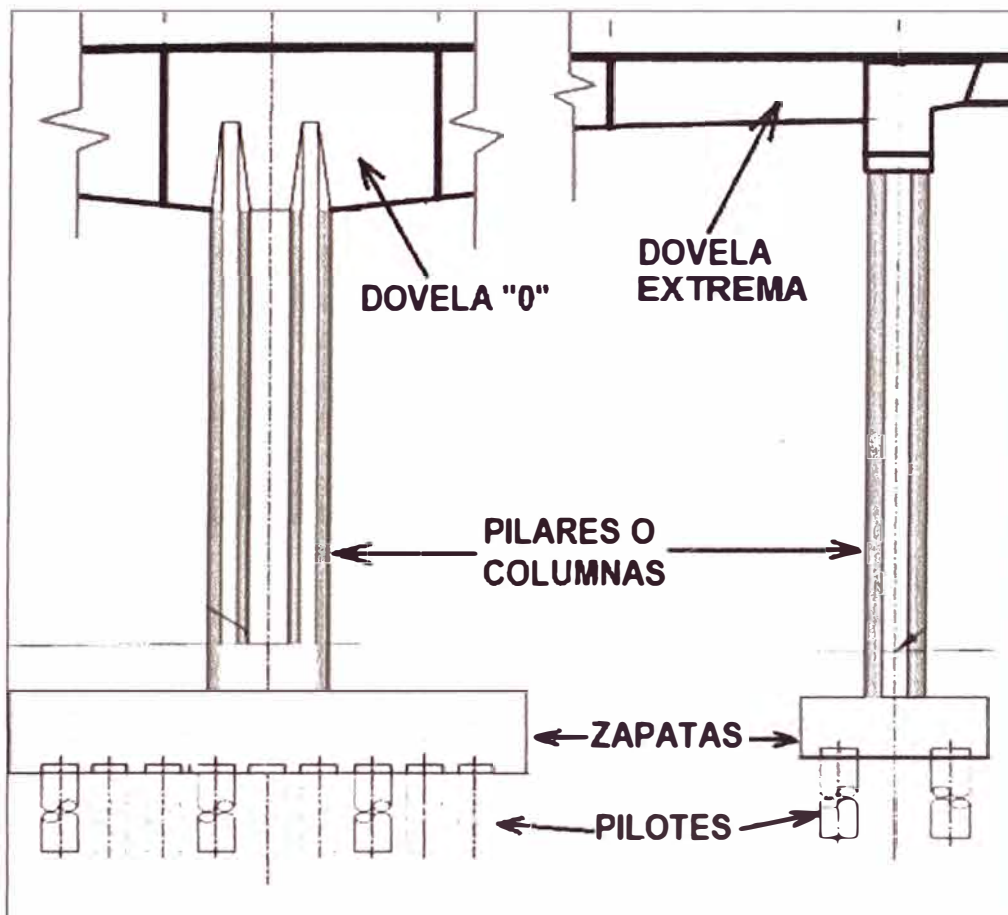


Figura N°2. 3 Estructuras necesarias antes de la ejecución de las dovelas sucesivas.

Fuente: Elaboración propia

2.1.3. Descripción del carro de avance

El carro de avance MK, es un producto para la realización de puentes, cuyo proceso constructivo es mediante voladizos sucesivos. Los datos de los pesos de los elementos que conforman el carro de avance como también la descripción de los elementos y el despiece de cada uno de los materiales se encuentran descritos en los anexos 2 y 3.

Este proceso consiste en ir añadiendo a partir de cada cabeza de pilar, y de forma balanceada a cada lado, nuevas dovelas que se van conectando mediante el pretensado a los voladizos ya ejecutados, hasta llegar al centro del vano. Los elementos que conforman el carro de avance MK (Ver Figura N°2.4 y Figura N°2.5), son los siguientes:

- ✓ Carriles de avance.
- ✓ Estructura Principal.
- ✓ Encofrado de fondo.
- ✓ Encofrado interior.
- ✓ Encofrado exterior.

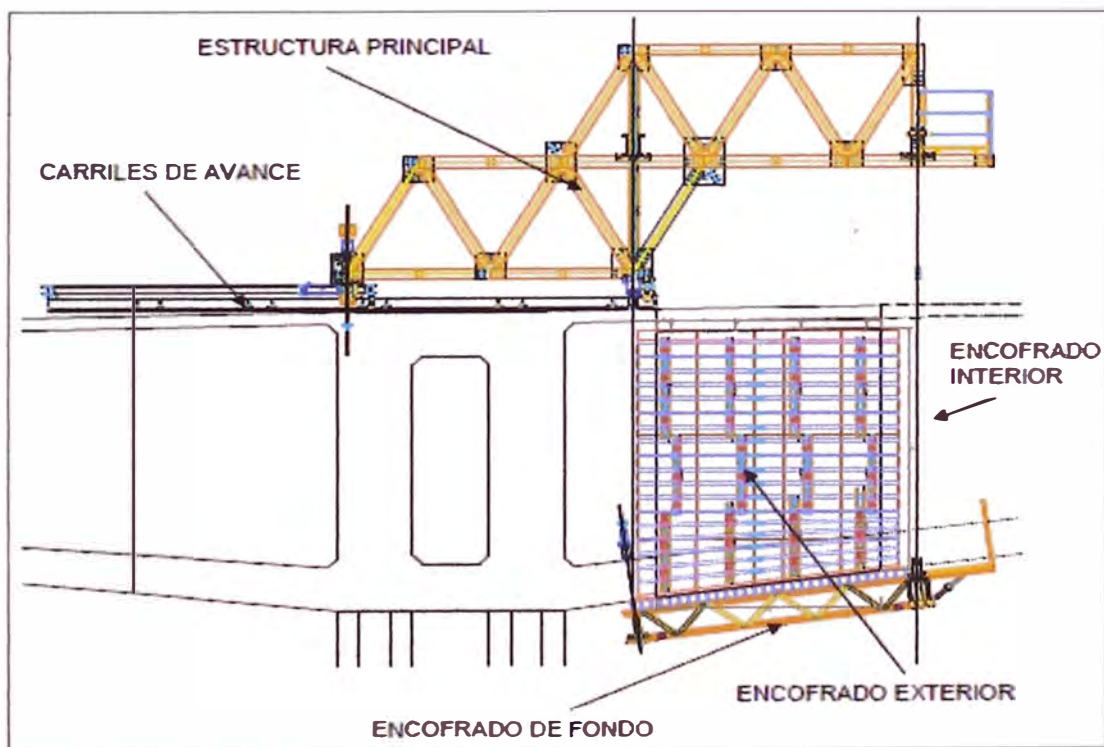


Figura N°2.4: Vista de Elevación del Carro de Avance.

Fuente: Expediente técnico final.

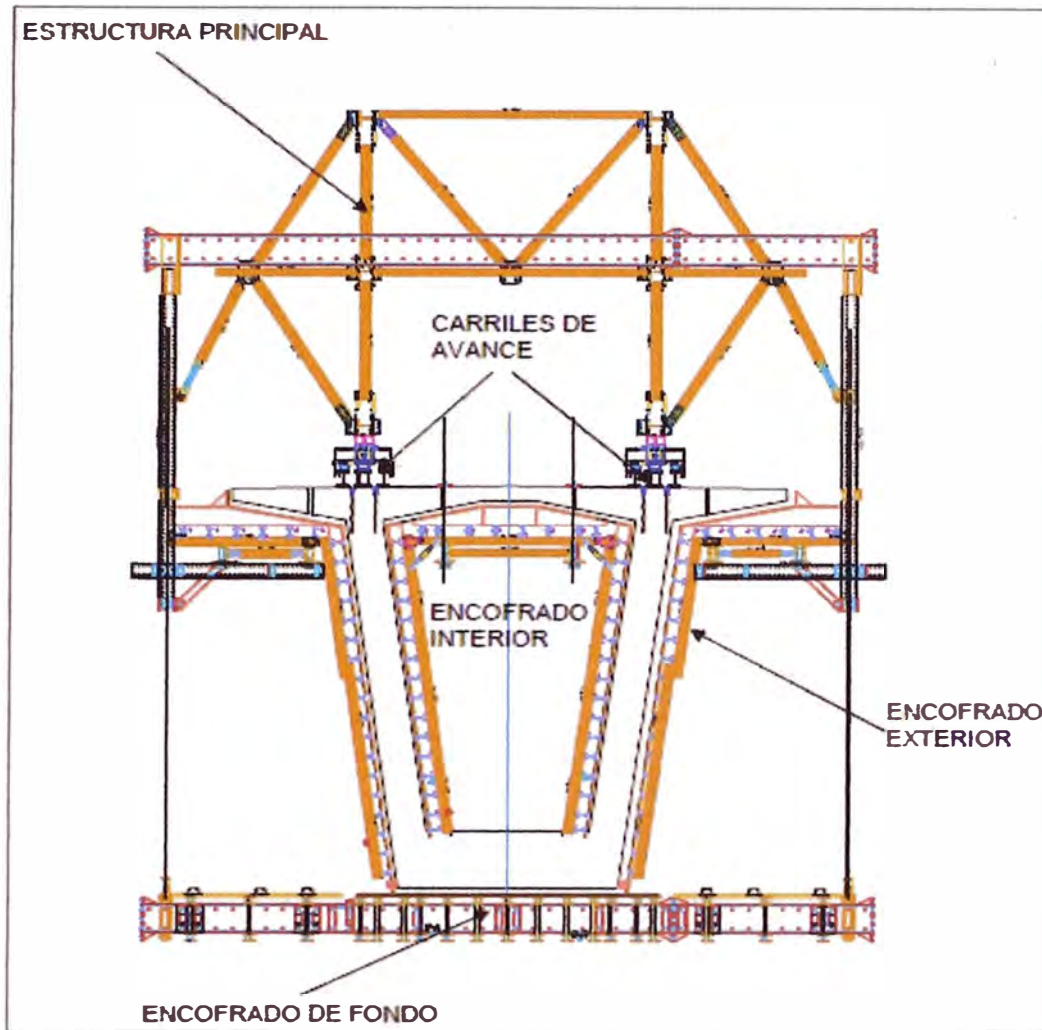


Figura N°2.5: Vista de Sección del Carro de Avance.

Fuente: Expediente técnico final

2.1.4. Montaje

CARRILES DE AVANCE

Son las estructuras sobre las cuales se realiza el avance del carro, mediante dispositivos hidráulicos.

- **Pre Montaje:**

Los carriles de avance se componen de dos partes: La parte delantera está formada por carriles dobles, denominándose cada uno como "CARRIL DOBLE L=5,9m", estos se encuentran unidos entre sí por el elemento denominado "PLACA TESTA ATADO CARRILES", en los extremos anterior y posterior.

La parte trasera la constituye un carril simple denominado "CARRIL SIMPLE L=6,79m", que se une a la parte delantera utilizando también el elemento "PLACA TESTA ATADO CARRILES" (ver figuras N°2.6 y N°2.7).

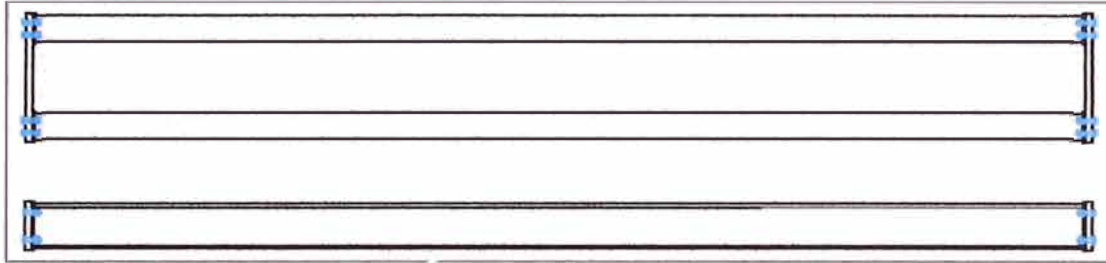


Figura N°2.6: Planta y Elevación del Carril Doble L=5.9m.

Fuente: Expediente técnico final

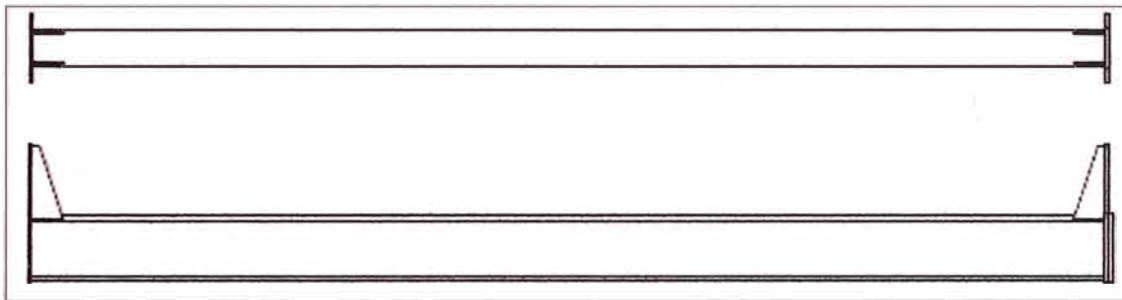


Figura N°2.7: Planta y Elevación del Carril Simple L=6.79m.

Fuente: Expediente técnico final

El carril simple cuenta en los extremos con orificios, para el pase de con 4 barras roscadas tipo DW20, sobre las que se monta el sistema hidráulico de avance, así como el tren de rodadura trasero de la estructura (ver figuras N°2.8 y N°2.9).

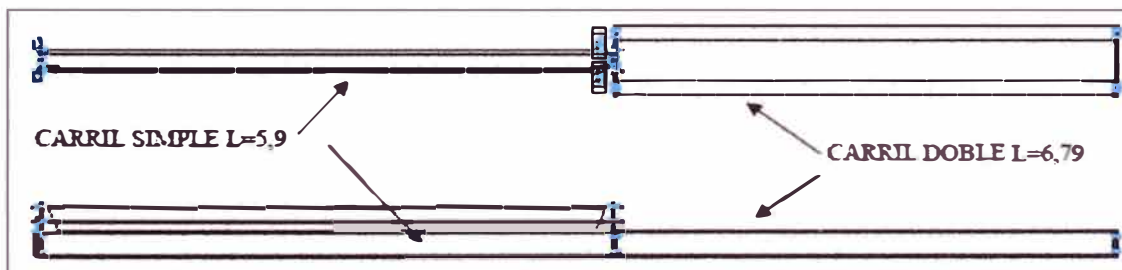


Figura N°2.8: Planta y Elevación del Carril Doble L=5.9m conectado a Carril Simple L=6.79m.

Fuente: Expediente técnico final

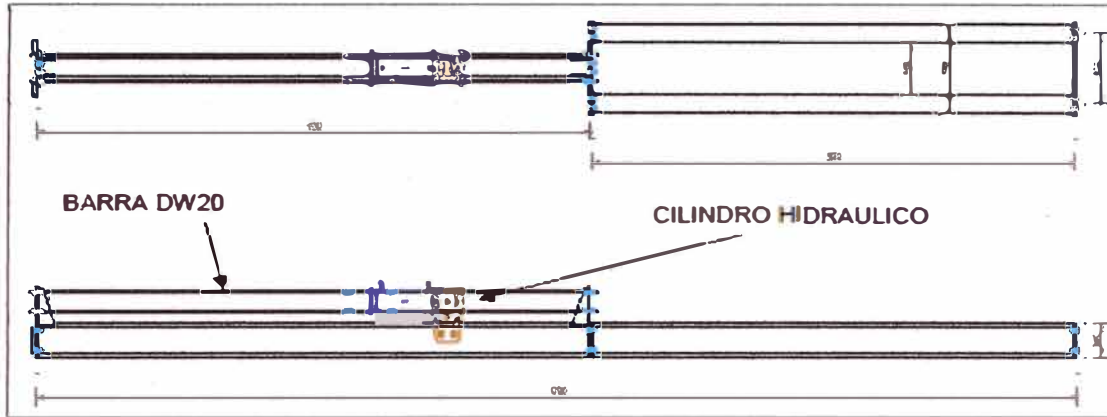


Figura N°2.9: Planta y Elevación del Carril de Avance, con barra DW20 y Cilindro hidráulico.

- **Montaje de sobre Dovela “0”:**

Los carriles de avance estarán fijados sobre la dovela 0, mediante elementos embebidos en el concreto, “ANCLAJE ONDULADO DW20 L=70CM”, y “CONO PLASTICO-ACERO DW20”. Sobre el cono se conecta los elementos “FIJACION CARRIL SIMPLE”, y “FIJACION CARRIL DOBLE” (ver figuras N°2.10, N°2.11 y N°2.12).

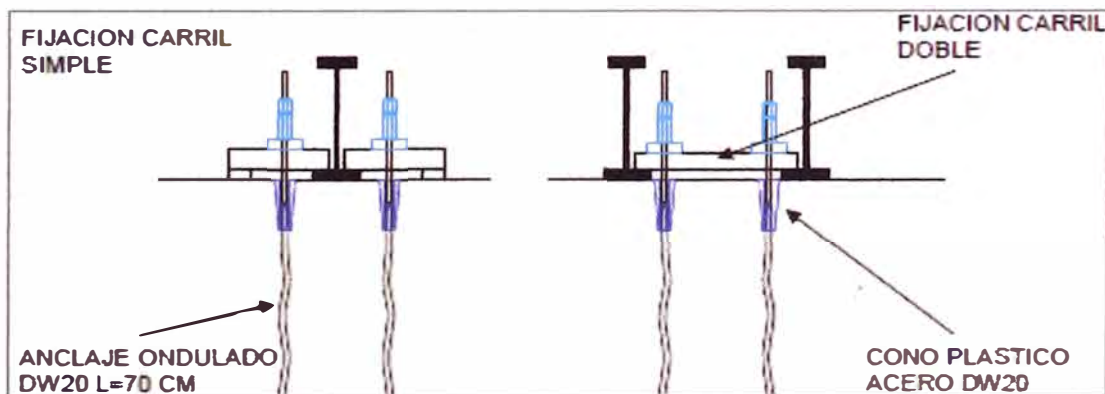


Figura N°2.10: Vista sección de fijación de carriles de avance.

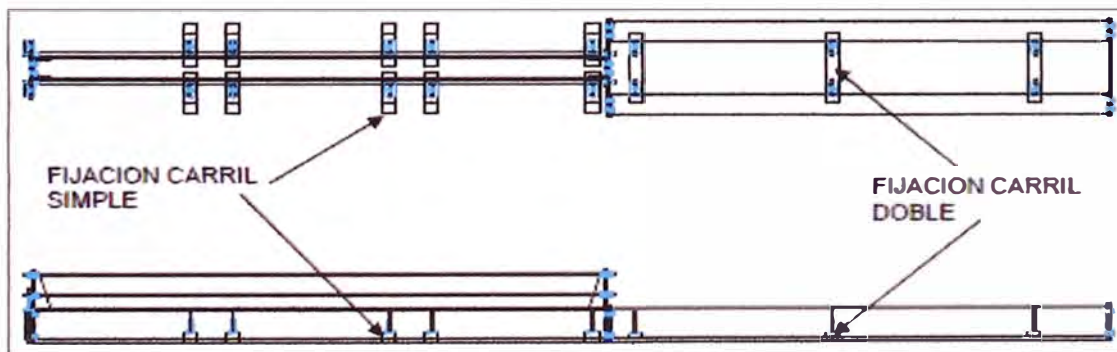


Figura N°2.11: Vista planta y elevación de fijación de carriles de avance.



Figura N°2.12: Fotografía de carril de avance, instalado sobre dovela 0.

Fuente: Expediente técnico final

ESTRUCTURA PRINCIPAL

La estructura principal es la encargada de soportar las solicitaciones transmitidas por los encofrados y transmitir las a la dovela ejecutada, donde se encuentra debidamente anclada. Esta estructura se desplaza sobre la viga carril y es la que da movimiento a todo el conjunto.

• Pre Montaje:

La estructura principal está formada principalmente por elementos HEA-240, PLACAS HEA, TORNILLO M30X60, ARANDELA M30 Y TUERCA M30 (ver figura N°2.13)

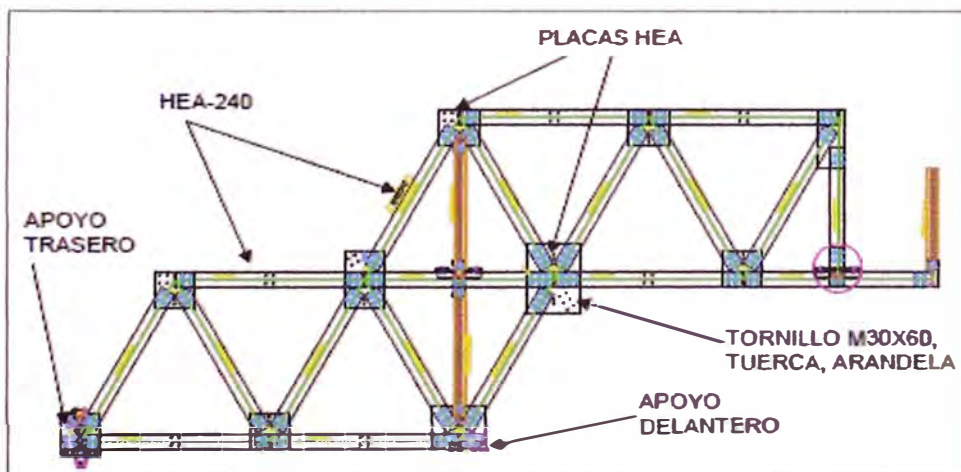


Figura N°2.13: Vista Elevación de Estructura Principal.

Fuente: Expediente técnico final

Una unidad de carro de avance, está formada por dos estructuras principales. Las dos estructuras principales están debidamente arriostradas, de forma transversal mediante riostras MK-120 (ver figura N°2.14).

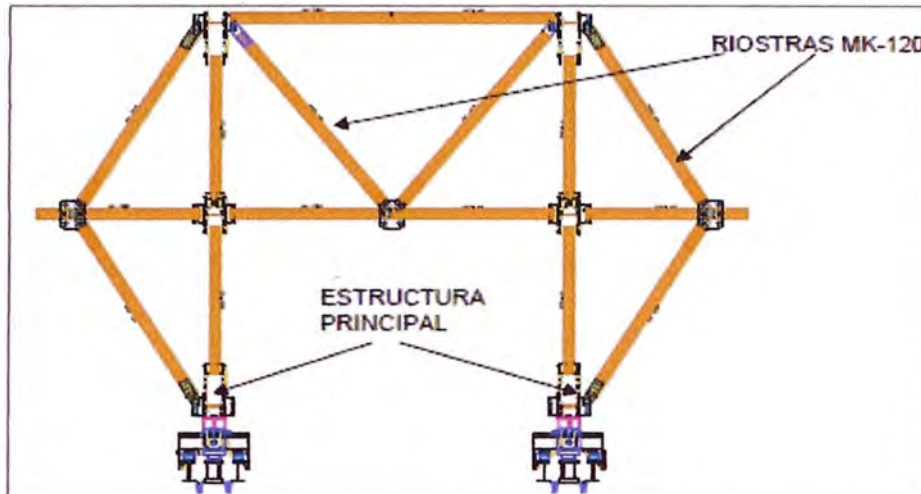


Figura N°2.14: Vista Sección de arriostramiento MK-120 de dos Estructuras Principales.

Fuente: Expediente técnico final

Sobre las estructuras principales se apoyan los elementos PERFIL U-500, de los cuales se cuelgan las barras de suspensión (ver figura N°2.15)

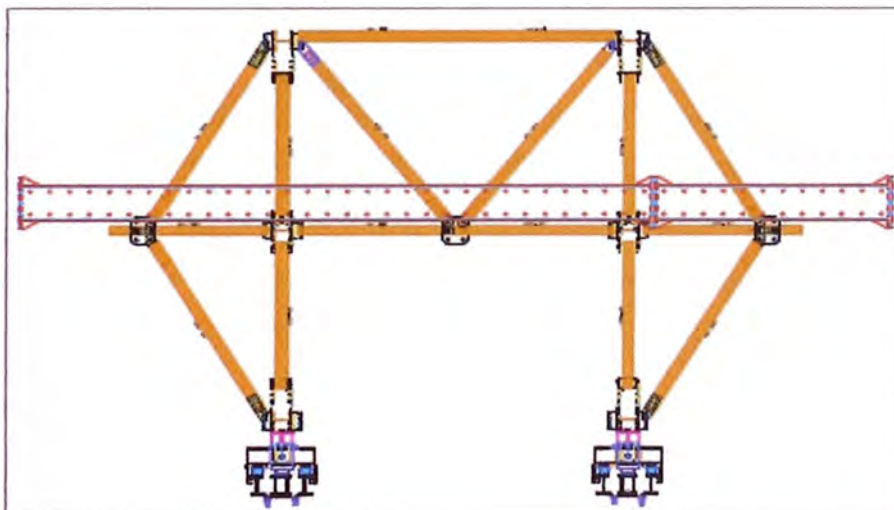


Figura N°2.15: Vista Sección de posición de Perfil U-500.

Fuente: Expediente técnico final

Las estructuras principales se apoyan sobre los carriles de avance, mediante elementos fijados en la parte delantera y trasera. En la parte delantera se conectan los elementos principales GATO HIDR 200T-100C, VIGA ARTICULACION ROLLER, GUIA ROLLER, ROLLER AS-H III-400KN (ver figura N°2.16)

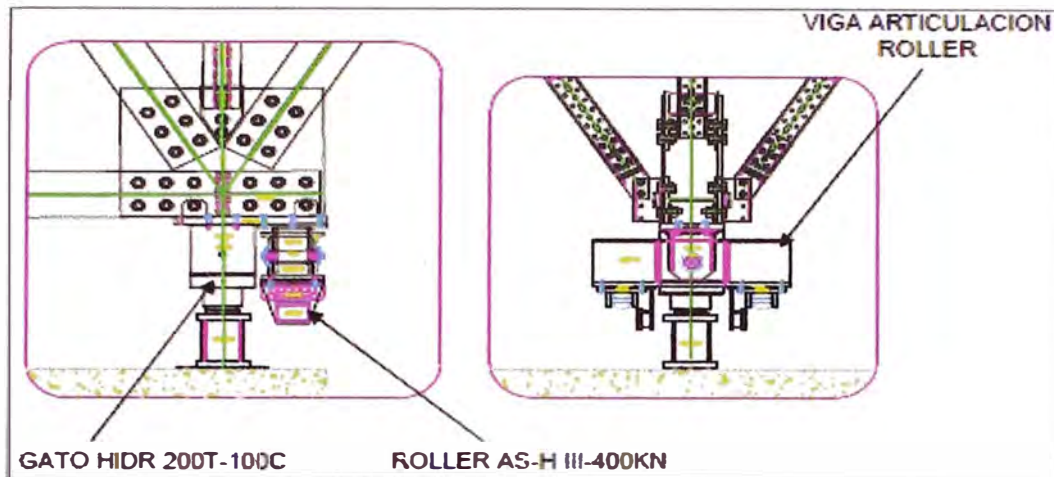


Figura N°2.16: Vista Sección de Apoyo Delantero.

Fuente: Expediente técnico final

En la parte delantera se conectan los elementos principales GATO HIDR 100T-100C, TREN TRASERO RODADURA, PERFIL RETENIDA DU260/1 (ver figuras N°2.17, N°2.18, N°2.19 y N°2.20)

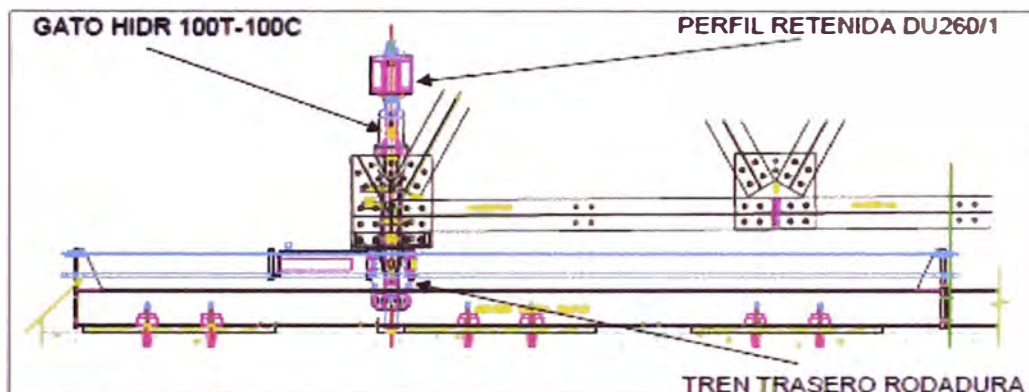


Figura N°2.17: Vista Sección de Apoyo Trasero.

Fuente: Expediente técnico final

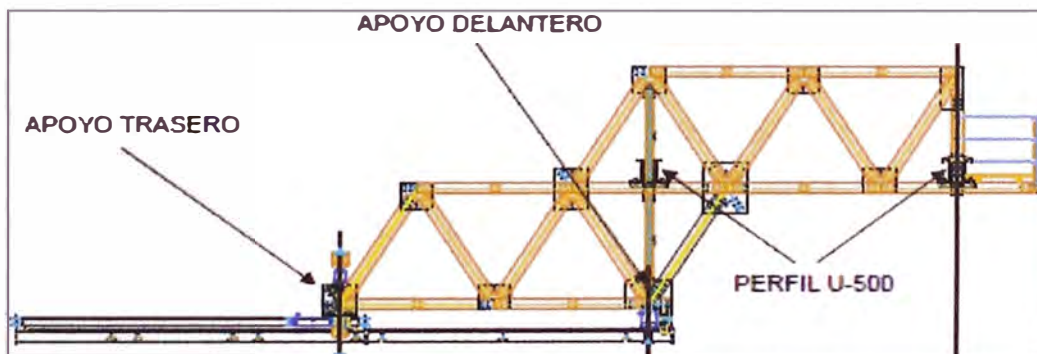


Figura N°2.18: Vista Elevación apoyos delantero y trasero.

Fuente: Expediente técnico final



Figura N°2.19: Fotografía Pre Montaje de Estructura Principal.

Fuente: Expediente técnico final



Figura N°2.20: Fotografía Pre Montaje de Estructura Principal con arriostres MK-120.

Fuente: Expediente técnico final

- **Montaje Sobre Dovela “0”:**

Se procederán al izado de las dos estructuras principales debidamente arriostradas. Cada estructura se instalara sobre cada carril de avance. Los carriles de avance deben estar anclados correctamente en la dovela 0 m (Ver Figura N°2.21).

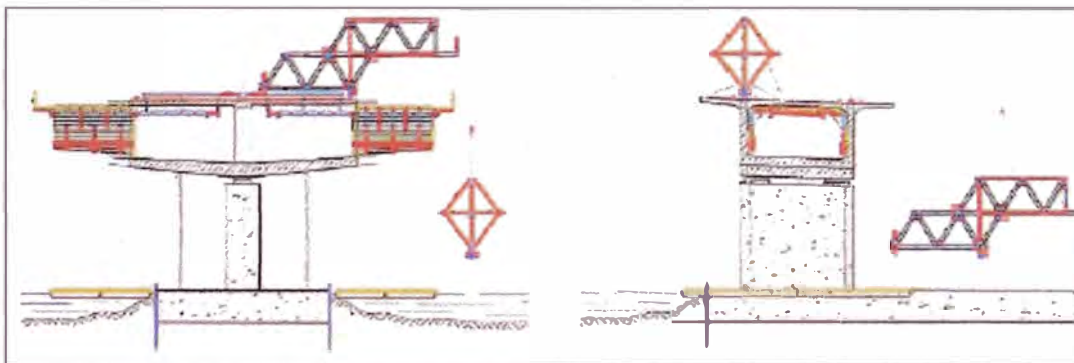


Figura N°2.21: Esquema de Izado de Estructura Principal, sobre dovela 0.

Fuente: Expediente técnico final

ENCOFRADO DE FONDO

El encofrado de fondo brinda la superficie horizontal por debajo de la dovela 0. Este encofrado se encuentra debidamente reforzado y será el que transmita las cargas de concreto, a la estructura principal, mediante las barras DW, que se encuentran suspendidas de los perfiles U-500.

- **Pre Montaje:**

El encofrado de fondo se compone de 2 Vigas Transversales de sección U-500 y de una serie de vigas longitudinales en celosía formadas por Riostras MK-120, que abrazan a las vigas transversales. Las dos celosías laterales exteriores de ambos lados se arriostran horizontalmente entre sí mediante barras DW20 en cruz de S. Andrés. Sobre este emparrillado de celosías MK-120 se montan las plataformas de trabajo.

En las vigas U-500 se montan los sistemas tipo “cardan” para recibir las barras DW de suspensión (ver figuras N°2.22, N°2.23 y N°2.24).

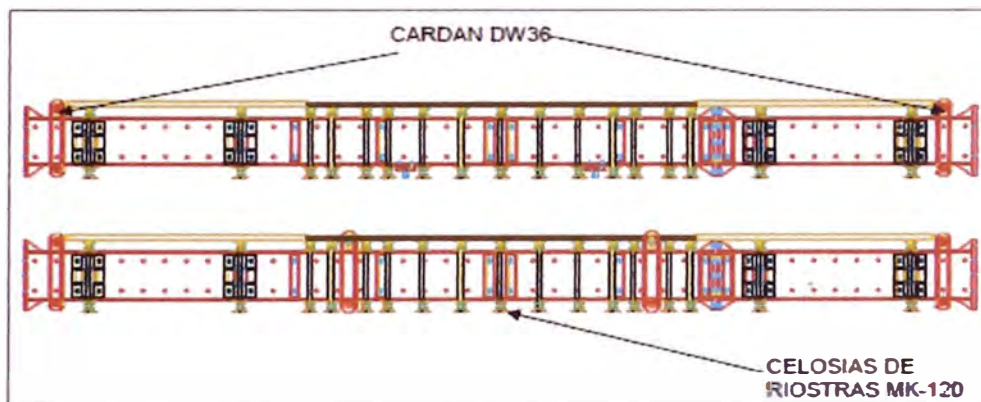


Figura N°2.22: Vistas vigas transversales U-500.

Fuente: Expediente técnico final

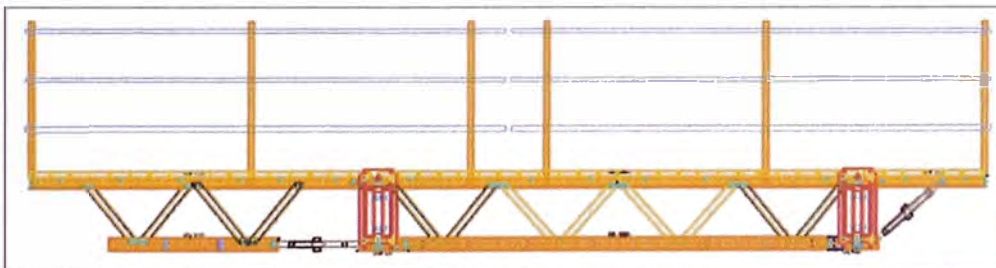


Figura N°2.23: Vista elevación de celosías con riostras MK-120.

Fuente: Expediente técnico final

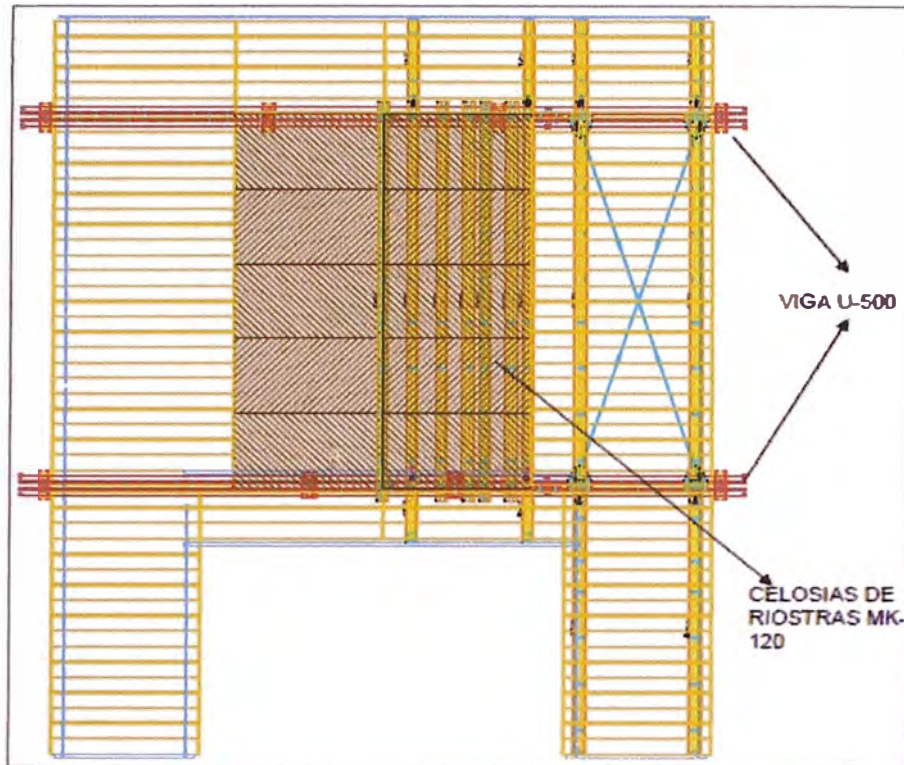


Figura N°2.24: Vista planta de encofrado de fondo.

Fuente: Expediente técnico final

- **Montaje Sobre Dovela “0”**

El pre montaje del encofrado de fondo, se realiza en la proyección vertical de su posición, sobre el terreno. Al encofrado de fondo se le instala el encofrado exterior de hastial y losa exterior superior. Mediante un sistema hidráulico instalado sobre los perfiles U-500, se realiza el izado de todo el conjunto, siguiendo la proyección vertical, hasta lograr su correcta posición (ver figuras N°2.25, N°2.26 y N°2.27).

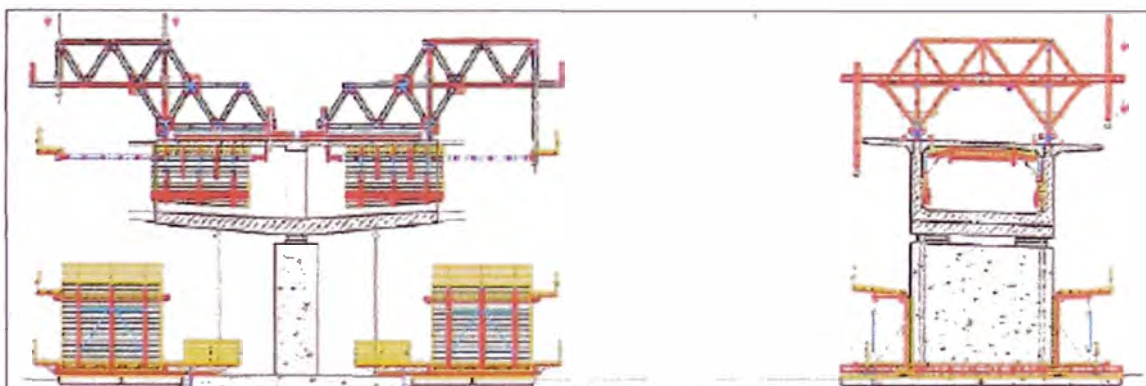


Figura N°2.25: Esquema de lugar de pre montaje de encofrado de fondo.

Fuente: Expediente técnico final

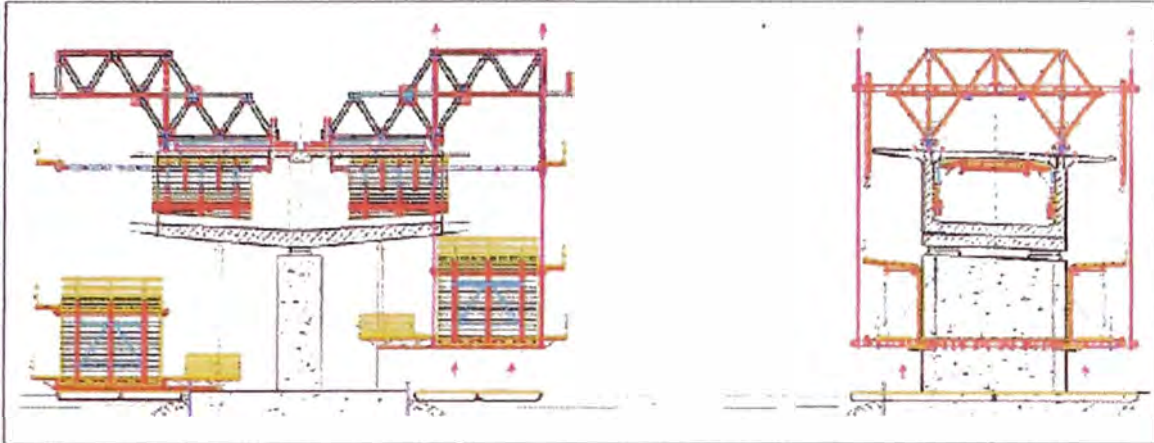


Figura N°2.26: Izado de encofrado de fondo, mediante sistema hidráulico.

Fuente: Expediente técnico final

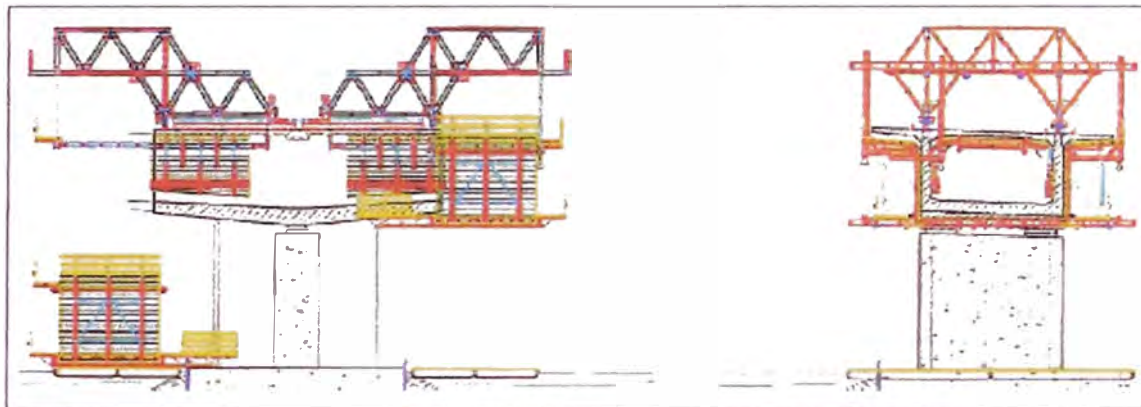


Figura N°2.27: Posición final de encofrado de fondo.

Fuente: Expediente técnico final

ENCOFRADO INTERIOR

El encofrado interior brinda las formas, para los hastiales y losa interior superior.

Este encofrado se apoya en una estructura, que se encuentra anclada en la losa superior, y que está formada por perfiles UPN-300

- **Pre Montaje:**

El encofrado interior se compone de tres partes: los carriles de desplazamiento, formado por perfiles UPN-300, el encofrado de losa interior superior y los encofrados interiores de hastiales, que cuelgan articulados del encofrado de losa interior superior (ver figura N°2.28).

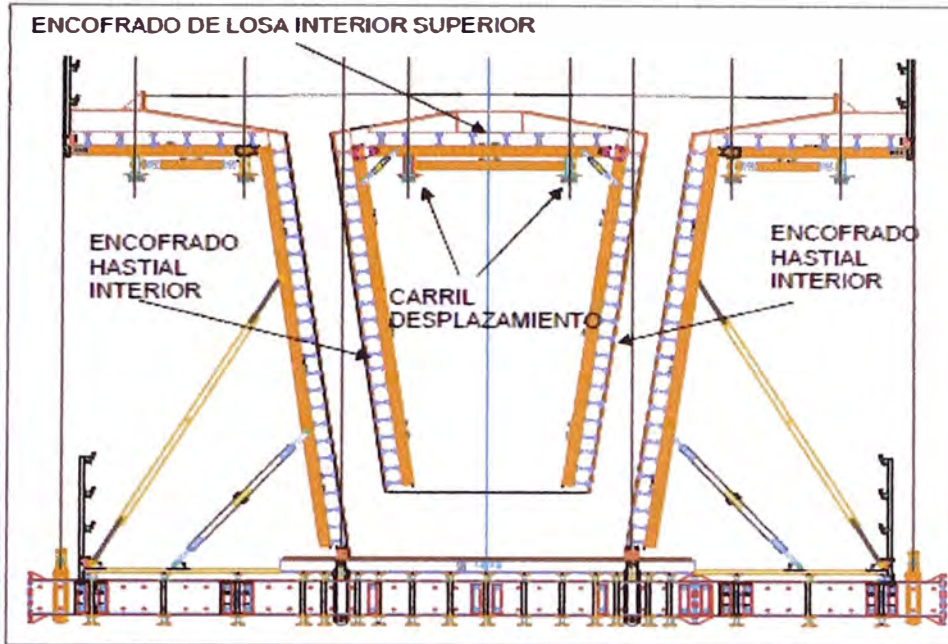


Figura N°2.28: Vista sección encofrado interior, exterior y fondo.

Fuente: Expediente técnico final

Los carriles de desplazamiento están formados principalmente por los elementos: UPN-300, RIOSTRAS MK-120, TUBO REG. CARRIL INTERIOR (ver figura N°2.29).

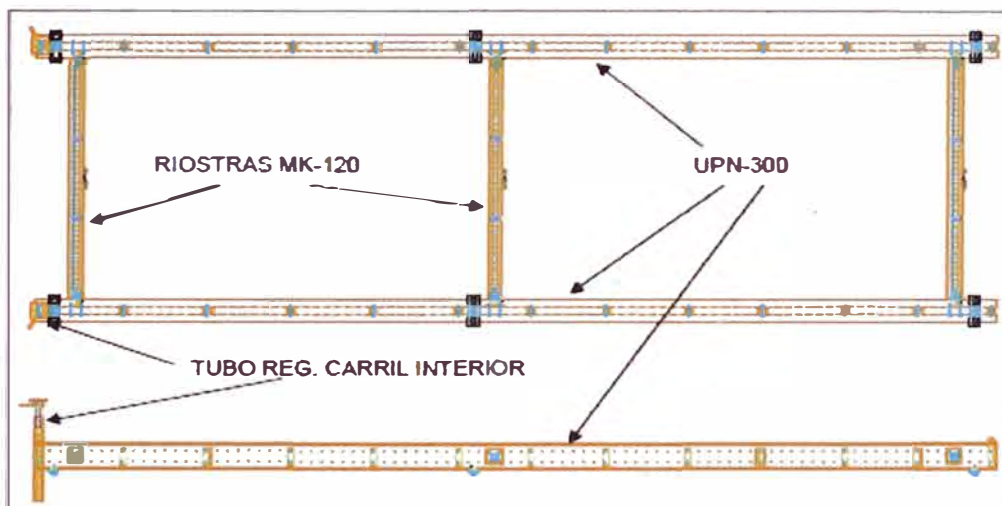


Figura N°2.29: Vista planta y elevación de carriles de desplazamiento.

Fuente: Expediente técnico final

- **Montaje Sobre Dovela "0":**

El montaje del encofrado interior con los carriles de desplazamiento, se realiza una vez finalizado la instalación de las estructuras principales.

Con apoyo de un elemento denominado CARRO PORTAPOLEAS, y de un sistema de izado, se suspende los carriles de desplazamiento, y mediante procesos controlados se van introduciendo estos dentro del cajón interior de la dovela 0.

En este proceso se instala los encofrados interiores de los hastiales, que estarán suspendidos del encofrado de losa interior (ver figuras N°2.30, N°2.31 y N°2.32).

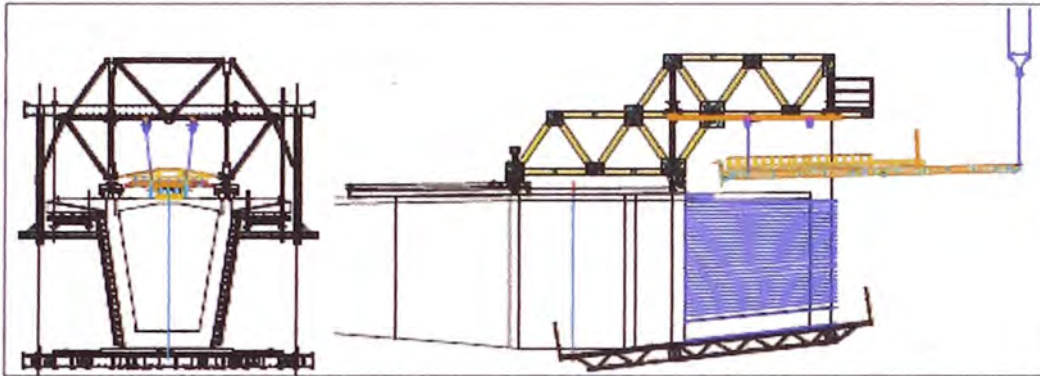


Figura N°2.30: Montaje encofrado interior. Fase 1.

Fuente: Expediente técnico final

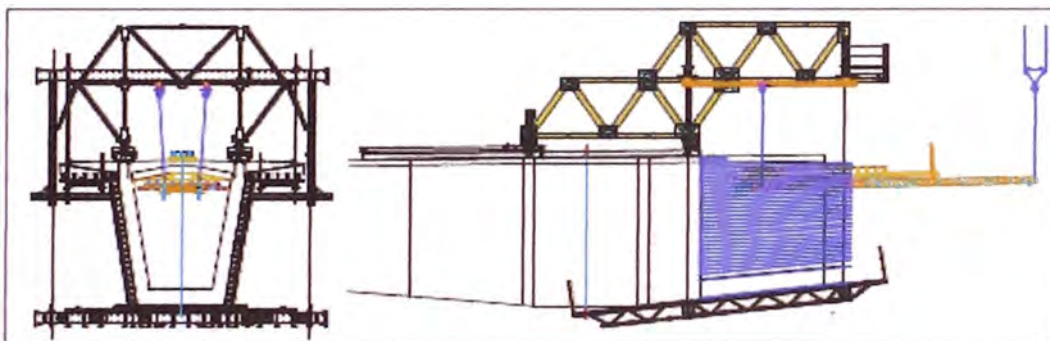


Figura N°2.31: Montaje encofrado interior. Fase 2.

Fuente: Expediente técnico final

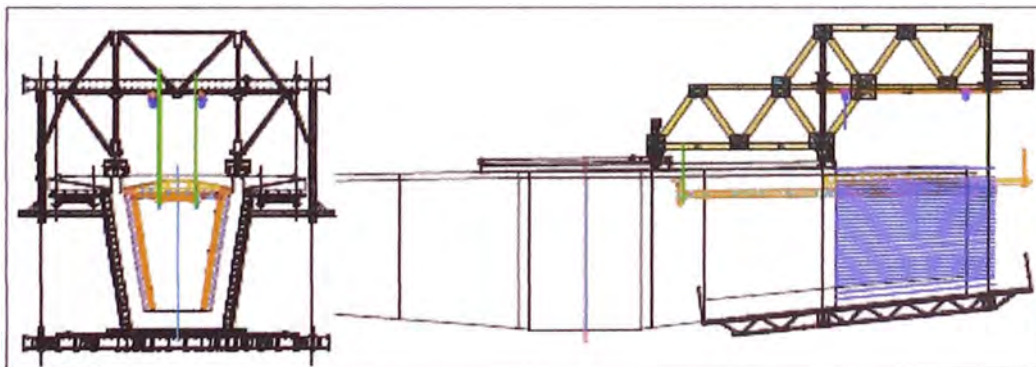


Figura N°2.32: Montaje encofrado interior. Fase 3.

Fuente: Expediente técnico final

ENCOFRADO EXTERIOR

El encofrado exterior brinda las formas, para los hastiales y losa exterior superior.

Este encofrado se apoya en una estructura, que se suspende de las vigas U-500.

- **Pre Montaje:**

El encofrado exterior se compone de dos partes: viga 240 suspendida de la viga U-500, y el encofrado exterior compuesto por el hastial exterior y losa superior exterior (ver figura N°2.33).

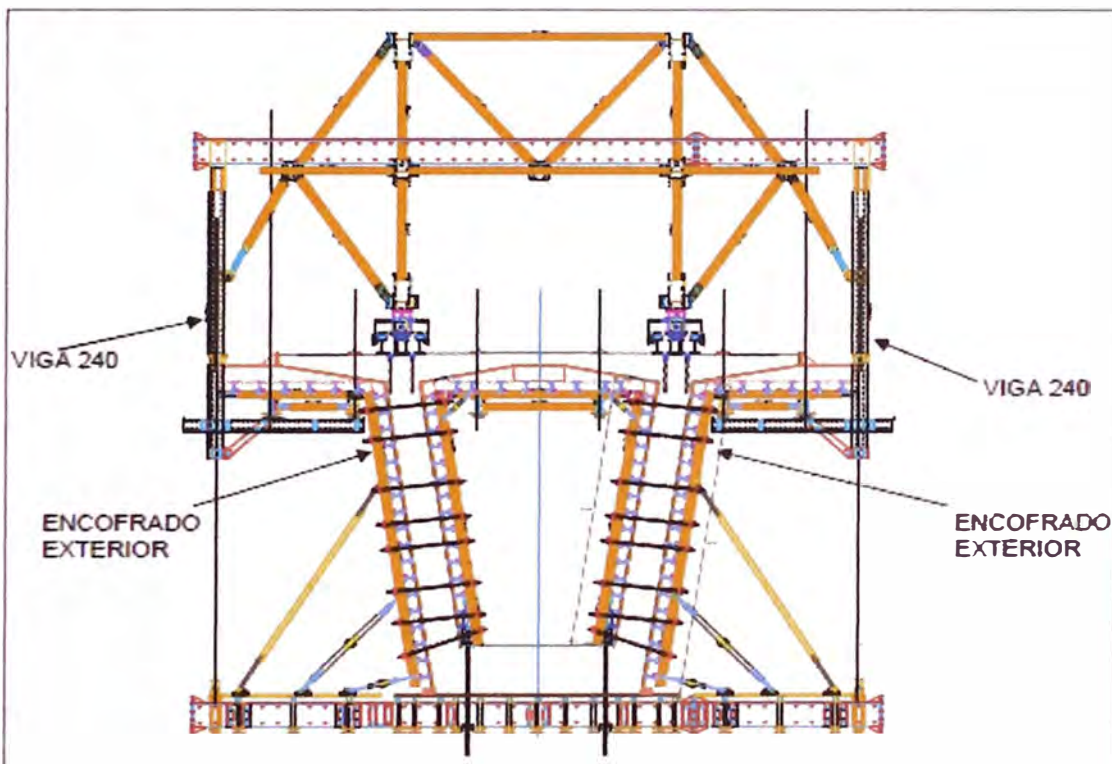


Figura N°2.33: Vista sección encofrado exterior.

Fuente: Expediente técnico final

La viga 240 suspendida está formada por los elementos principales: UPN-240/5,75, FIJACION VERTICAL SUSP, CONECTOR VERTICAL (ver figura N°2.34).

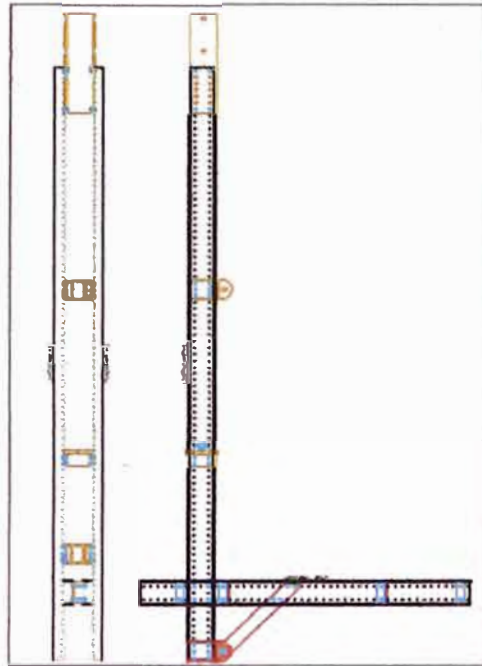


Figura N°2.34: Vista sección de viga 240 suspendida.

Fuente: Expediente técnico final

- **Montaje de Dovela “0”:**

El montaje de la viga 240, se realiza conjuntamente con la viga U-500, que se instalara sobre la parte superior de la estructura principal. El monje del encofrado exterior se realiza conjuntamente con el montaje del encofrado de fondo (ver figuras N°2.35 y N°2.36).

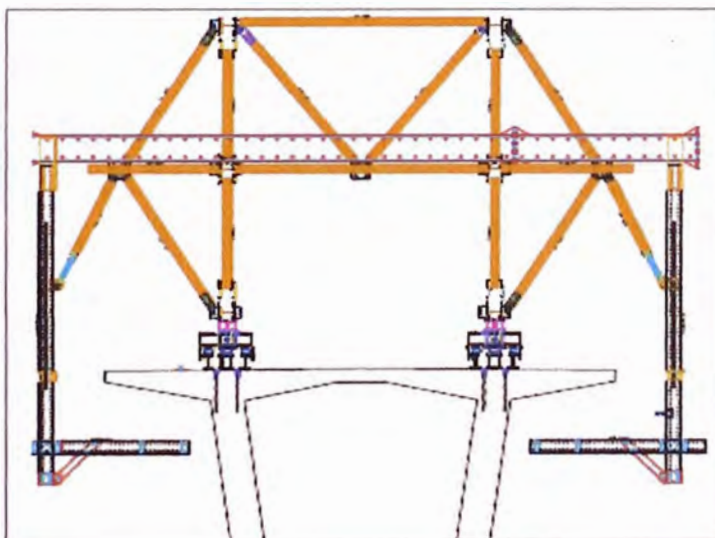


Figura N°2.35: Vista sección de montaje de Viga 240 suspendida.

Fuente: Expediente técnico final

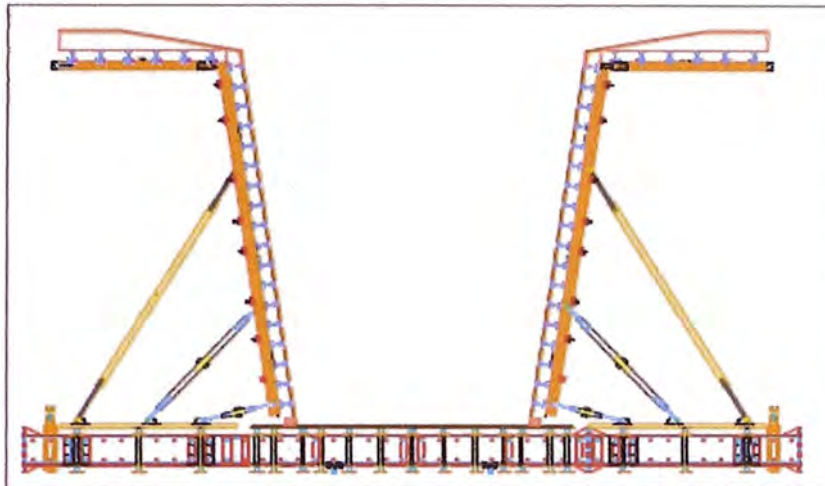


Figura N°2.36: Vista sección de encofrado exterior y encofrado de fondo.

Fuente: Expediente técnico final

Mediante un sistema hidráulico, se procede al izado de todo el conjunto: encofrado de fondo más el encofrado exterior (ver figura N°2.37).

Este proceso debe ser realizado por personal especializado.

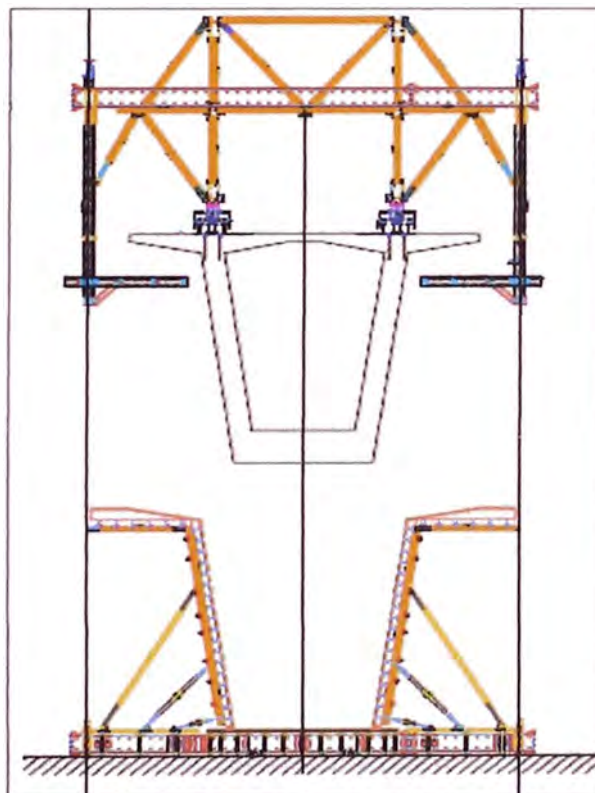


Figura N°2.37: Vista izado de encofrado exterior y encofrado de fondo.

Fuente: Expediente técnico final

2.1.5. Ciclo de trabajo

Concluido el proceso del pos tensado, las operaciones de un carro de avance en un ciclo de trabajo se describen a continuación:

TRASLADO DE LOS CARRILES DE AVANCE

Concluido el vaciado y una vez que el concreto comienza su endurecimiento, se puede iniciar el traslado de los carriles de avance para permitir posteriormente el avance del carro.

Para el traslado de los Carriles de avance se hará uso del Sistema hidráulico de traslación y se podrá comenzar una vez hayan sido retirados todos los anclajes de los carriles de avance.

Este proceso se realizará en pasos de 50cm de longitud, hasta que los carriles hayan alcanzado su posición definitiva.

Para el inicio del desplazamiento de los carriles de avance, se debe retirar los elementos de fijación de los carriles de avance (ver figuras N°2.38, N°2.39, N°2.40, N°2.41, N°2.42 y N°2.43).

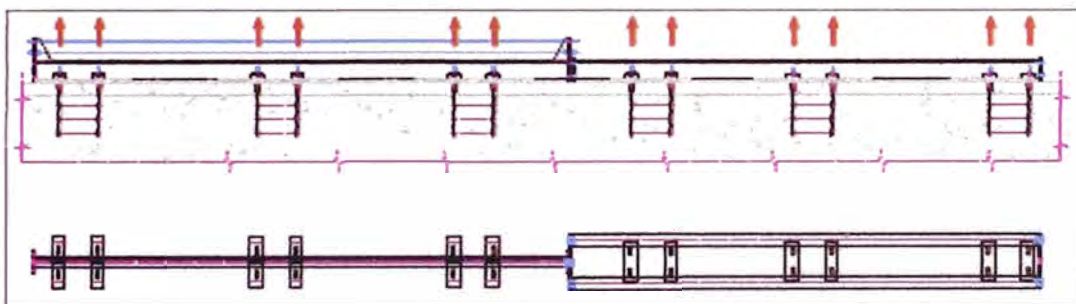


Figura N°2.38: Vista elevación de retiro de anclajes de los carriles de avance.

Fuente: Expediente técnico final

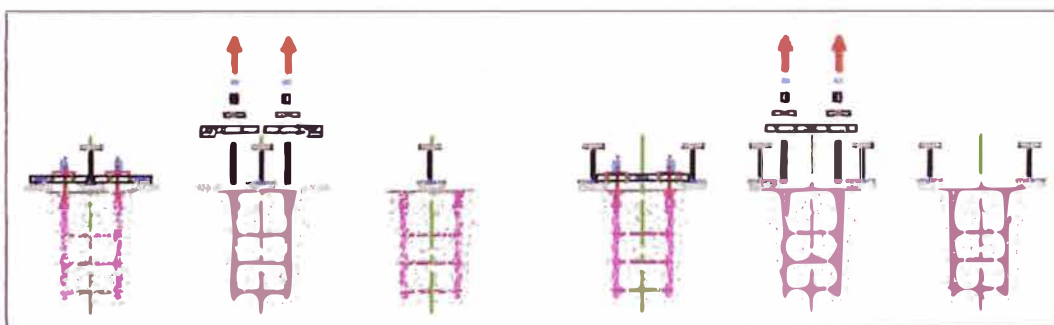


Figura N°2.39: Vista sección de retiro de anclajes de los carriles de avance.

Fuente: Expediente técnico final

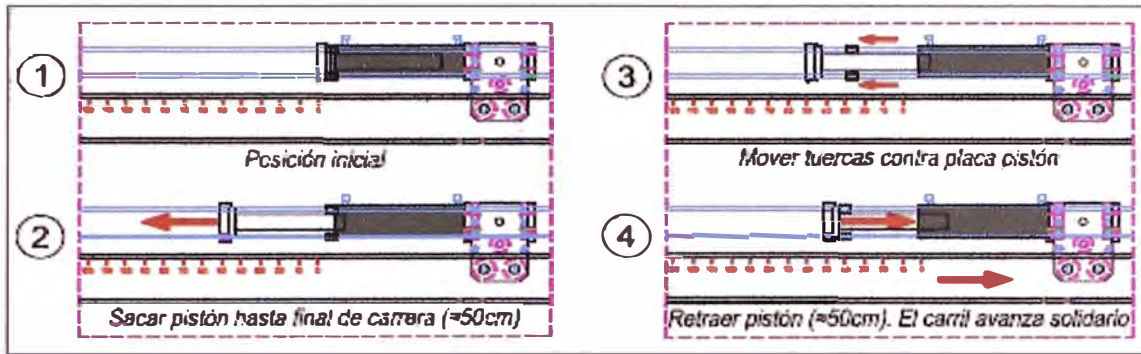


Figura N°2.40: Movimientos del cilindro horizontal (GATO DE 30T-620C), para traslación de los carriles de avance.

Fuente: Expediente técnico final

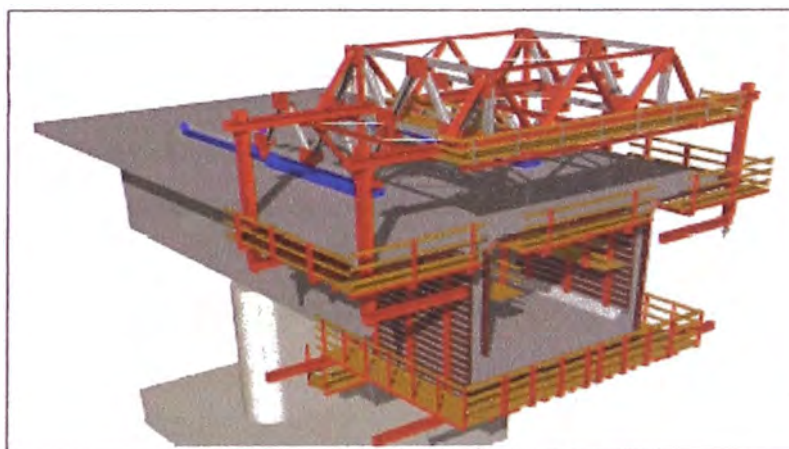


Figura N°2.41: Posición de los carriles de avance, en dovela ejecutada.

Fuente: Expediente técnico final

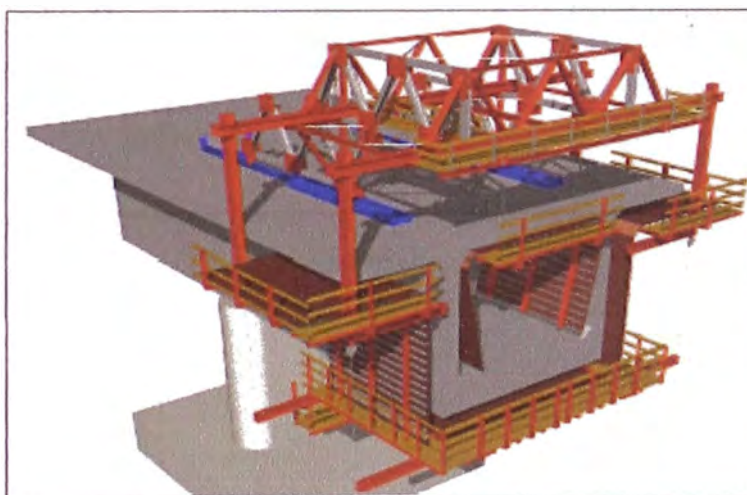


Figura N°2.42; Inicio desplazamiento de los carriles de avance.

Fuente: Expediente técnico final

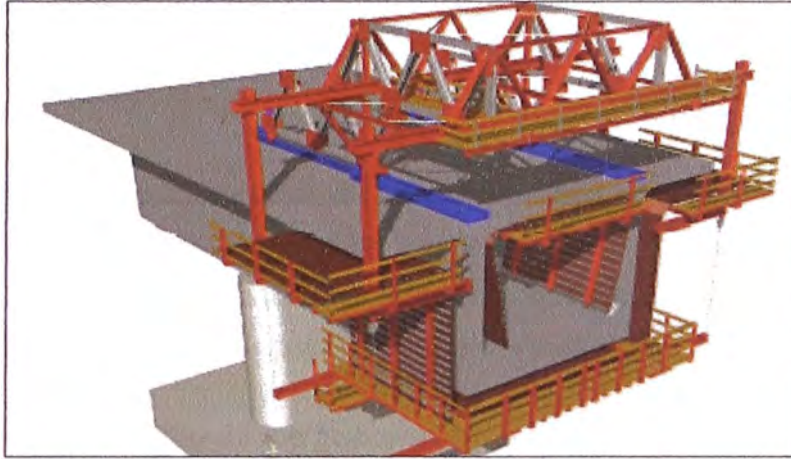


Figura N°2.43: Posición final de los carriles de avance.

Fuente: Expediente técnico final

ANCLAJE DE LOS CARRILES DE AVANCE

Tan pronto como los carriles alcanzan su ubicación final se deben situar las placas de apoyo (de acero) en su posición correcta. A continuación se ajusta la correcta posición de los Carriles y se procede al anclaje de los mismos con sus correspondientes placas de anclaje (ver figuras N°2.44 y N°2.45).

Esta operación requiere del mayor esmero posible dada la trascendencia de la correcta colocación y anclaje de los Carriles. Hay que procurar que la colocación de las tuercas no interfiera con el tren de rodadura trasero en el avance.

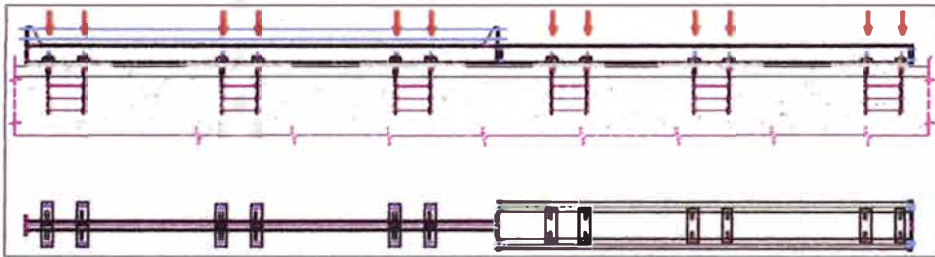


Figura N°2.44: Vista elevación de colocación de anclajes de los carriles de avance.

Fuente: Expediente técnico final

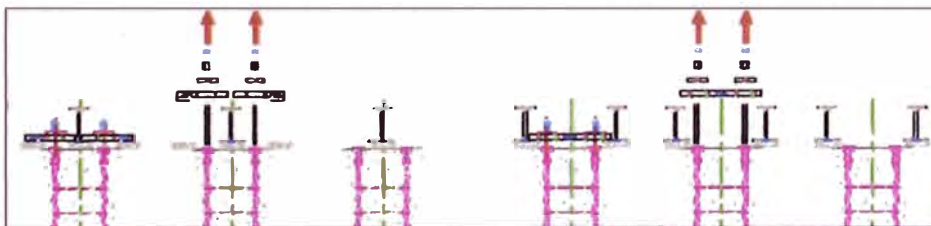


Figura N°2.45: Vista sección de colocación de anclajes de los carriles de avance.

Fuente: Expediente técnico final

DESENCOFRADO DEL ENCOFRADO INTERIOR

Se deben seguir las siguientes actividades:

Destensar con los cilindros huecos las barras ancladas a la dovela anterior, de tal manera que no quede el encofrado la losa empotrada en su parte trasera y se pueda realizar el descenso de la misma con los cilindros de 200Ton situados en los soportes delanteros de la superestructura portante.

Destensar con los cilindros de los soportes traseros (una vez destensadas todas las barras de los encofrados ancladas a la dovela anterior) las barras del soporte trasero.

Descender la superestructura portante con los cilindros delanteros, de acuerdo al procedimiento siguiente:

Se dará presión, muy ligeramente a éste, para permitir aflojar la tuerca de seguridad que lleva montada como elemento resistente durante la fase de vaciado, descendiénola hasta que quede unos milímetros por encima de la parte roscada del émbolo (todos los filetes de la tuerca deben permanecer en contacto con filetes del émbolo). A continuación se retrae ligeramente el émbolo del cilindro hasta que la parte delantera del encofrado de techo se despega del concreto.

La tuerca de seguridad del cilindro hidráulico de 200Ton siempre estará correctamente posicionada en el vaciado. El cilindro no puede trabajar hidráulicamente en la fase de vaciado (ver figura N°2.46 y N°2.47).



Figura N°2.46: Fotografía de destensado con cilindros huecos.

Fuente: Expediente técnico final

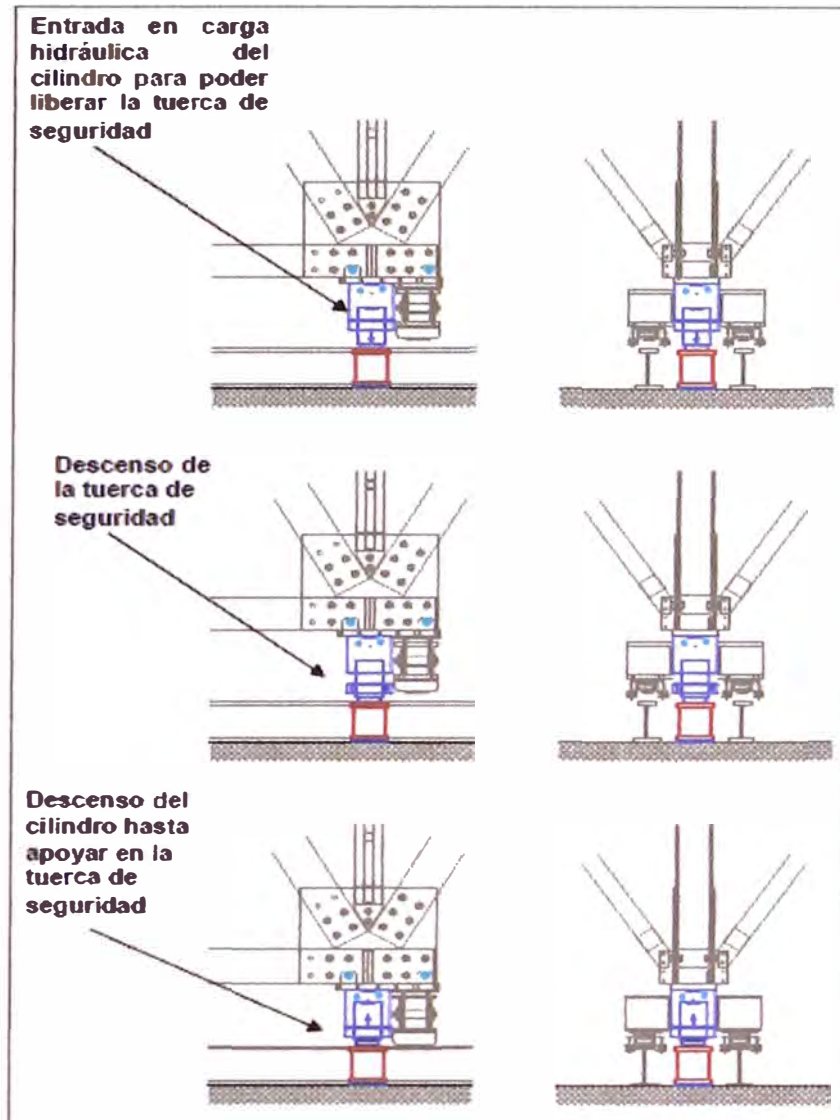


Figura N°2.47: Proceso de descenso de apoyo delantero.

Fuente: Expediente técnico final

Seguidamente, se aprietan los husillos (TUBO REG. CARRIL INTERIOR) traseros de palanca (situados en el extremo trasero de los carriles de encofrado interior UPN-300 hasta que hagan contacto con el concreto del techo. En este punto se procede a aflojar las barras delanteras de suspensión del encofrado interior, subiéndolas lo suficiente para liberar el carril UPN-300. El encofrado interior permanece suspendido en su parte intermedia por la barra anclada contra el concreto de la dovela inmediatamente anterior a la recién ejecutada y por la parte trasera haciendo palanca con el husillo contra el concreto; pero queda liberado del conjunto del carro, de tal manera que durante el avance del carro el encofrado interior permanece en su posición de vaciado (ver figura N°2.48).

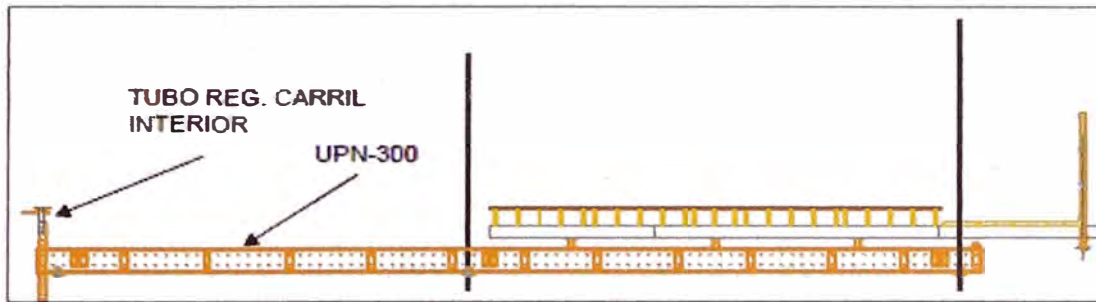


Figura N°2.48: Viga carril de encofrado interior.

Fuente: Expediente técnico final

Para el desencofrado de los paneles verticales de encofrado interior, se accionaran los tensores 1", que están conectados al encofrado de losa interior superior, así como los tensores E 2,15-2,75, que conectan los encofrados confrontados de los hastiales.

Se recogerán los tensores, hasta que el bulón enhebrado en el taladro rasgado de la orejeta de unión entre paneles, haga tope contra el borde del taladro.

El encofrado horizontal de techo (y por ende, el conjunto del encofrado interior), desciende solidario con la estructura principal, y el conjunto del carro, una vez que se recoge el cilindro principal de carga de 200T (delantero).

DESENCOFRADO DEL ENCOFRADO EXTERIOR

El encofrado exterior se divide en dos partes: la superior comprende el encofrado para el volado de losa exterior y la inferior incluye la parte exterior de los hastiales o muros verticales exteriores.

Se procede a un ligero despegue del encofrado lateral en contacto con el concreto. Posteriormente se desciende el encofrado conjuntamente con la superestructura mediante la operación de descenso del cilindro de 200Ton.

Previamente a esta operación de descenso con los cilindros de 200 Ton es necesario (ver figura N°2.49):

Destensar con los cilindros huecos las barras suspendidas al perfil de cuelgue

Destensar con el cilindro trasero (una vez destensadas todas las barras de los encofrados ancladas a la dovela anterior) las barras del soporte trasero.

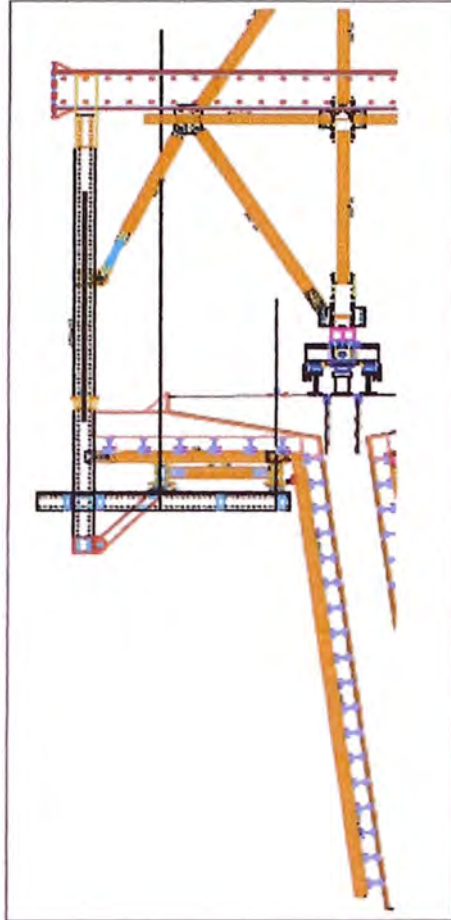


Figura N°2.49: Encofrado Exterior.

Fuente: Expediente técnico final

DESENCOFRADO DEL ENCOFRADO DE FONDO

Previamente al descenso del encofrado exterior, interior y de fondo, conjuntamente con la superestructura mediante el cilindro hidráulico de 200Ton, es necesario destensar las barras DW36, de su precarga o tesado inicial dado previamente al vaciado del concreto. Para ello se utilizan los cilindros hidráulicos huecos.

Una vez destensadas las barras y descendido el carro con los cilindros de 200Ton procedemos a separar la losa inferior unos centímetros del concreto de la dovela ejecutada para poder avanzar el conjunto.

Para ello:

Retirada de los anclajes centrales mediante los cilindros huecos.

Al dar carga al cilindro y presionar el encofrado contra el concreto se eleva la tuerca superior, lo que permitirá aflojar la tuerca inferior y poder retirar la barra. Ahora la losa en su parte trasera está suspendida de los anclajes exteriores y en su parte delantera de las barras de suspensión conectadas al perfil delantero por los elementos denominados cardan. Se procede al afloje de las tuercas de las barras de suspensión y de seguridad de las barras extremas. Aproximadamente entre 5 y 10 centímetros. Se va descendiendo lentamente los anclajes extremos de la losa inferior hasta que se realiza la transferencia de carga a las barras extremas. La secuencia de descenso es aplicada con los cilindros huecos de forma similar a como se ha indicado. Una vez se asegure que la transferencia de carga ha sido realizada se procede a la retirada de las barras de la losa inferior y al avance del carro (ver figuras N°2.50 y N°2.51).

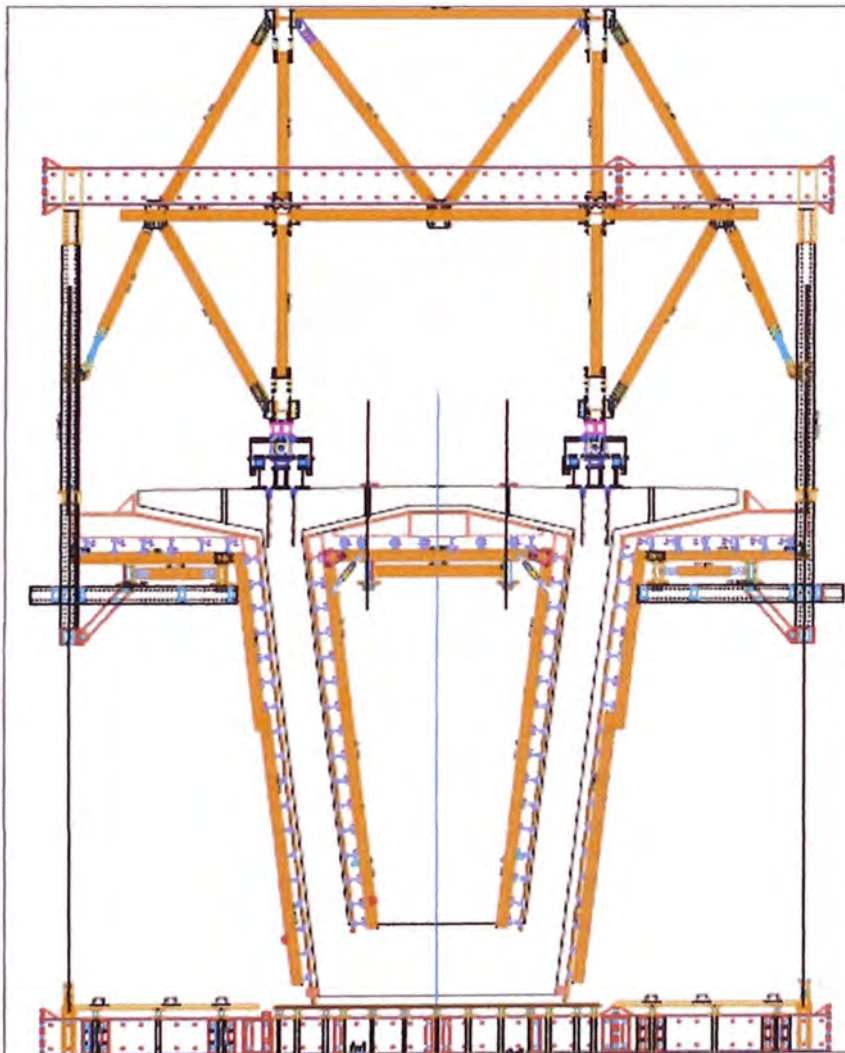


Figura N°2.50: Desencofrado de fondo, interior y exterior.

Fuente: Expediente técnico final

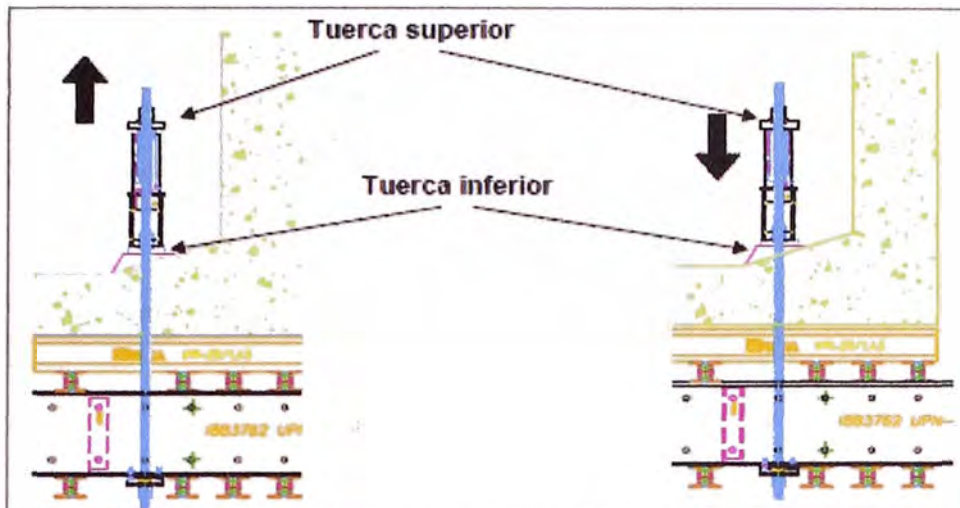


Figura N°2.51: Descenso del encofrado de fondo, mediante los cilindros huecos en las barras DW36.

Fuente: Expediente técnico final

AVANCE DE LA ESTRUCTURA PRINCIPAL

Para avanzar hidráulicamente la superestructura es necesario que el camino por donde esta va a manejarse se encuentre libre de obstáculos.

Las barras tensadas a la dovela anterior deben haber sido retiradas. El cilindro hidráulico de 200 Ton del soporte delantero en un primer momento se le liberó de carga y se descendió. En un segundo momento se volvió a descender hasta que los rollers (rodillos) quedan apoyados sobre los carriles. El cilindro del soporte trasero se liberó de carga, en un primer momento, liberando la tuerca de seguridad y en un segundo momento previamente al avance hay que retirar las barras de atado tal y como se indica seguidamente (ver figuras N°2.52, N°2.53 y N°2.54).

Se indicó que se destensaban las barras de los soportes traseros, liberándolas de carga, usando los cilindros con tuerca del soporte trasero. Esta operación se hará previamente al descenso del carro con el cilindro de 200Ton. El destensado se realiza liberando de carga la tuerca de seguridad pero las barras de atado mantienen su misma posición. Al retirar las barras traseras se ha de asegurar que la transferencia de cargas al anclaje trasero del carril se ha realizado correctamente. Para ello mientras se maniobra con el cilindro trasero ha de quedar el tren de rodadura en contacto con la parte interior del ala superior del carril. El

bulón deberá estar con la holgura correcta para que la transmisión de cargas se realice por las piezas del tren de rodadura trasera y no por las barras de atado.

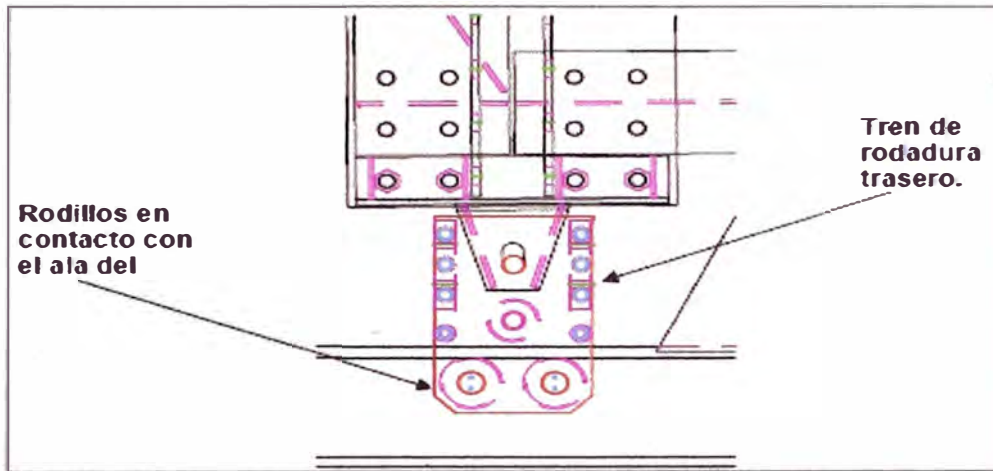


Figura N°2.52: Transferencia de cargas al anclaje trasero del carril.

Fuente: Expediente técnico final

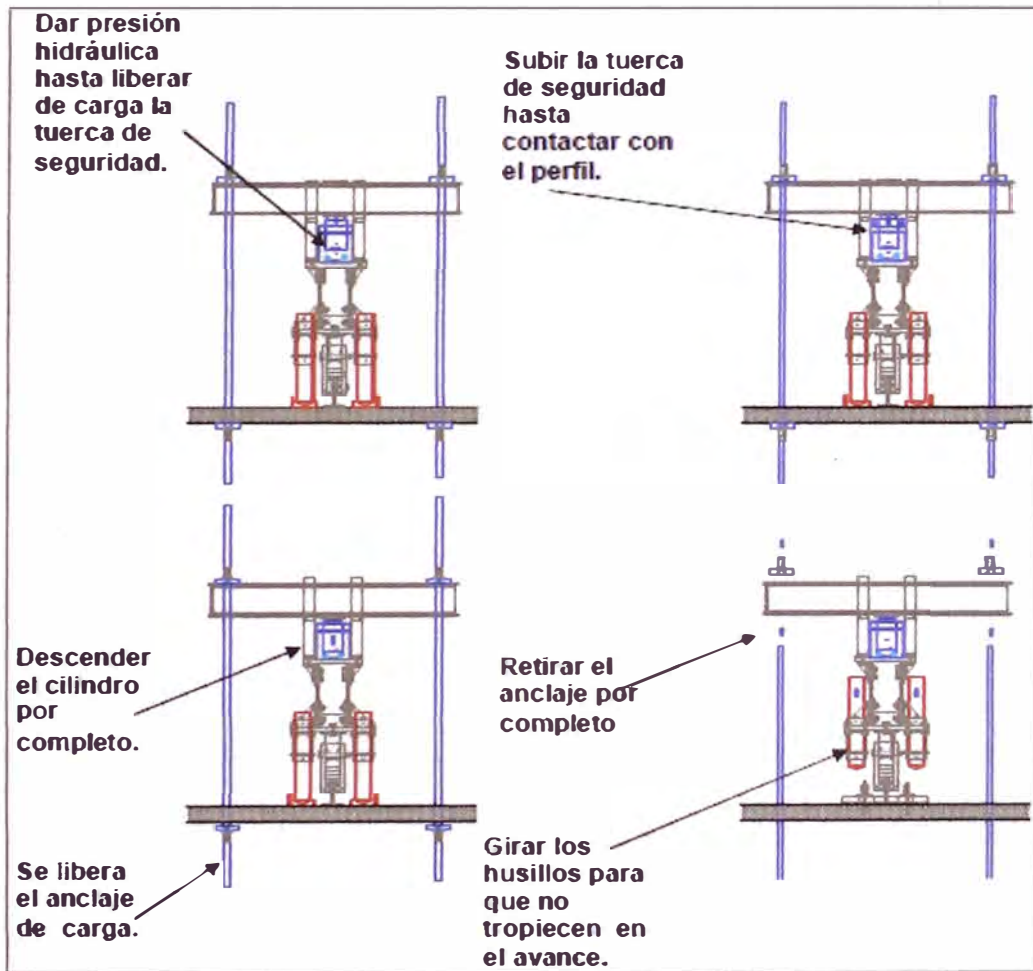


Figura N°2.53: Desajuste y retiro del anclaje trasero del carro.

Fuente: Expediente técnico final

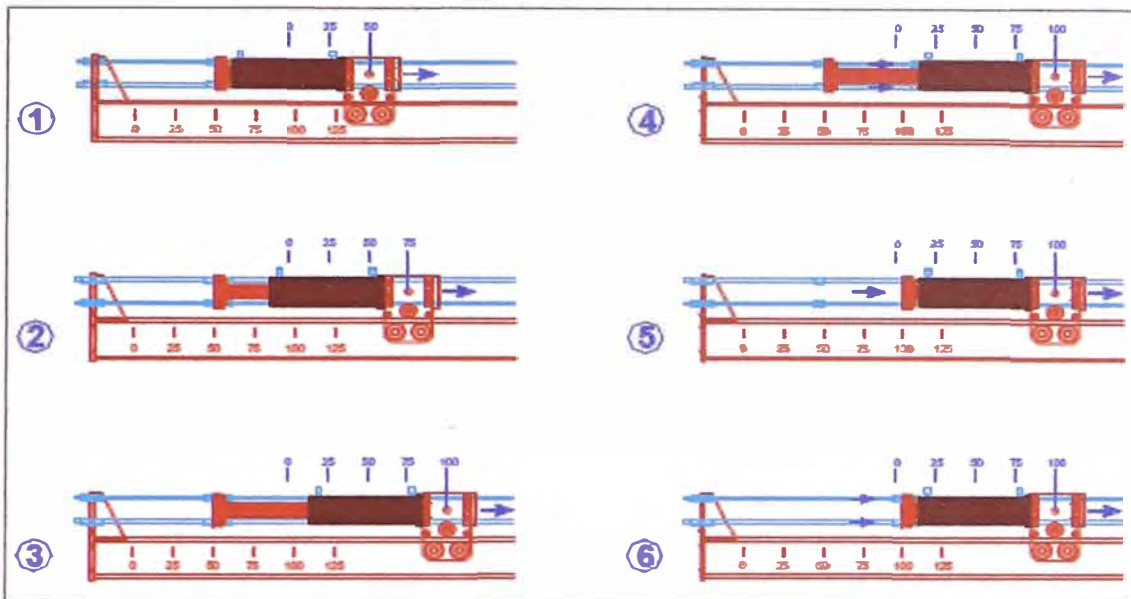


Figura N°2.54: Fases del proceso hidráulico de avance del carro.

Fuente: Expediente técnico final

POSICIONAMIENTO DEL ANCLAJE TRASERO

Una vez que el carro ha llegado a su nueva posición se colocan inmediatamente las barras DW36 del anclaje trasero, asegurando de esta forma el carro frente al vuelco. Las barras traseras se colocarán a cota pero sin darles carga de tesado con el cilindro hidráulico trasero.

En este posicionamiento las ruedas del tren de rodadura trasero deben de quedar separadas 1cm del ala del carril para que estas no trabajen durante el vaciado.

Esta será la posición correcta del anclaje trasero y para ello los husillos son colocados en su posición dejando la holgura de 1cm que se elimina al accionar el hidráulico trasero.

Posteriormente se eleva el cilindro de 200Ton y se ajusta su tuerca de seguridad.

Finalmente se le da presión al cilindro trasero para el tesado de las barras traseras. Dar carga de cada cilindro trasero; 36 Ton. Con esta operación el carro está en posición y ahora solo quedará el ajuste de los encofrados (ver figuras N°2.55, N°2.56 y N°2.57).

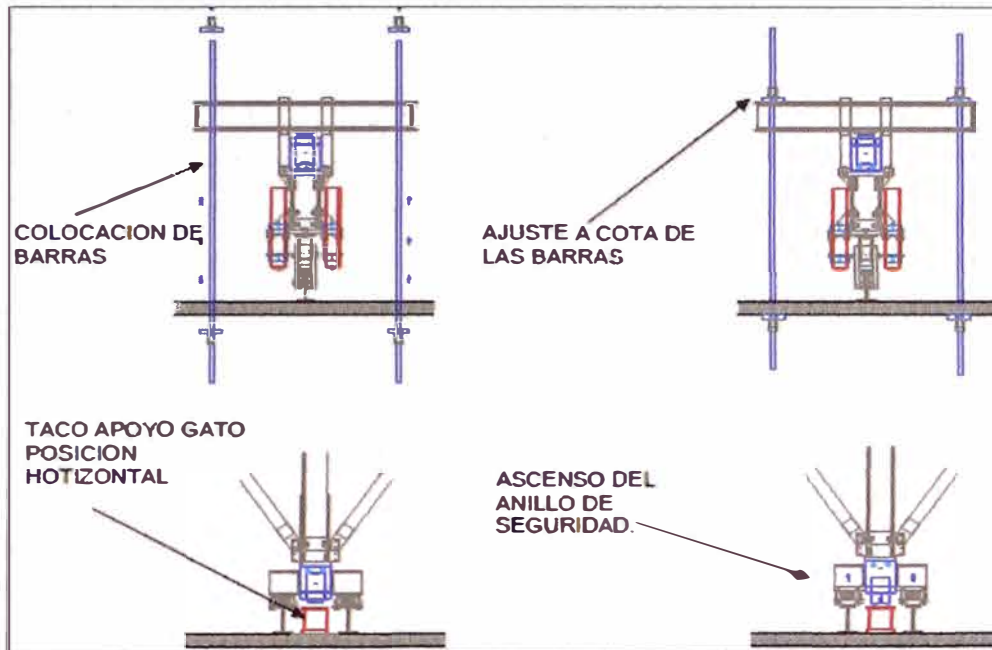


Figura N°2.55: Soporte delantero.

Fuente: Expediente técnico final

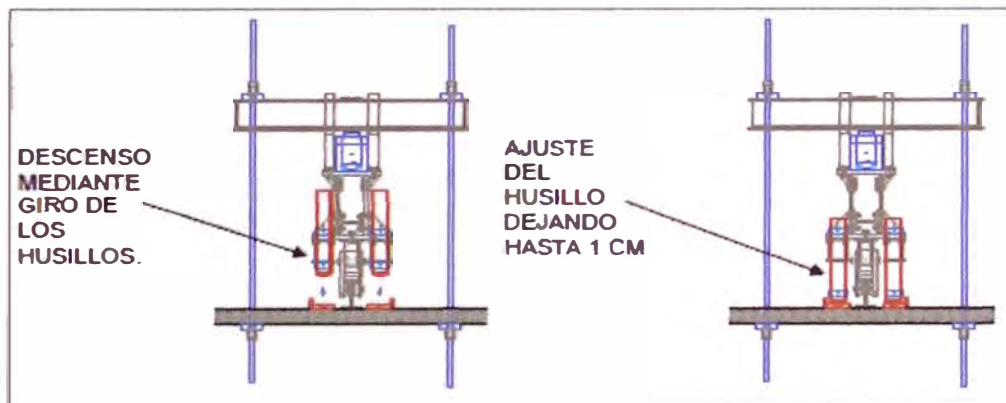


Figura N°2.56: Posicionamiento del conjunto trasero.

Fuente: Expediente técnico final

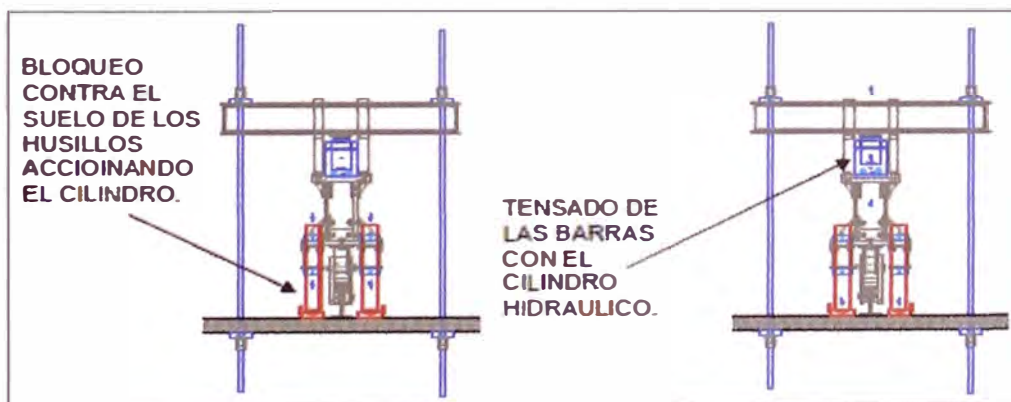


Figura N°2.57: Colocación y fijación de los husillos de carga traseros.

Fuente: Expediente técnico final

COLOCACIÓN DEL ENCOFRADO DE FONDO Y EXTERIOR

Después que la estructura principal ha sido avanzada y colocada en su posición, se ajusta el encofrado de fondo con las barras laterales. Una vez posicionada en su lugar se colocan los anclajes traseros que van colocados a través de los agujeros pasantes dejados en la losa inferior de la anterior dovela. (100 mm de diámetro como medida recomendada).

Posteriormente a esta operación se realiza el tensado de estas barras con el cilindro hueco hasta las 36 Ton para la barra DW36 y 4 Ton para la barra DW20.

En el posicionamiento final de la losa inferior (y por extensión de todo el carro) hay que tener en cuenta la deformada de esta pos la acción del concreto más otros posibles efectos determinados por el proyectista como puedan ser las deformaciones por efecto de la fluencia del hormigón, asimismo se tendrá en cuenta que por efectos térmicos en el tablero ya ejecutado la posición de referencia para medir puede ser distinta.

El encofrado exterior se colocará en su correcta posición alineándolo con el eje longitudinal del puente y dando en altimetría las correctas cotas, de acuerdo a las contra flechas indicadas en la memoria de cálculo.

Todos los tubos necesarios para dejar los agujeros necesarios para el anclaje del encofrado de la fase siguiente deben de replantearse correctamente (ver figura N°2.58).

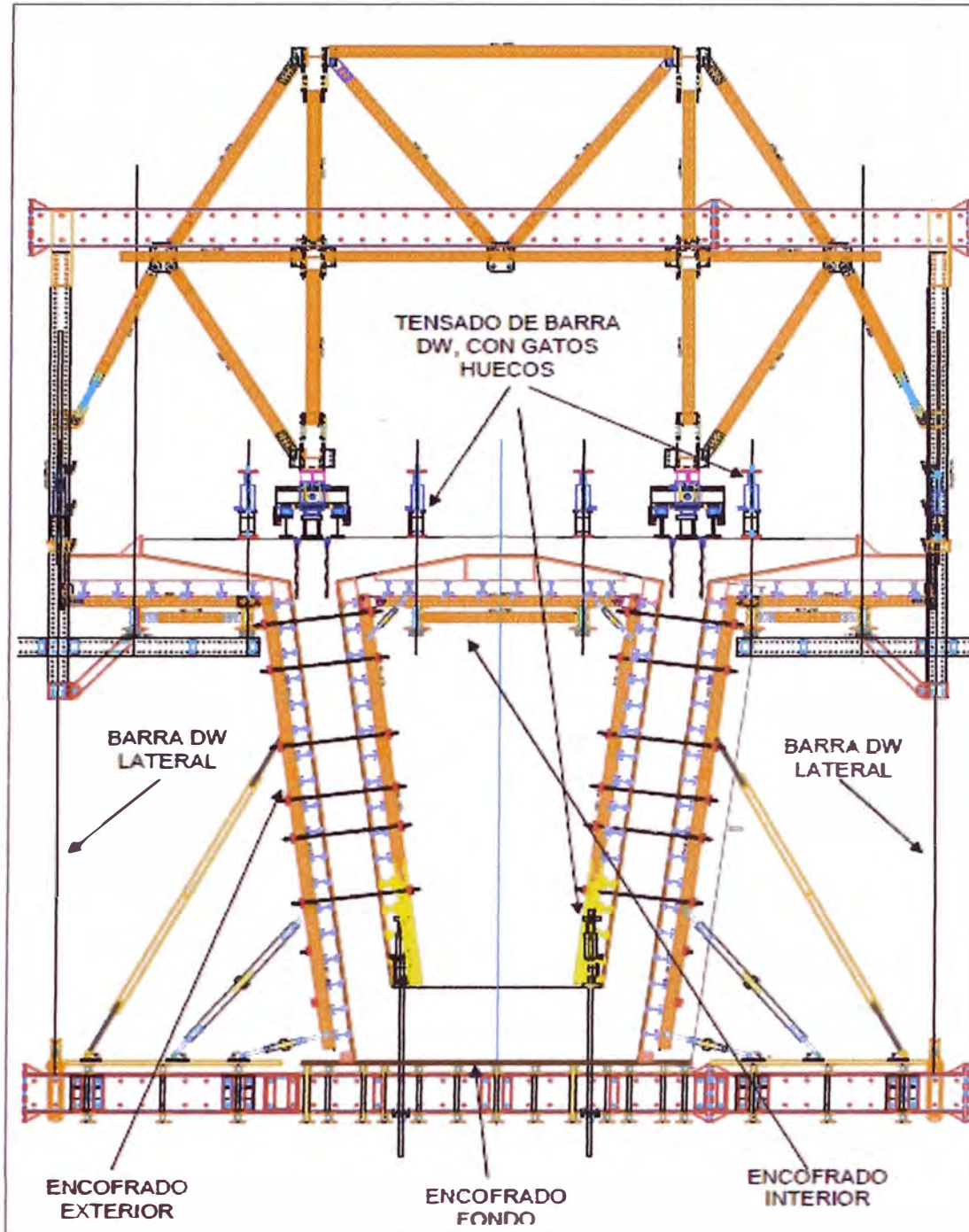


Figura N°2.58: Colocación encofrado de fondo y exterior.

Fuente: Expediente técnico final

MOVIMIENTO DEL ENCOFRADO INTERIOR

Una vez que todo el sistema, carro y encofrado ha sido colocado a cota y correctamente anclado con su adecuadas cargas de pretensado en las barras, se procede a la colocación del acero de refuerzo de la losa inferior y hastiales.

Para ello el encofrado interior permanece en una posición más retrasada.

Antes de mover el encofrado interior hay que ajustar el encofrado vertical o de pared a la nueva medida y geometría de la dovela nueva. Este ajuste se hará ajustando la cuña inferior en el encofrado de la pared vertical o hastial.

El desplazamiento del encofrado interior ocurre en varias etapas que se describen a continuación:

La posición 1 representa el encofrado interior antes del movimiento de este. En esta posición, el encofrado interior está colgando en la UPN 300 en su parte delantera a la penúltima dovela de concreto y se apoya en el extremo final sobre un husillo al concreto (ver figura N°2.59).

En la posición 2 se coloca al encofrado interior en la parte delantera con un polipasto de 3T. Cercano al husillo trasero de dispondrá de otra barra de suspensión (anclaje trasero) para asegurar la estabilidad del encofrado en la posición 3 (ver figura N°2.60).

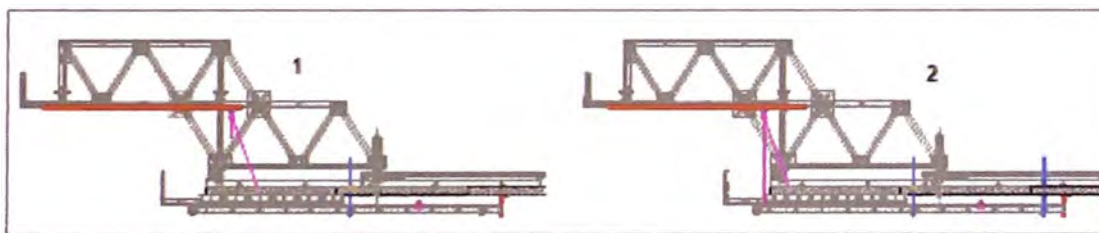


Figura N°2.59: Posición 1 y Posición 2.

Fuente: Expediente técnico final

Para la posición 3 se retira la barra central y se coloca en su lugar la barra con el carro rodador que permitirá el avance de los UPN300 a través del sistema de rodadura a este anclaje. Esta barra no debe de ser apretada.

En la posición 4 se retirará la barra del anclaje trasero y se descenderá también el husillo trasero. En esta posición el encofrado quedará suspendido del polipasto delantero y del sistema de rodadura anclado a la losa superior en la penúltima dovela.

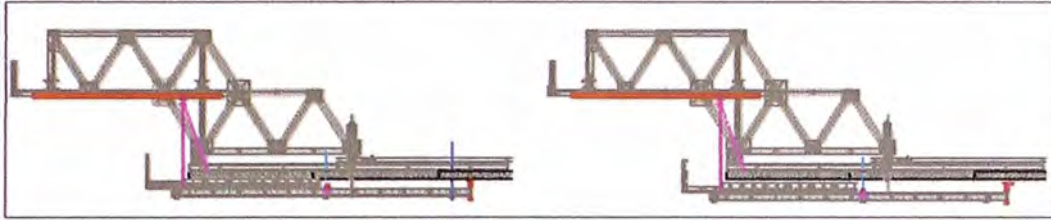


Figura N°2.60: Posición 3 y Posición 4.

Fuente: Expediente técnico final

En los posiciones 5 y 6, el encofrado interior se mueve hasta que esté en su posición y puede ser re-anclado (ver figura N°2.61).

Se debe asegurar que la transferencia de cargas en cada posición se realice adecuadamente.

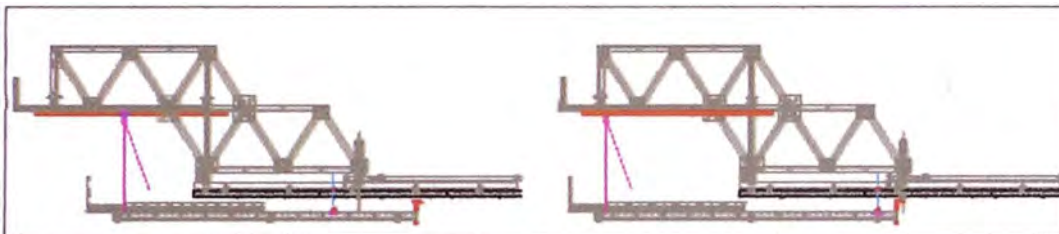


Figura N°2.61: Posición 5 y Posición 6.

Fuente: Expediente técnico final

POSICIONAMIENTO DEL ENCOFRADO INTERIOR

Una vez que el encofrado interior se ha movido hacia adelante, se colocaran las dos barras de cada UPN-300 DW20 L = 6000mm que suspenden estos encofrados de la superestructura delantera.

Se retiran los polipastos de cadena de 3Ton y el anclaje de rodadura que ha quedado en la parte trasera. También se despeja el husillo del concreto 5cm.

A continuación, se pretensan las barras de tensión trasera DW20 contra de la sección del concreto anterior. Las cargas de tensado de cada barra será de 4.00 Ton. Se ajusta el encofrado del hastial, mediante los tensores, en forma inversa al proceso de desencofrado.

Durante el vaciado de concreto el husillo trasero en los perfiles UPN-300, no deberá estar en contacto con el concreto (ver figura N°2.62).

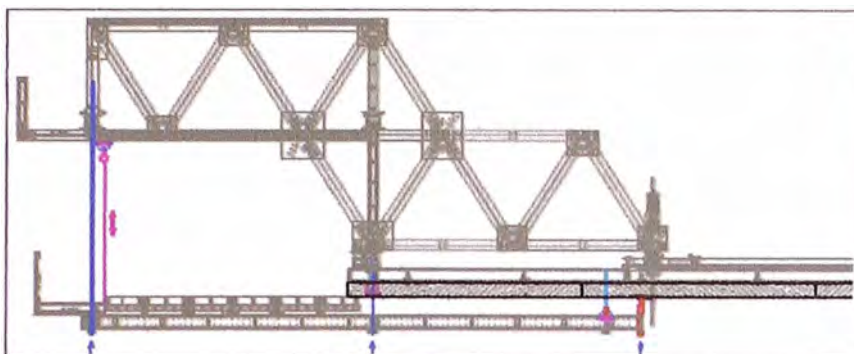


Figura N°2.62: Posición final del encofrado interior.

Fuente: Expediente técnico final

COLOCACIÓN DE ACERO EN LOSA SUPERIOR

Una vez colocado a cota el encofrado de losa superior se coloca el acero de refuerzo, y todos los elementos necesarios para el posicionamiento y vaciado de posteriores dovelas; taladros de PVC o similar para el paso de las barras de anclaje, elementos de anclaje para el anclaje de los carriles de avance.

VACIADO DE CONCRETO

Después de que todas las operaciones se han completado el concreto se puede verter.

La presión admisible del encofrado será de $50 \text{ KN} / \text{m}^2$. El vaciado tiene que ser equilibrado y vertido de acuerdo a los procedimientos estándar determinados por la obra.

CURADO Y FRAGUADO DE CONCRETO

Una vez que el concreto haya alcanzado la resistencia deseada se puede iniciar el desencofrado. Siempre conforme a las indicaciones dadas por el proyectista y llevadas a cabo por las indicaciones de la obra.

Para aprovechar durante el tiempo de espera se pueden quitar las tapas frontales y laterales, pero siempre conforme a las indicaciones marcadas en la obra. De la misma forma se puede comenzar con el desencofrado de los hastiales interiores pero respetando también las indicaciones marcadas por el proyectista a través de la obra.

2.1.6. Sistema hidráulico

CILINDRO DE APOYO

Como elemento hidráulico de apoyo, se utilizan los cilindros diseñados por la empresa FPT. El cilindro denominado GATO HIDR 200T-100C, tiene una capacidad de carga de 200Ton a 670bar, con un área de 304.5cm², la carrera es de 100mm y la rótula en cabeza permite una inclinación de 5°.

El cilindro cuenta con válvula de retorno que se fija mecánicamente para recibir las cargas de concreto con una tuerca de seguridad. El cilindro cuenta con un circuito de retorno de aceite equipado con una válvula de seguridad tarada a 150bar para permitir el correcto descenso del cilindro (ver figura N°2.63).



Figura N°2.63: Fotografía Gato Hidráulico de 200 Ton.

Fuente: Expediente técnico final

CILINDRO DE AVANCE

Como elemento hidráulico de avance, se utilizan los cilindros de doble efecto diseñados por la empresa FPT. El cilindro GATO DE 30T-520C, tiene una capacidad de empuje de 30Ton y 18Ton de tiro para 200bar. Área de empuje de 153.9cm² y área de tiro de 90.3cm² con una carrera de 520mm. El cilindro tiene un circuito de retorno en donde la entrada de aceite para el empuje se hace en la cabeza y el retorno se hace por la base. El cilindro tiene en la base y en la cabeza una placa con cuatro taladros pasantes de 25mm para permitir el paso de las barras DW de 20mm para el avance (ver figura N°2.64).



Figura N°2.64: Fotografía Gato de 30T-520C.

Fuente: Expediente técnico final

CENTRAL HIDRÁULICA

Bomba hidráulica para las operaciones de los cilindros de 200ton y los cilindros de avance de 30Ton/18Ton, con un tanque de 140 litros de viscosidad 32cts. Presión máxima de 700 bares para los cilindros de 200Ton y de 200 bares para los cilindros de avance. La central tiene también un medidor de presión que indica la presión real a la que están trabajando los cilindros (ver figura N°2.65).

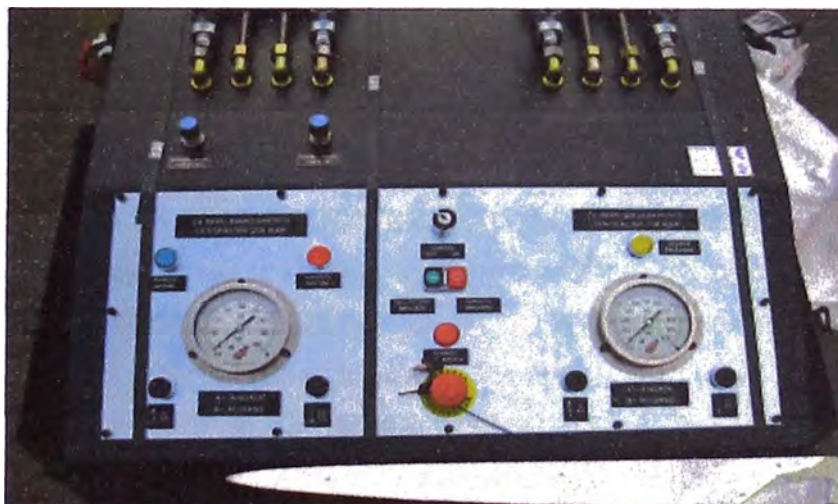


Figura N°2.65: Fotografía Central Hidr. FPT 250/700 Bar.

Fuente: Expediente técnico final

2.1.7. Control geométrico del Punte

ACTIVIDADES A REALIZAR EN EL TERRENO

Levantamientos topográficos:

Para cada una de las etapas definidas en la pirámide de contraflechas, se deberá efectuar un levantamiento topográfico (obtención de coordenadas x, y, z) de todos los puntos de control existentes en el tablero.

El levantamiento topográfico será realizado por un topógrafo, mediante estación total. Se deberá tomar la precaución que el estado de cargas del puente corresponda con el definido.

Los datos de coordenadas obtenidos se deberán completar en un registro adecuado.

Adicionalmente a estos datos, se deberá documentar:

- Etapa correspondiente al levantamiento.
- Fecha, hora de inicio y hora de fin.
- Situación observada en los distintos voladizos (última dovela hormigonada, última dovela tensada, posición del carro de avance, otra carga importante presente o ausente).
- Cualquier comentario relevante adicional.

Durante el proceso de construcción, los controles topográficos serán realizados con un solo equipo y con la conformidad de los equipos de topografía (contratista y supervisión). Es recomendable que las lecturas se realicen con una temperatura ambiente entre 15° y 20°C, en la ciudad en los meses de otoño- invierno (mayo a agosto) esta temperatura se da hasta antes del mediodía, los demás meses del año se recomienda tomar las lecturas hasta antes de las 10:00am.

Se cuenta con una base de medición y comprobación, antes del inicio de los trabajos de control geométrico se visa a esta base a fin de garantizar que la información en campo sea adecuada.

Nivelación y ajuste de encofrados:

Después de obtener las elevaciones de replanteo (área de topografía), la actividad de nivelación y ajuste de encofrados se realiza para cada dovela, antes de entregar el encofrado para instalación de refuerzo pasivo. La operación será conducida con la ayuda de un topógrafo. La información de entrada serán las coordenadas de los puntos A, E conforme indicado en anexo 1.

Instalación de los puntos de control:

Una vez hormigonado la dovela, se procederá a instalar los puntos de control definidos que se materializarán con clavo de acero.

La instalación de los puntos de control debe ser llevada a cabo por un topógrafo, quien deberá tomar las siguientes precauciones:

- Precisión: se busca que el punto de control quede ubicado en una posición precisa (en planta y elevación), con precisión milimétrica.

El punto de control debe quedar claramente visible, identificado y mantenerse inamovible durante toda la construcción del tablero.

La ubicación e identificación de los puntos de control se encuentra descrita en anexo 1.

SEGUIMIENTO Y CORRECCIÓN DE DEFORMACIONES

Seguimiento de deformaciones:

Cada vez que se reciban datos de topografía a través del registro, se actualizará la pirámide de contra flechas real del proyecto (área de ingeniería). Asimismo, se calculará el error observado (diferencia entre la pirámide de contra flechas real y la teórica) para todos los puntos de control.

Corrección de contra flechas:

Antes de proceder a la actividad de nivelación y ajuste de encofrados, se corregirá la contraflecha para la dovela a nivelar.

Actualización de la pirámide de contra flechas teórica:

En base a los antecedentes recibidos (pirámide de contra flechas real y ensayos de hormigón), se monitoreará periódicamente la evolución de las deformaciones en el tablero.

En caso de detectar diferencias importantes entre el modelo estructural evolutivo (origen de la pirámide de contra flechas teórica) y los antecedentes recolectados en terreno, ajustará el modelo evolutivo, generando una nueva pirámide de contra flechas teórica.

RECURSOS A EMPLEAR

- Equipos
 - ✓ Estación total.
 - ✓ Nivel de ingeniero.
- Accesorios de Topografía
 - ✓ Trípodes.
 - ✓ Prismas y mini prismas.
 - ✓ Estadía o mira (de aluminio o de madera).
 - ✓ Winchas metálicas calibradas.
 - ✓ Radio para comunicacion.
 - ✓ Herramientas manuales.
 - ✓ Pistola de clavo Hilti/similar.
- Recursos Humanos
 - ✓ 01 cuadrilla de topografía (topógrafos y ayudantes)
 - ✓ Personal de Seguridad
- Seguridad Industrial
 - ✓ Equipos de protección personal (EPPs).

TOLERANCIAS

Las tolerancias en operación de encofrado en dovela se detallan a continuación.

Nivelación y Ajuste de Encofrados.

- Elevación de puntos de replanteo +/-10mm
- Posición en planta de puntos de replanteo +/-20mm

Cierre de Encofrado

- Espesor de losa Inferior +/-10mm
- Espesor de muros +/-10mm
- Espesor de losa superior +/-10mm

2.2. SISTEMA LAST PLANNER

En la estructura del modelo del LPS, se tiene una fase que se lleva a cabo a todo lo largo del proyecto, siendo uno de ellos el de Control de la Producción, con el cual aseguramos que lo que se planifica se llegue a ejecutar teniendo la menor desviación de la planificación inicial. El Sistema Last Planner o Sistema del Último Planificador, es un sistema de control de producción, pero para entender mejor este último concepto, iremos más atrás para poder entender que es control y producción.

La Producción es sinónimo de “hacer”, y se puede entender como el conjunto de operaciones necesarias para modificar las características de las materias primas, con la finalidad de obtener un producto que es destinado a un cliente. Esta concepción de producción es estudiada mucho por la ingeniería industrial, y clasificada dentro del tipo de manufactura (en el sentido de “hacer”). Dentro de esta concepción, diseño e ingeniería han sido pocas veces concebidas como procesos de producción, el enfoque casi por completo se coloca en hacer las cosas en lugar de diseñarlas. La bibliografía respecto a la gestión de la producción en manufactura es extensa, pero siempre abordándose desde el punto de vista industrial, y otro tanto menor respecto al aspecto psicológico/sociológico. A inicios del siglo XX comenzó la producción en masa en las industrias manufactureras, especialmente en la automotriz, teniendo en su haber muchos aportes teóricos a lo largo del tiempo, pero a mediados del siglo XX fue apareciendo en Japón un nuevo sistema de Producción en la fábrica Toyota, a partir del cual se inicia la Lean Production llamada así en contraposición de la producción en masa.

En base a esta nueva filosofía de producción, Ballard en su tesis de doctorado involucra el diseño y fabricación dentro de la concepción de producción, indicando: la definición de la producción como el diseño y fabricación de artefactos nos permite entender cómo la construcción es un tipo de producción y también que el diseño es un componente esencial en la producción en general y específicamente en la construcción. Desde este punto de vista, el más destacado teórico de la producción en la construcción, es Lauri Koskela. De esta manera podemos entender a la producción como el proceso que involucra el diseño y fabricación de artefactos.

El concepto Control, es muy amplio y puede ser utilizado en el contexto organizacional, con el cual evaluamos el desempeño frente a un plan predeterminado. Dentro de varios planteamientos de diversos autores estudiosos de este tema (Henry Farol, Robert B. Buchele, Buró K. Scanlan, etc.), podemos identificar que definen al control como un mecanismo de comprobación o verificación, como un proceso de medición de resultados, o como la regulación de actividades. Todo esto relacionado siempre a una planificación o un estándar, mediante el cual se busca lograr un objetivo particular. Y como resultado del control se obtiene correcciones, diagnósticos, acciones correctivas, identificación de debilidades, etc. De esta manera podemos entender el control en forma general como, Una función administrativa, ya que conforma parte del proceso de administración, que permite verificar, constatar, palpar, medir, si la actividad, proceso, unidad, elemento o sistema seleccionado está cumpliendo y/o alcanzando o no los resultados que se esperan.

En base a la filosofía Lean control significa “causar un futuro deseado” en lugar de identificar variaciones entre lo planeado y lo real (en oposición a los principios del Project Management). Por ello Howell (1999) argumenta que el control se redefine a partir de “monitorear resultados” hacia “hacer que las cosas sucedan” o como indicamos “causar un futuro deseado”.

Por Control de la producción se entiende como el proceso que gobierna la ejecución de los planes y se extiende desde el comienzo hasta el fin del proyecto. Por ello el control de la producción, concibe la producción como un flujo de materiales e información entre especialistas que cooperan, para generar valor para el cliente.

Decimos que el Sistema Last Planner es un sistema de Control de producción debido a que con este sistema se rediseña los sistemas de planificación ordinarios y se incorpora a un mayor nivel de participantes como a maestros, subcontratistas, ingenieros, etc. Todo ello con la finalidad de lograr los compromisos en la planificación.

Lauri Koskela, propuso unos criterios o principios para diseñar un adecuado sistema de control de la producción. Estos principios se mencionan a continuación:

- 1. Primer principio**, las asignaciones deben ser razonables en relación a sus condiciones previas, esto hace referencia a que no deberíamos comenzar un tarea o labor hasta que no estén a disponibilidad todos los suministros o herramientas necesarios para completar dicha tarea, llamado o Complete kit. Este principio procura minimizar el trabajo en condiciones sub-óptimas.
- 2. Segundo principio**, el cumplimiento de las asignaciones es medido y monitoreado, la forma de medir este cumplimiento es el Porcentaje de Plan Cumplido (PPC), el cual será explicado a detalle más adelante. Este enfoque hace que reduzcamos el riesgo de variabilidad en tareas o flujos que vienen después de la actividad que evaluamos.
- 3. Tercer principio**, se investigan las causas de no - cumplimiento (non-realization) y esas causas son eliminadas”. Las causas de no cumplimiento son las razones porque no se concluyeron las actividades programadas.
- 4. Cuarto principio**, sugiere mantener un paquete de tareas de amortiguación (buffers) razonables para cada equipo de trabajo”, esto hace referencia a que en caso no se pueda realizar un tarea programada, se debe tener tareas que estén libres de restricciones para ser ejecutadas en su lugar, para evitar así perdida de producción o reducción de la productividad.
- 5. Quinto principio**, en la planificación look ahead (con un horizonte temporal de 3 a 4 semanas), los requisitos previos de asignaciones inminentes deben ser liberados de forma activa, lo cual hace referencia claramente aún sistema “pull”, donde se busca asegurar que todos los requisitos previos estén disponibles para la ejecución de las asignaciones.

Estos cinco principios son aplicados en el Sistema Last Planner, tal como se irá viendo en el desarrollo del presente capítulo. Para ello pasaremos a definir a quienes se llama Last Planner y todo lo que involucra el seguir este sistema.

2.2.1. Definición

El Sistema Last Planner fue desarrollado por Herman Glenn Ballard y Gregory A. Howell, basándose en los principios de la Lean Construction. El sistema desarrollado es una herramienta para controlar las interdependencias existentes entre los procesos y reducir la variabilidad entre estos, y por lo tanto asegurar el cumplimiento de la mayor cantidad de actividades de la planificación dentro de la filosofía Lean Construction, este aseguramiento es posible ya que la ausencia de variabilidad significa producción confiable. La variabilidad sólo la podemos controlar teniendo funcionamientos fiables y usando procedimientos simples y estándares para pronosticar fácilmente el desempeño.

En cuanto al término Last Planner, se enuncia lo siguiente: En última instancia, alguien (un individuo o un grupo) decide qué trabajo físico, específico será realizado mañana. Este tipo de planes han sido llamados asignaciones. Son únicos porque controlan el trabajo directo en vez de la producción de otros planes. La persona o el grupo que producen las asignaciones son llamados el "Last Planner". Por ello la traducción al castellano de Last Planner es de "Último Planificador" ya que esta persona o grupo de personas son las últimas encargadas de definir las asignaciones para el día a día de la obra.

Dentro del glosario de términos de la Lean Construction Institute, Last Planner se define como: La persona o grupo de personas que producen las asignaciones para los trabajadores directos.

Debemos entender que la planificación no es simplemente el desglose de actividades que se preceden unas a otras, con la finalidad de poder obtener el presupuesto para la cuantificación de costo y lograr una programación con un inicio y fin del proyecto. Con la planificación debemos ser capaces de poder definir qué se debe hacer, que es lo que se puede hacer, que es lo que se hará, que acciones se debe tomar para que se cumpla la planificación e indicar los responsables de dicha planificación. Por ello con esta necesidad de cubrir estos

puntos mencionados, es que el Sistema Last Planner apunta fundamentalmente a aumentar la fiabilidad de la planificación y con ello mejorar los desempeños.

El incremento de fiabilidad se lleva a cabo mediante la planificación intermedia (Look ahead Planning) y mediante el plan de trabajo semanal (Weekly Work Plan).

Antes de definir estos conceptos, debemos citar los conceptos respecto al Sistema Last Planner:

El Sistema Last Planner de control de producción es una filosofía, reglas y procedimientos, y una serie de herramientas que facilitan la implementación de esos procedimientos. En relación a los procedimientos, el sistema tiene dos componentes: control de las unidades de producción y control del flujo de trabajo. Como unidades de producción en la construcción se entiende como una cuadrilla de obreros o grupo de ellas que se especializan en un tipo de labor, el término en inglés es "Production unit – PU".

Estos dos componentes van relacionados con la división de la fase de Control de Producción, ya que el "control de flujo de trabajo" se lleva a cabo mediante planificación intermedia (Look Ahead planning), mientras que el "control de las unidades de producción" se realiza mediante el plan de trabajo semanal (weekly work plan), mediante las cuales se puede incrementar la fiabilidad como ya se indicó.

De ambos componentes podemos decir que el control de flujo de trabajo, como su nombre lo dice, se refiere a que se debe hacer que fluya el trabajo activamente a través de las unidades de producción (production unit) para lograr objetivos más alcanzables. Por ello el control de flujo de trabajo, coordina el flujo del diseño, abastecimiento, e instalación a través de las unidades de producción. Mientras que el trabajo del control de las unidades de producción es hacer que las asignaciones realizadas a las unidades de producción (trabajadores o cuadrillas) sean mejores mediante el aprendizaje y acciones correctivas a su debido momento, de esta manera este componente coordina la ejecución del trabajo dentro de unidades de trabajo tales como los equipos de construcción y los de diseño.

Como se indicó con anterioridad, el Last Planner es el que determina las “asignaciones” para el día a día, pero estas son producto de una adecuada planificación, en donde vemos intervenir los conceptos de Debería (Should), Puede (Can), Hará (Will) e hizo (Did). Esto es así ya que el Last Planner indica lo que se Hará (Will), siendo esto ajustado por lo que se Debería (Should), y además considerando las restricciones que presenta él Puede (Can). De esta manera se presenta un esquema para entender la relación entre estas concepciones durante la planificación de asignaciones (ver figura N°2.66).

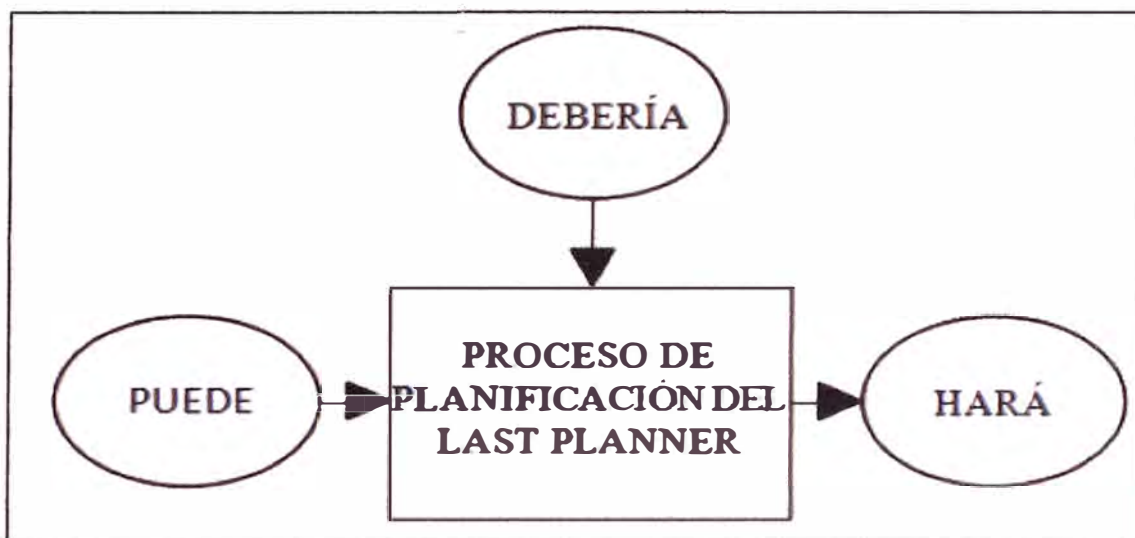


Figura N°2.66: Formación de asignaciones en el proceso de planificación del Last Planner

Fuente: Lean Construction Institute, LCI

Los elementos que conforman o que estructuran el Sistema Last Planner se indican a continuación:

- ✓ Planificación General (Master Schedule)
- ✓ Planificación por fases (Phase Schedule)
- ✓ Planificación Intermedia (Look Ahead Planning)
 - Análisis de Restricciones (Constraints Analysis)
- ✓ Reserva de Trabajo ejecutable (Workable Backlog)
- ✓ Plan de trabajo semanal (Weekly Work Plan)
 - Porcentaje de Plan Cumplido (Percent Plan Complete - PPC)
 - Razones de Incumplimiento (Reasons for Non-conformances)

2.2.2. Control de la unidad de producción

Recordemos que el Control de las unidades de producción coordina la ejecución del trabajo dentro de unidades de trabajo tales como los equipos de construcción y los de diseño, y uno de los puntos importantes para el funcionamiento de un sistema de planificación a nivel de las unidades de producción es la calidad de su producción, esto se refiere a la calidad de los planes producidos por el último planificador o Last Planner. Esta planificación del Last Planner se refleja en lo que se denomina Plan de Trabajo Semanal (Weekly Works Plan). Los criterios de calidad para una asignación de una tarea en el Weekly Work Plan son:

- a) Definición (Definition): La acción esté bien definida.
- b) Viabilidad (Soundness): El trabajo escogido es práctico o razonable, es decir, puede ser realizado.
- c) Secuencia (Sequence): Se escoge la secuencia de trabajo correcta.
- d) Tamaño (Size): Se escoge la cantidad de trabajo correcta.
- e) Aprendizaje (Learning)

El detalle de estos criterios de calidad se encuentra ubicado en el punto "2.3.5.1 Asignaciones de Calidad (Quality Assignments)" dentro del ítem de Planificación Semanal.

La manera que podemos medir la calidad de lo planificado, es mediante el Porcentaje de Plan Cumplido (Percent Plan Complete – PPC). Este indicador PPC se vuelve el estándar en relación al cual se ejerce control a nivel de unidades de producción un PPC mayor corresponde a realizar más trabajo debido con los recursos dados, es decir, corresponde a mayor productividad y avance.

Por lo tanto el PPC mide el grado en que el compromiso del planificador (Hará – Will) fue materializado. Y en caso haya tareas que no se lograsen ejecutar, es necesario una retroalimentación de las fallas para que esto ocurriese, por ello se realiza un análisis de no conformidad o razones de incumplimiento (Reasons for Non-Conformances). Mediante este análisis se puede mejorar el PPC de las siguientes semanas y en consecuencia mejorar el rendimiento del proyecto.

2.3. CONTROL DE FLUJO DE TRABAJO MEDIANTE EL SISTEMA LAST PLANNER

El otro componente del sistema de planificación, es el control de flujo de trabajo que consiste en hacer que el trabajo se mueva entre las unidades de producción en una secuencia y a un ritmo deseado. Además también el control del flujo de trabajo coordina la ejecución del trabajo (flujo del diseño, abastecimiento, e instalación) a través de las unidades de producción.

2.3.1. Look Ahead Planning

Como se mencionó con anterioridad, el control de flujo de trabajo dentro del sistema de planificación se lleva mediante la Planificación Intermedia o Look Ahead Planning. En el proceso de Lookahead Planning, se propone una visión de 3 o 4 semanas, según se determine por el equipo de la obra, al cual se llama Look Ahead Window. Dentro de esta ventana es que se desglosa todas las actividades colocadas en la Planificación General (Master Schedule) y se procede con el análisis de restricciones (Constraints Analysis) para que luego de este análisis podamos obtener una Reserva de trabajo Ejecutable (Workable Backlog). Finalmente luego de la ejecución de los trabajos se procede con las razones de No cumplimiento (Reasons for Non-conformances) A continuación se presenta el proceso de planificación Lookahead, el cual es desarrollado más adelante. (Ver Figura N° 2.67).



Figura N°2.67: Proceso Look Ahead

Fuente: Elaboración Propia

El proceso de look Ahead se lleva a cabo mediante el análisis de restricciones el cual conlleva los procesos de "alistar" (make ready) tareas mediante la "revisión" (screening) y el "arrastre" (Pulling).

2.3.2. Sistema de arrastre

El método que se utiliza para introducir materiales o información en el proceso de producción se denomina Sistema de arrastre o "Pull System".

En cambio se tiene en contraposición el sistema de Empuje o "Push System", que consiste en empujar las entradas hacia un proceso basado en metas de entregas o fechas límites. Tradicionalmente la construcción ha sido un sistema push, ya que lo que se busca con sus cronogramas es lograr intersecciones en el futuro de tareas interdependientes (ver figura N° 2.68).

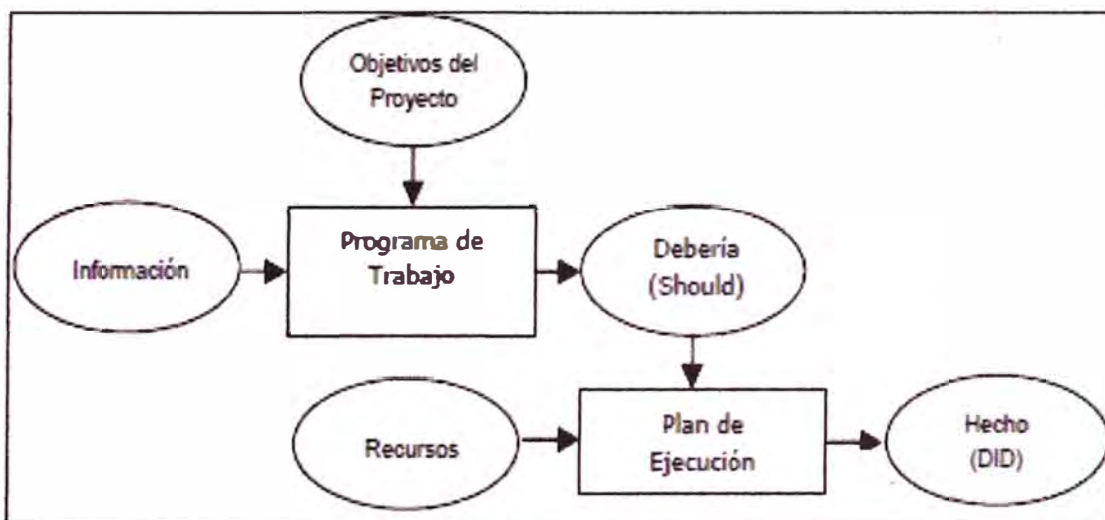


Figura N°2.68: Sistema tradicional de planificación "Push"

Fuente: Lean Construction Institute, LCI

A diferencia del Push System, el Pulling solo permite que los recursos e información puedan ingresar al proceso de producción si el proceso es capaz de realizar dicho trabajo. Como veremos más adelante en el proceso look ahead se alista las tareas previamente antes que ingresen a la programación propiamente dicha, y esto viene a ser el uso de técnicas Pull. Así podemos concluir que el Last Planner es un sistema Pull (ver figura N° 2.69).

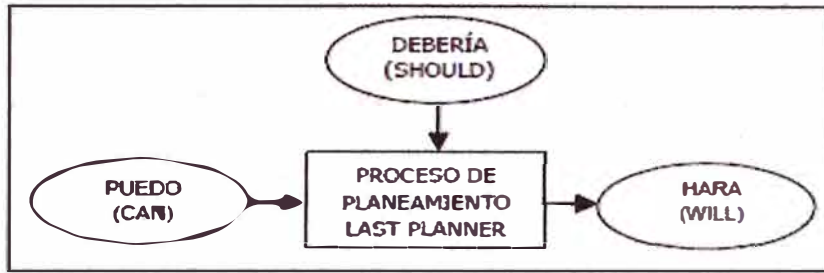


Figura N°2.69: Last Planner, un sistema Pull.

Fuente: Lean Construction Institute, LCI

2.4. ESTRUCTURA DEL LAST PLANNER SYSTEM

2.4.1. Planificación General

Todo proyecto de construcción suele tener una planificación general, sobre la cual se plasman todos los objetivos generales que se plantearon en el programa inicial. A esta planificación inicial se denomina Planificación General o Cronograma Maestro (Master Schedule). Mediante este cronograma lo que se busca es trazar las metas generales del proyecto mediante fechas definidas, las fechas de cumplimiento de cada meta se puede definir como “hitos” para el proyecto. Consecuentemente podemos decir que el cronograma maestro sirve para identificar los hitos de control del proyecto.

El cronograma maestro debe ser elaborado con información fidedigna, es decir que represente el verdadero desempeño que tiene nuestra empresa para el tipo de proyecto que se ejecutará. Solo así podremos dar validez al Sistema Last Planner, ya que se estará controlando tareas que representan la forma y desempeño real de la empresa.

Es usual que para la elaboración del cronograma maestro se utilice diferentes programas de computación, como Ms Project, Primavera, etc. Lo esencial en la elaboración de este cronograma en el software que fuese desarrollado, es poder identificar los hitos del proyecto y además de ello poder elaborar el presupuesto del proyecto.

2.4.2. Planificación por Fases

Una planificación por fases o Phase Scheduling, tiene como propósito el elaborar un plan para completar una fase del trabajo:

1. Que Maximiza la generación de valor.
2. Que todos los involucrados entiendan y apoyen.
3. Que especifica la transferencia entre grupos de trabajo.
4. En donde las actividades programadas se elaboren en base al proceso look ahead para ser explotada en los detalles operativos y sea preparado para la asignación de los planes de trabajos semanales.

Los participantes en la Planificación por Fases (phase scheduling) están representados por aquellas personas que tienen trabajo por hacer en la fase en análisis. Como ejemplo respecto a esto, que un equipo de trabajo para programar una fase de construcción debería involucrar a la contratista, la subcontratista y tal vez a las partes interesadas (stakeholders), como los diseñadores, clientes y agencias reguladoras. Además indica que los participantes deben traer los cronogramas y planos relevantes, y tal vez incluso el contrato de cada uno de ellos.

Además debemos indicar que el proceso de Planificación por Fases involucra:

1. Definir el trabajo que se incluirá en la fase.
2. Determinar la fecha de finalización de la fase, además de las principales fases intermedias para las fases previas o para las fases posteriores.
3. El uso de un equipo de planificación y post-it pegados en una pared, en el cual se va desarrollando la red de actividades necesarias para completar la fase, trabajando hacia atrás desde la fecha de finalización, e incorporando los hitos intermedios.
4. Aplicar la duración de cada actividad, sin la contingencia o aumento en las estimaciones de duración. Tratando de usar el tiempo que se puede esperar en condiciones normales.
5. Reexaminar la lógica para tratar de acortar la duración. Se debería pedir a cada persona qué cambios en las solicitudes que reciben les permitirá acortar la duración de la tarea.
6. Determinar la fecha de inicio más temprana para la fase.
7. Si hay tiempo de sobra después de comparar el tiempo entre el inicio y la

finalización de la duración de las actividades en la pared, se debe decidir qué actividades buffer habrán para el tiempo adicional.

8. ¿El equipo está cómodo que los buffers son suficientes para asegurar la finalización dentro de los hitos? Si no es así, entonces, bien se replantean o cambian los hitos según sea necesario y posible.
9. Si hay exceso de tiempo disponible más allá de lo necesario para amortiguar las tareas individuales, se debe decidir si se desea acelerar el calendario o utilizar el exceso para aumentar la probabilidad de terminar a tiempo.
10. Reservas de tiempo no asignado en un buffer de contingencia general para la fase.

2.4.3. Planificación Intermedia (Look Ahead Planning)

El tercer nivel en la jerarquía del sistema de planificación, viene a ser la Planificación Intermedia o Lookahead Planning, cuyo objetivo principal es controlar el flujo de trabajo. Planificación intermedia la podemos entender de forma general y sencilla, como un intervalo de tiempo en el futuro que permite tener una idea inicial de las actividades que serán ejecutadas, para lo cual se debe coordinar y levantar todos los obstáculos o restricciones que puedan existir para que dichas actividades puedan ser realizadas.

Recordemos que control de flujo de trabajo (work flow control) es hacer que el trabajo (información o materiales) se muevan entre las unidades de producción en una secuencia y a una velocidad deseada. Además coordina el flujo del diseño, abastecimiento, e instalación a través de las unidades de producción.

CONCEPTOS

Para aclarar el significado del término en inglés "look ahead", se puede interpretar como una vista hacia adelante o anticipada dentro del cronograma maestro. Por ello como resultado del Lookahead Planning se obtiene el cronograma de look ahead (Lookahead Schedule), en el cual están todas las actividades programadas para un período de tiempo o ventana de tiempo, que se denomina Look ahead Window (Ventana del Plan Intermedio). A continuación presentamos los conceptos extraídos del glosario de términos del Lean Construction Institute:

Look Ahead Schedule (cronograma intermedio o anticipatorio): Es el producto de la planificación intermedia (look ahead planning) que resulta al detallar las actividades del cronograma maestro a través del modelo de definición de actividades, revisando (screening) las tareas resultantes antes de permitir que entren en la ventana intermedia (look ahead window) o que avancen dentro de esa ventana. Incluye la ejecución de acciones necesarias para alistar las tareas (make tasks ready) para su asignación (assignment) una vez que sean programadas. Los cronogramas intermedios o Lookahead Schedule pueden ser presentados en forma de lista o de gráficos de barras.

Look Ahead Window (ventana intermedia o anticipatoria): Es la ventana o intervalo de tiempo, antes del inicio programado, en que las actividades del cronograma maestro son detalladas, revisadas (screening) o alistadas (make ready). Lo normal es que una ventana intermedia abarque un período futuro de entre 3 y 12 semanas.

INTERVALO DE TIEMPO – LOOK AHEAD WINDOW

Como ya se comentó, el proceso de planeamiento look ahead es el desglose de las actividades del cronograma maestro, siendo estas las asignaciones potenciales dentro del intervalo de tiempo a planificar. El período del look ahead window puede ser entre 3 a 12 semanas, y esto es decidido en base a las características del proyecto, la confiabilidad del sistema de planificación, y los plazos para adquirir información, materiales, mano de obra, y equipos.

De esta manera vemos que el intervalo de tiempo para el look ahead window es particular de acuerdo a cada proyecto y en base al criterio del encargado de la planificación. Se debe tomar en cuenta sobre todo que hay actividades que tienen tiempos largos para generar el abastecimiento requerido, con lo cual este período de respuesta no solo debe ser considerado para el Lookahead Window, sino también dentro del cronograma maestro (Master Schedule). Por ejemplo si se tiene una obra en un lugar de difícil acceso en donde los materiales demoran en llegar 4 semanas aproximadamente, no podremos considerar un look ahead window de 2 o 3 semanas ya que no tendremos mapeado si es que los materiales llegaran o no. En cambio el período de tiempo tendría que ser de 4 o 5 semanas,

de acuerdo al criterio del responsable de la planificación intermedia o look ahead planning.

Se presenta a continuación un ejemplo de cronograma look ahead (Look ahead Schedule), donde podemos observar un intervalo de tiempo de 3 semanas (look ahead window ver Figura N°2.70) y observamos a su vez el desglose de las actividades del cronograma maestro en las tareas que están programadas y que serán revisadas (screening) para posteriormente ser asignadas para su ejecución por las unidades de producción (cuadrillas de obreros) dentro del Plan de Trabajo Semanal (Weekly Work Plan).

Figura N°2.70: Planificación Lookahead, horizonte 3 semanas.

Fuente: Elaboración propia

FUNCIONES DEL PROCESO LOOK AHEAD

Las funciones del Lookahead Planning son:

- a) Formar la secuencia y el ritmo del flujo trabajo: Como ya se explicó, el Lookahead Planning tiene como objetivo principal el control del flujo de trabajo. Por ello una de las funciones es de controlar el traspaso de los trabajos de una unidad de producción a otra (de una cuadrilla a otra), para ello es necesario establecer la secuencia de los trabajos de acuerdo al proceso constructivo, es decir que actividades son predecesoras de otras y además establecer el ritmo

o tiempos en que se manejarán los entregables entre cada unidad de producción.

- b)** Equilibrar correctamente la carga y capacidad de trabajo: Primero definamos carga y capacidad, carga se entiende como la cantidad trabajo que se asigna a una unidad de producción y capacidad viene a ser la cantidad de trabajo que una unidad de producción puede realizar en un tiempo dado. Para entender mejor veamos el siguiente ejemplo: en un día de trabajo se le asigna a un albañil (unidad de producción) el tarrajeo de 25m² de muro, la carga de trabajo para ese día serán los 25m² de tarrajeo; pero ¿qué podemos decir de la capacidad de este albañil para realizar la actividad de tarrajar en un día de trabajo?, pues que en promedio puede realizar aproximadamente 16m² de tarrajeo al día, siendo esta su capacidad de trabajo. Por lo tanto podemos ver que no existe equilibrio en la carga de trabajo que se planificó versus la capacidad de la unidad de producción. De esta manera lo ideal es lograr el equilibrio entre la carga que se asigna a una unidad de producción versus la capacidad que tiene dicha unidad.
- c)** Descomponer las actividades del Master Schedule en paquetes de trabajo y operaciones: Durante el Lookahead Planning se establece el Lookahead Schedule, que está comprendido por todas aquellas asignaciones que se detallaron del Master Schedule hasta ser las asignaciones que serán ejecutadas directamente por las unidades de producción y las cuales pasaran por el levantamiento de restricciones.
- d)** Desarrollar métodos detallados para ejecutar el trabajo: Es necesario que se realice un alto nivel de detalle en el método o proceso constructivo mediante el cual se ejecutará una actividad, ya que de esta manera se podrá identificar la mayor cantidad de dificultades para su ejecución. Siendo estas dificultades las restricciones que se deben liberar o levantar, para que dicha actividad se considere que es factible de ejecutar al 100%.
- e)** Mantener una reserva de trabajo listo: Como parte del proceso look ahead está la liberación de restricciones de todas las actividades que fueron desglosadas del Master Schedule. De esta forma se obtiene un inventario de trabajo ejecutable (Workable Backlog) para el período de tiempo establecido para el Look ahead Window. De esta manera en caso que una actividad programada no pueda ser ejecutada, la unidad de producción no quedará ociosa ya que habrá otra actividad liberada lista para ser asignada a esta unidad de

producción. Y de esta forma podremos estabilizar el flujo de trabajo.

- f) Actualizar y revisar programas de mayor nivel según requerido: A medida que se va avanzando en la ejecución de un proyecto y la look ahead window se mueve, se irá identificando actividades que están siendo reprogramadas por falta de liberación o porque se adelantaron para no dejar unidades de producción ociosas. En ambos casos se debe revisar los hitos definidos en el Master Schedule o en el Phase Scheduling para verificar que estos se puedan cumplir en el plazo propuesto o en caso contrario replantear la fecha para dichos hitos.

DEFINICIÓN DE ACTIVIDADES

En cuanto a la definición de las actividades que irán en el Look Ahead Schedule, Ballard detalla claramente cómo es que se debe proceder.

Antes de entrar en la ventana look ahead (Look ahead Window), las actividades del programa maestro (Master Schedule) o las del programa de fase (Phase Scheduling) son ampliadas a un nivel de detalle adecuado para una asignación a los planes de trabajo semanales, lo que típicamente genera asignaciones múltiples para cada actividad (Weekly Work Plan).

ANÁLISIS DE RESTRICCIONES

Luego que se definen las tareas o asignaciones en el Lookahead Schedule, se procede a realizar el análisis de restricciones de estas asignaciones. Lo cual no es más que identificar los factores que impiden que una asignación pueda ser ejecutada en la fecha y plazo programado. Por ello es importante que el nivel del desglose del Master Schedule sea lo más detallado posible, ya que de esta manera será más fácil realizar este análisis. El objetivo de realizar este análisis de restricciones es el de obtener una reserva de tareas ejecutables (Workable Backlog), que estén liberadas y listas para ser programadas.

La regla general es permitir dentro de la ventana look ahead (Look Ahead Window), o permitir avanzar de una semana a la siguiente dentro de la ventana lookahead, solamente aquellas actividades que puedan ser alistadas para ser completadas puntualmente. Si el planificador no está seguro de poder eliminar las restricciones, las asignaciones potenciales son postergadas a una fecha posterior.

Por lo tanto para lograr el control de flujo de trabajo, que es la finalidad del Look Ahead Planning, se debe coordinar todo lo necesario para que una tarea pueda ser ejecutada. Por ello a esta coordinación para la ejecución futura de una tarea se denomina “liberación de restricciones”, que puede involucrar la liberación de los diseños, los proveedores, la mano de obra, la información, el suministro de maquinaria, etc.

Se considera algunas restricciones como: contrato, diseño, entregas, materiales, trabajo preliminar requerido, espacio, equipos, mano de obra y otros (permisos, inspecciones, etc.). Se procederá a detallar las restricciones que se pueden considerar usuales en la construcción:

- a) **Diseño:** Se hace referencia con esta restricción a las variaciones que puede tener una tarea en cuanto a compatibilización entre planos del proyecto, de especificaciones técnicas o por omisiones en el proyecto.
- b) **Prerrequisitos:** Se refiere a dar frente de trabajo a la unidad de producción que realizara la tarea que se está analizando. Es decir se deben terminar las tareas previas, como por ejemplo: para la tarea de “encofrado de placas” se tiene como prerrequisito que se haya cumplido con la tarea de “habilitación e instalación de acero” que es el paso previo.
- c) **Materiales:** Los materiales necesarios para cada tarea deben estar en obra antes de la fecha de inicio de dicha actividad.
- d) **Mano de obra:** Al momento que se genera el Lookahead Schedule se procede a identificar la cantidad de mano de obra para cada tarea (equilibrio entre carga y capacidad), de tal manera que se tenga mapeado las fechas en que se necesita incrementar o disminuir la mano de obra. De esa manera tendremos que liberar esta restricción haciendo el pedido a Recursos Humanos para la contratación de más personal para la fecha de ejecución de la tarea en análisis, o sino también en redistribuir el personal que ya se cuenta en obra.
- e) **Equipos:** Debemos tomar en cuenta el tiempo que toma en alquilar, comprar, movilizar o reparar una maquinaria para la tarea que estamos analizando, de tal manera que se pueda tener la maquinaria en óptimas condiciones la fecha de inicio de la tarea.
- f) **Calidad:** En muchas de las tareas en una obra se tiene controles de calidad ya sea por parte de la empresa constructora o por un supervisor externo, para ello se debe tomar en cuenta los tiempos de convocar a los responsables de!

control de calidad, tener listos los formatos de calidad, etc. De tal manera que se pueda cumplir antes y después de con todos los protocolos preestablecidos.

g) Otras: En esta categoría podemos colocar todas aquellas restricciones especiales que puedan haber para cada tarea, como permisos, inspecciones, “cancha en obra”, etc.

Hay algunas consideraciones que deben ser tomadas y llenadas en los formatos para el análisis de restricciones, como son: el tener en claro la fecha de inicio de la tarea a evaluar, identificar y detallar las restricciones para luego ubicarlas dentro de los grupos (Diseño, Prerrequisitos, Materiales, etc.), designar a un responsable del levantamiento y seguimiento de restricciones, definir una fecha límite para la cual debe estar liberada la asignación (esta fecha tiene que ser antes de la fecha de inicio).

Además existen dos procesos claves para poder liberar restricciones, estos son la revisión (Screening) y preparación o alistar (Make ready) las restricciones.

La revisión (Screening) consiste en determinar el estado de las tareas dentro del Look Ahead Window en relación a sus restricciones y a la probabilidad de levantar las restricciones, en base de lo cual se decide adelantar o atrasar las tareas con respecto a lo planteado en el cronograma maestro (Master Schedule). Mediante la revisión se tiene la última oportunidad de poder decidir si la tarea ingresa o no al Look Ahead Window ya que si vemos de antemano que las restricciones no podrán ser liberadas para el plazo definido, la tarea debe ser retirada para evitar una falsa expectativa de cumplimiento. Como se puede observar esta es la primera oportunidad que se presenta en el Sistema Last Planner para comenzar a estabilizar el flujo de trabajo.

Debemos tomar en cuenta que la revisión se realiza basado en los tiempos de respuesta de los proveedores de cada una de las restricciones, repitiendo así este análisis en cada ciclo de planificación al actualizar el Look Ahead Window al añadir la siguiente semana a evaluar.

La preparación o alistar (Make ready) restricciones hace referencia a tomar todas las acciones necesarias para levantar las restricciones de las tareas de tal forma que estas sean viables para su ejecución en la fecha programada.

Una vez realizado estos procesos, podemos contar con todas las tareas que se encuentran liberadas de restricciones. A este grupo de tareas sin restricciones y que tienen alta probabilidad de ser ejecutadas según lo programado se conoce como reserva de tareas ejecutables (Workable Backlog).

RESERVA DE TRABAJO EJECUTABLE (WORKABLE BACKLOG)

Como ya mencionamos, la reserva de tareas ejecutables (Workable Backlog) viene a ser la lista de tareas que tiene liberadas todas sus restricciones, por lo que tendrán una alta probabilidad de cumplimiento. Esta lista puede contener diferentes tipos de tareas:

- ✓ Actividades con restricciones liberadas que pertenecen al Workable Backlog de la semana en curso que no pudieron ser ejecutadas.
- ✓ Actividades con restricciones liberadas que pertenecen a la primera semana futura que se desea planificar.
- ✓ Actividades con restricciones liberadas con dos o más semanas futuras (situación ideal de todo planificador).

La finalidad de contar con una reserva de tareas ejecutables, es el de evitar tener unidades de producción ociosas en caso que apareciese algún problema con una tarea que estaba dentro del Plan de Trabajo Semanal (Weekly Work Plan) y ya no pudiese ser ejecutada. Si esto ocurriese pues se tomaría otra actividad de Workable Backlog para que fuera ejecutado por esta unidad de producción evitando así tiempos muertos. Claro que siempre debemos tomar en cuenta que la nueva tarea que se asignará a esta unidad de producción debe ser compatible con sus habilidades.

2.4.4. Plan de trabajo semanal

Hasta el momento se ha detallado tres niveles dentro de la jerarquía del Sistema Last Planner, los cuales son: el Planificación General o Cronograma Maestro (Master Schedule), la programación por fases (Phase Scheduling) y la Planificación Intermedia (Lookahead Schedule). El último nivel dentro de esta jerarquía es el Plan de Trabajo Semanal (Weekly Work Plan) siendo este el de mayor nivel de detalle previo a la ejecución de una tarea y que tiene como objetivo el control de las unidades de producción. Lo que se busca es lograr

progresivamente asignaciones de mayor calidad en base al aprendizaje continuo y con acciones correctivas. El responsable de realizar esta etapa es el denominado último planificador (Last Planner), que puede ser un ingeniero de campo, un maestro de obra, supervisores, etc. Es decir puede ser todas aquellas personas que están como responsables directamente en campo y están en contacto con las unidades de producción.

ASIGNACIONES DE CALIDAD (QUALITY ASSIGNMENTS)

El Weekly Work Plan se elabora en base a la selección de tareas que tenemos de la lista de reserva de trabajo ejecutable (Workable Backlog). Por ello "asignaciones de calidad" (Quality Assignments) se denomina a la acción de escoger que tareas serán ejecutadas en la siguiente semana desde lo que sabemos que tiene alta probabilidad de ser cumplido (Workable Backlog).

Entonces, si tenemos como premisa que solo asignaciones de calidad pueden ser ejecutadas en el Weekly Work Plan, con esto estamos dando una protección al flujo de producción de las incertidumbres, aportando así un flujo confiable de trabajo para las unidades de producción. Algunos criterios de calidad fueron establecidos, los cuales se detallan a continuación:

- a) Definición (Definition): Las tareas deben ser bien definidas y específicas para que no haya dudas al momento de su ejecución, además debemos poder medirlo para saber si la tarea se completó al 100% al término de la semana.
- b) Viabilidad (Soundness): Todas las tareas programadas deben contar con todo lo necesario para que puedan ser ejecutadas en la semana, no solo se trata de contar con los materiales sino también de las tareas previas que deberían estar culminadas.
- c) Secuencia (Sequence): La secuencia de trabajo debe ser lógica, en base a un orden de prioridad y constructabilidad.
- d) Tamaño (Size): La cantidad de trabajo debe ser equilibrado con la capacidad que tengan las unidades de producción y además debemos tomar en cuenta que la tarea produce un trabajo para la siguiente unidad de producción según el tamaño y formatos requeridos.
- e) Aprendizaje (Learning): Se debe tomar nota de aquellas actividades que no llegaron a ser ejecutadas al 100% e identificar las razones de no cumplimiento,

para de esta manera tener una retroalimentación y evitar repetir los mismos errores u omisiones.

PORCENTAJE DE PLAN CUMPLIDO (PPC)

La forma de medir el desempeño del Weekly Work Plan para poder estimar su calidad en cuanto a cumplimiento, se realiza a través del Porcentaje de Plan Cumplido (Percent Plan Complete - PPC). Este paso es importante ya que nos sirve de retroalimentación para poder luego implementar mejoras y aprender de las fallas al momento de asignar una tarea.

El PPC compara lo que se planeó ejecutar versus lo que realmente fue ejecutado, tomando en cuenta que una tarea se considera terminada si es que se concluyó según se especificaba en el Weekly Work Plan. Por ejemplo, si se tiene la tarea de "encofrado de placas" y se planeó encofrar 70m² de placas en esa semana, se considerará culminada la tarea solo si se ejecutaron los 70m², si se ejecutó 65m², consideraremos que no fue concluida ya que no logramos cumplir con lo que especificamos inicialmente, de esta manera podremos evaluar por ejemplo el equilibrio entre carga y capacidad para esa unidad de producción. La manera de obtener el PPC viene de la división del número de tareas completadas que fueron programadas dividido por el total de las tareas programadas para la misma semana, y todo esto lo expresamos como porcentaje.

CAUSAS DE INCUMPLIMIENTO (CI)

Las razones de No cumplimiento o causa de incumplimiento son todas aquellas causas que llevaron a no culminar la tarea programada para la semana. Recordemos que la tarea se considera culminada si es que se concluyó totalmente y no parcialmente. El identificar estas causas nos llevará a una retroalimentación para futuro, ya que podremos ir haciendo una recopilación de las causas más recurrentes y en las que debemos tener más cuidado para las siguientes semanas o para próximos proyectos. Algunas razones de no cumplimiento puede ser las fallas en mano de obra, materiales, causas externas, etc. Pero sobre todo debemos evaluar si es que son referidas a una mala programación, o un exceso de carga para la unidad de producción, falta de procesos claros o quizá funciones no definidas para los ejecutores de la tarea. En conclusión, la importancia de las Razones de No Cumplimiento es el aprendizaje para no volver a repetir estos errores en el futuro.

CAPÍTULO III: PROCESO CONSTRUCTIVO DEL PUENTE

3.1. PROCESOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL PUENTE

El puente sobre la vía Evitamiento es del tipo ménsula y está conformado por tres vanos 75 m – 124 m – 75 m, dando una longitud total de 274 m, la superestructura tiene 8.64 m de ancho que permite desarrollar las dos líneas de riel para soportar la circulación del tren en ambas direcciones. A continuación se describe brevemente cada una de las actividades a desarrollar para la construcción del puente.

3.1.1. Construcción y descabezado de pilotes

Se realizaron trabajos de rellenos los cuales fueron compactados para la conformación de las plataformas, que fueron necesarias para trabajos de pilotaje en los ejes O15, O16, O17 y O18. La plataforma de trabajo fue horizontal, estable y de dimensiones suficientes para permitir el normal desplazamiento de los equipos, tanto para la perforación como para la colocación de la armadura y el vaciado de concreto. Los accesos tuvieron una pendiente máxima de 10° grados.

Se preparó una plataforma de al menos 50 cm firme y compactado con rodillo, el cual brindó la estabilidad necesaria para el tránsito y normal desenvolvimiento de los equipos (ver figura N°3.1). Las dimensiones mínimas recomendadas para la plataforma en planta se muestran en la tabla N°3.1.

Tabla N°3.1: Dimensiones mínimas para la plataforma

DISTANCIA	DISTANCIA EN METROS DESDE EL EJE DEL PILOTE
Hacia el frente (lado osciladora)	4
Hacia atrás (lado máquina base o grúa)	16
Hacia el costado que no gira la máquina perforadora	4
Hacia el costado que gira la perforadora	16

Fuente: Expediente Técnico Final

Estas medidas son sólo referenciales y fueron verificadas para cada equipo y diámetro de pilote a ejecutar. También se consideró, para dimensionar la

plataforma, el espacio a ser ocupado por armaduras, tuberías de perforación, retro-excavadora mixta y camiones mixer.



Figura N°3.1: Compactación de la plataforma

Así mismo, la rasante de la plataforma de trabajo, estuvo situada al menos 1.5m por encima de la máxima cota de nivel freático. Este requerimiento se debe a la necesidad de mantener una sobrepresión hidrostática mínima entre el agua o fluido estabilizante dentro del pozo y el agua de la napa, para evitar sifonaje o para evitar pérdida de estabilidad de la perforación. Las armaduras no sobresalieron sobre la cota de plataforma y quedaron bajo esta cota en por lo menos 20cm y así se pudo garantizar que las orugas del equipo no dañaran a las mismas.

El replanteo se efectuó a cada eje de pilote, señalado de forma que no pueda ser alterado con el movimiento de los equipos. Se situó los adecuados puntos fijos para comprobar, antes del inicio de los pilotes, la correcta posición de los mismos. Normalmente la señalización se realizó mediante la hincada de una varilla de acero o estaca de madera de aproximadamente 40cm de longitud totalmente enterrada y con un alambre sobresaliendo del terreno en su parte superior. Además se marcó con una señal de yeso o pintura visible.

EMPLAZAMIENTO E INICIO DE LA PERFORACIÓN

Previo al posicionamiento en el punto, se colocó la camisa metálica de 6m de longitud en línea con las orugas y con el mástil. Se colocó la camisa y herramienta de perforación (hélice o balde) centrada en la estaca de la referencia o eje del pilote.

Se tomó referencias externas al eje del pilote (normalmente entre 1 y 2 metros), para garantizar la correcta ubicación en planta del eje del tubo de revestimiento. (Ver figura N°3.2).



Figura N°3.2: Verificación de la colocación de la camisa mediante unas guías

Una vez verticalizadas las camisas, hincando las mismas y rotando con la KDK se fue perforando por dentro con la hélice o balde (ver figura N°3.3). Después de haber introducido la camisa en la perforación se comprobó su situación en planta así como su verticalidad.



Figura N°3.3: Colocación de la camisa rotando con la KDK

Cuando se detectaron obstáculos (bloques, bolones grandes, obstáculos artificiales, etc.) sostenidamente en los primeros 5m, se sacó todo el material, empleando retroexcavadora, luego se limpió y se rellenó con material firme y sin grandes bolones.

Al final de la colocación de la camisa recuperable se verificó la inclinación y la excentricidad) por parte de la brigada de topografía (ver figura N°3.4) de acuerdo a las siguientes tolerancias (norma europea EN1536 – 1996):

Posición en planta del eje del pilote en el plano de trabajo:

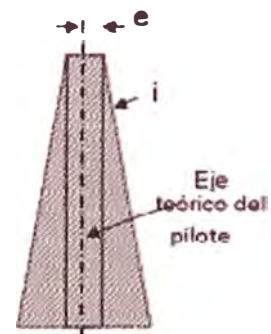
$e \leq e_{max} = 0,1D$ para pilotes con diámetro $D \leq 1,50m$

$e \leq e_{max} = 15cm$ para pilotes con diámetro $D > 1,50m$;

Verticalidad:

$i \leq i_{max} = 0,02$ (2 cm/m)

Profundidad: $\pm 15cm$ en la posición de la armadura.



Tener en cuenta que se considera como centro del pilote al baricentro de la armadura longitudinal, por lo que es posible un pequeño ajuste final.



Figura N°3.4: Verificación de la posición de la camisa por parte de topografía

Ya introducida la camisa se inicia la perforación una vez verticalizada la barra Kelly del equipo y rotando con la cabeza de rotación, utilizando las herramientas apropiadas al suelo a perforar. Se utilizarán baldes, pudiendo usarse también core - barrel o hélice progresiva si se justifica para pasar algún obstáculo. En la figura N°3.5 se puede apreciar la perforación de uno de los pilotes utilizando el hélice.



Figura N°3.5: Perforación de un pilote con hélice

Para garantizar la estabilidad de las paredes de la perforación se usó lodo bentonítico, el cual se va agregando de manera progresiva, previa verificación de sus propiedades (ver tabla N°3.2) y así evitar posibles derrumbes de las paredes. En la figura N°3.6 se puede apreciar la planta de lodo bentonítico.



Figura N°3.6: Planta de lodo bentonítico.

Terminada la perforación se procede a verificar la profundidad del pozo a través de una wincha de lona que lleva una pesa en un extremo (ver figura N°3.7), después de corroborar que se ha llegado a la profundidad requerida se procedió a limpiar el fondo del pozo introduciendo lodo limpio y extrayendo, a través de una bomba, el lodo contaminado con el material de la perforación, para luego trasladarlo a una poza y realizarle los procesos necesarios para su reutilización, previa verificación de las propiedades de la bentonita.

Una vez que se sustituye todo el lodo bentonítico contaminado con material de la excavación con el lodo limpio, se verificó nuevamente las propiedades de la bentonita los cuales deben estar dentro de los parámetros según la tabla N°3.2.

Tabla N°3.2: Parámetros para la reutilización del lodo bentonítico

Propiedad	Unidad	Suspensión en estado:		
		Fresca	Reciclada (lista para reutilizar)	Antes del vaciado
Densidad	g/cm ³	< 1.10	-	<1.15
Cono Marsh	seg	32 a 50	32 a 60	32 a 50
PH		7 a 11	7 a 12	-
Contenido de arena	%vol	-	-	3

Fuente: Norma Europea EN1536



Figura N°3.7: Lectura de la profundidad de la perforación

Una vez verificado que las propiedades del lodo bentonítico son las adecuadas y que no se encuentre arena sedimentada en el fondo de la perforación se puede colocar la armadura dentro de la perforación.

Antes de izar la armadura del pilote se verificó que la colocación de aceros, diámetros, traslapes, etc. esté de acuerdo a los planos de detalle de la armadura de pilotes, aprobados en el expediente técnico (ver Anexo 3).

Debido a la gran longitud de los pilotes, la armadura de los pilotes se dividió en 3 cuerpos, los cuales cada uno de los cuerpos se izaron con una grúa, colocando los grilletes de unos ganchos que se sueldan a los anillos de rigidez (ver figura N°3.8).



Figura N°3.8: Colocación de la armadura del pilote

Una vez que la grúa está posicionada se procede a bajar la armadura del pilote dentro de la camisa teniendo siempre en cuenta la seguridad de los trabajadores, debiendo permanecer alejados de la zona de desplazamiento para evitar accidentes graves en caso que se caiga la armadura.

En cada uno de los izajes se tuvo que trabar la armadura para poder colocar el siguiente cuerpo, por lo que se colocó una barra horizontal entre la camisa y el anillo de rigidez (ver figura N°3.9) de tal manera que soporte el peso de la armadura y así soltar los grilletes de la grúa para poder colocar el siguiente cuerpo. Cada cuerpo será unido a través de un cordón de soldadura para poder garantizar el traslape entre cada armadura como se muestra en la figura N°3.10



Figura N°3.9: Armadura trabada con la camisa a través de una barra horizontal.



Figura N°3.10: Soldadura en los traslapes que unen 2 armaduras del pilote

En los aceros longitudinales del último cuerpo del pilote se colocaron tubos de PVC, de tal manera que el concreto no se adhiriera a estos aceros y sea más fácil el proceso de descabezado. Ver figura N°3.11



Figura N°3.11: Colocación de tubos de PVC para facilitar el descabezado

Una vez colocada toda la armadura del pilote se procede al vaciado teniendo en cuenta ciertas pautas para garantizar la calidad del concreto:

1. Slump de 8" al momento de realizarse el vaciado (puesto en obra), y así mantener durante todo el vaciado la trabajabilidad del concreto.
2. El tamaño máximo del agregado fue de $\frac{3}{4}$ " (nominal de $\frac{1}{2}$ ").
3. La resistencia del concreto fue de 280Kg/cm².
4. Siempre se usó un retardador de pérdida de fluidez de 4 horas, para garantizar la fluidez correcta en todo el proceso de vaciado.

El vaciado se realizó siempre a través del tubo Tremie (ver figura N°3.12), con la técnica de vaciado bajo agua, manteniendo siempre una longitud mínima de 2.50m de tubo dentro de la masa del concreto en todo momento.



Figura N°3.12: Tuberías Tremie

Las tuberías Tremie deben estar limpias por dentro y por fuera. Sobre todo deben evitarse las costras de concreto que se forman por no cuidar la limpieza luego del vaciado.

Para iniciar el vaciado se introdujo una pelota de plástico dentro de la tubería tremie para asegurarse que el concreto llegue hasta el fondo de la perforación (ver figura N°3.13), a medida que el concreto va ingresando dentro de la perforación el lodo bentonítico se va desplazando hacia arriba, debido a que su densidad es menor con respecto al concreto, y a través de una bomba se desplaza hacia la planta de lodo para su tratamiento y reutilización. Ver figura N°3.14.

Luego de verter cada camión, y antes de proceder a la extracción de un tramo de tubo tremie, se midió la posición del concreto y se registró en el parte de ejecución. La medición se repite una vez retirado el elemento, antes de continuar con el vaciado (ver figura N°3.15).

Se tuvo cuidado de extraer un tramo de la tubería tremie siempre que sea posible, manteniendo la longitud mínima ya indicada dentro del concreto.



Figura N°3.13: Colocación de la pelota antes de iniciar el vaciado



Figura N°3.14: Vaciado del pilote



Figura N°3.15: Medición de la ubicación del concreto

El vaciado se realizó hasta que la cabeza del pilote quede a una cota superior a la de los planos, en una magnitud suficiente como para que, al demolerse el exceso, constituido por un concreto de mala calidad o contaminada, el concreto, al nivel teórico de la cabeza, sea de calidad adecuada.

En el caso del Puente sobre la vía de Evitamiento para el descabezado de los pilotes se optó por asumir una altura de 1.5 m.

Una vez terminado el vaciado del pilote se dio un tiempo de espera para que fragüe un poco el concreto (3 hrs. aprox.) para luego sacar la camisa con la pilotera (ver figura N°3.16).

Una vez retirada la camisa se relleno la perforación con material seleccionado y se procedió a perforar el siguiente pilote. En algunos casos se perforó el siguiente pilote mientras se esperaba que las condiciones del lodo sea favorables para iniciar el vaciado del primer pilote perforado, teniendo en cuenta que la distancia mínima en la que se puede perforar debe ser 4 veces el diámetro del pilote para así evitar derrumbes de las paredes del pilote perforado.

Antes de iniciar los trabajos de excavación se procedió a comprobar que el concreto vaciado en los pilotes alcance el 35% de su $f'c$ de diseño, luego del cual

se procede a excavar la zapata hasta el nivel de solado, culminado esta labor se realiza los trabajos de descabezado de pilotes.



Figura N°3.16: Retiro de la camisa.

El descabezado de pilotes se realizó con un fracturador de concreto, teniendo en cuenta los siguientes pasos:

Paso 1.-Determinar el grosor y la ubicación de las barras de acero para perforar entre ellas con la finalidad de lograr una fractura lo más horizontal posible.

Paso 2.-Realizar las perforaciones del barreno en el diámetro, y profundidad requerida para la colocación del equipo quebrantador hidráulico (ver figura N°3.17). La cantidad de perforaciones se determinará en campo.

Paso 3.-Introducir las cuñas del quebrantador hidráulico dentro de las medidas exactas para lograr una fractura rápida (ver figura N°3.18), sin producir ondas de choques, vibraciones, polvo o ruido.

Paso 4.-Proceder a colocar cuñas en los espacios fracturados para evitar que se cierre.

Paso 5.-Proceder a retirar el quebrantador del cabezal fracturado.

Paso 6.-Proceder al izaje del cabezal fracturado con el uso de una la excavadora 330 tal como se muestra en la figura N°3.19.



Figura N°3.17: Perforaciones del barreno para el descabezado del pilote



Figura N°3.18: Fracturación de la cabeza del pilote con el quebrantador hidráulico.



Figura N°3.19: Izaje del cabezal fracturado.

Para poder garantizar la calidad del servicio del pilote se realizaron 2 ensayos no destructivos:

- Prueba de Integridad

La Prueba de Integridad en Pilotes (Pile Integrity Tester) (PIT) está regida por la norma ASTM D5882-07 "Standard Test Method for Low Strain Impact Integrity Testing of Deep Foundations"; esta tiene como propósito determinar la longitud de los pilotes y detectar fallas significativas que pudieran presentarse a lo largo de toda su longitud. Se aplica generalmente a cualquier tipo de pilote. Este método se denomina también Método Sónico, aunque también puede llamarse, Ensayo de integridad de baja deformación o Sonicecho.

Es el método más utilizado internacionalmente y consiste en golpear la cabeza del pilote con un martillo de mano y registrar el movimiento de la cabeza del pilote como consecuencia de la onda de esfuerzo generada por el martillo (ver figura N°3.20).



Figura N°3.20: Prueba de Integridad

El método se basa en el análisis de transferencia de la onda de esfuerzo generada por el impacto del martillo, onda que se transmite hasta la punta del pilote y, luego, se refleja hacia la cabeza del pilote. La onda reflejada permite obtener información de los cambios físicos existentes en el pilote.

- Prueba de Carga Dinámica

Este ensayo está estandarizado por la Norma ASTM 4945 y para poder realizarlo se contó con un equipo estándar de comprobación de Pile Dynamics Inc., Cleveland, Ohio, EE.UU. Este equipo consta de un conjunto de sensores de tensión y aceleración que tienen que ser conectados al pilote y una unidad de procesamiento de la señal y almacenamiento cuya principal función es leer y registrar las propiedades:

Fuerza máxima

Velocidad máxima

Energía aplicada a la pila

Esfuerzo de compresión en la parte superior

Esfuerzo de Tensión estimada a partir de los cálculos de la ecuación de onda

Resistencias CASE para los factores de amortiguación elegidos

Deformación máxima de la cabeza del pilote

Desplazamiento final

Con los valores indicados anteriormente se puede decidir directamente durante las pruebas si las señales están en conformidad con los valores esperados, y dar una estimación de la resistencia del pilote.

Para poder realizar dicho ensayo los pilotes in situ serán excavados y vaciados de concreto de acuerdo con el procedimiento estándar. Con la superficie de concreto a nivel del suelo, una cabeza del pilote especial será construida para recibir el impacto de la masa. Esta cabeza del pilote es una extensión del pilote sobre la superficie que incluye: la colocación de una camisa de acero en la parte superior de la cabeza del pilote (ver figura N°3.21), estribos según diseño en la porción de pilote sin camisa, y con $f'c$ similar o superior al de los pilotes, a efectos de garantizar la capacidad del pilote en esta zona del pilote.



Figura N°3.21: Cabeza de Pilote con superficie de impacto

Los sensores deben colocarse en un nivel de un diámetro por debajo de la cabeza del pilote como se muestra en la figura N°3.22.

Se aplican varios golpes, por caída de la masa a los pilotes, a través de un dispositivo de carga que está compuesto por la masa en un andamio o un tubo de guía. Este andamio debe permitir el ajuste de la posición de manera que la masa golpee el pilote de forma centrada y exactamente en la dirección de su eje como se muestra en la figura N°3.23.

La masa inicial de prueba fue de 20 Tn. y en general se elige una altura de caída pequeña para el primer golpe (que puede ser 50cm.) para el control del equipo electrónico y la verticalidad de la caída de la masa. Después de este golpe de prueba, la altura de caída se aumenta a un valor máximo que puede llegar a ser hasta de 3 m; que será monitoreado por el especialista in situ a través de los sensores instalados al equipo electrónico.



Figura N°3.22: Sensores de tensión y aceleración



Figura N°3.23: Dispositivo de carga

3.1.2. Excavación y construcción de zapatas

Previamente se chequeó el replanteo topográfico del área de trabajo y se procedió a excavar con equipo mecánico la zona de las cimentaciones, hasta llegar a los niveles indicados en los planos de diseño.

Todo el material excavado fue apilado en puntos de acopio, para luego ser eliminado o empleado en rellenos, estos puntos de acopio temporal estuvieron a un mínimo de 5 m. de las excavaciones.

Por seguridad, toda excavación que superó el 1.5m de profundidad contó con un talud de corte con la inclinación recomendada en el estudio de suelos, el cual garantice su estabilidad. Para garantizar la estabilidad en profundidades menores de excavación se determinó en campo la necesidad de un talud de corte con una inclinación idónea al tipo de suelo.

Debido a que la profundidad de la excavación era superior a los 6m. Se optó por realizar una banqueta de 1m de ancho a 3 metros por encima del nivel del solado y con taludes variables tal como se muestra en la figura N°3.24.

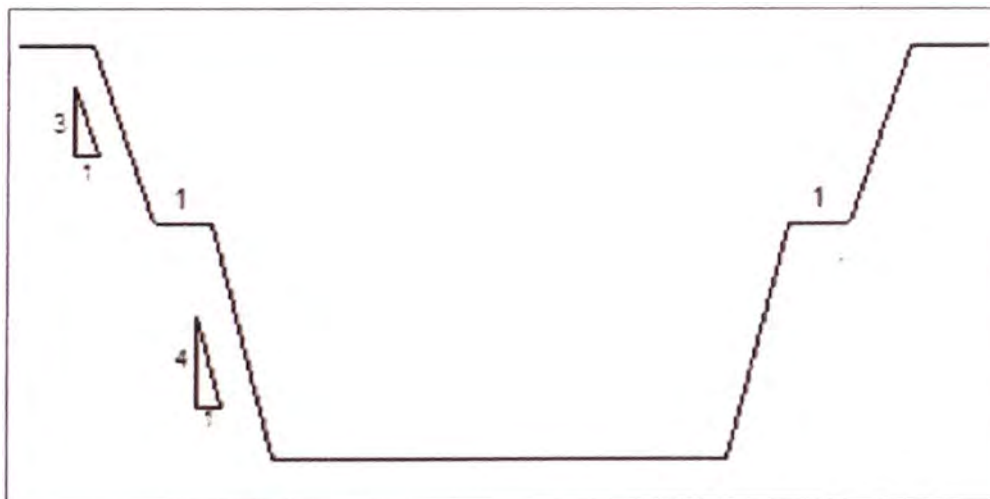


Figura N°3.24: Taludes de excavación de las zapatas - Sección transversal

La excavación se realizó en 2 etapas, la primera a nivel de la banqueta como se muestra en la figura N°3.25; se agregó una mezcla de cemento con agua a los taludes de la excavación para evitar posibles derrumbes y luego la brigada de topografía marcó la posición de los pilotes para que la excavadora proceda con la segunda etapa de la excavación.



Figura N°3.25: Excavación a nivel de la banquetta

Una vez delimitado la posición de los pilotes se procedió a la segunda etapa de la excavación, teniendo mucho cuidado con dañar la estructura del pilote y con el talud definido (ver figura N°3.26).

Descubiertos todos los pilotes se realiza el descabezado de pilotes, las pruebas de integridad y de carga dinámica en los pilotes donde ha sido requerido, cuyas definiciones y procesos se encuentran más detallados en el ítem 3.1.1. Construcción y descabezado de pilotes.



Figura N°3.26: Excavación de la zapata (2da etapa).

Cuando se llegó al nivel del solado con ayuda de una retroexcavadora se niveló el terreno (ver figura N°3.27), para poder realizar el vaciado del solado con concreto $f'c=100 \text{ kg/cm}^2$ y una altura de 5cm, el cual servirá de base para colocar la armadura de la zapata. Ver figura N°3.28.



Figura N°3.27: Nivelación del terreno



Figura N°3.28 Vaciado del solado

Para la colocación de la armadura de las zapatas extremas (O15 y O18) se consideró las dimensiones de zapata según plano del proyecto, el cual señala que las zapatas deben tener dimensiones 9.0m x 9.0m x 3.0m.

En las zapatas centrales (O16 y O17) se consideraron las dimensiones de zapata según plano del proyecto, el cual señala que las zapatas deben tener dimensiones 15.0m x 15.0m x 3.0m y 21.0x15.0x3.5.

La armadura de todas las zapatas del puente sobre la vía Evitamiento cuentan con varillas de diámetro 5/8", 1" y 1 3/8" con acero $f'y=4200$ kg/cm² y recubrimiento igual a 7.5 cm, cabe mencionar que el peso total de acero para el caso de las zapatas extremas por cada zapata es de 40.07 Ton. y para las zapatas centrales es de 123.45 Ton. En promedio.

El armado de la zapata se realizó dentro de la excavación (Ver figura N°3.29) con un promedio de 20 obreros para el caso de las zapatas centrales, los cuales se demoraron 8 días en armar la zapata. Para las zapatas extremas se contó con 12 obreros, los cuales se demoraron aproximadamente 4 días para el armado de acero de dichas zapatas.



Figura N°3.29: Colocación de acero en la zapata O16

Es importante manifestar que el proceso de armado de las zapatas (O15, O16, O17 y O18) terminó cuando la armadura de la columna fue colocada en el interior de la zapata ya que es ahí cuando los aceros superiores de las zapatas que rodean las columnas se terminaron de completar totalmente. Ver figura N°3.30



Figura N°3.30: Armadura de la zapata lista para la colocación de la columna

Para la colocación de concreto masivo en las zapatas del puente sobre la vía de Evitamiento un Estudio Térmico, con el cual, a partir del análisis de temperaturas y tensiones de origen térmico del concreto, se determinaron los parámetros y recomendaciones para la correcta ejecución de estos elementos. Debido a que las zapatas poseen una altura de 3.0 m y se iba a usar una cantidad de concreto mayor a los 500 m³, se determinó que para la colocación de concreto masivo en las zapatas se utilizará cemento Tipo V (menor calor de hidratación), donde la temperatura de colocación no deberá exceder de 22°C ± 2°C, además deberán ser concretadas en 2 etapas, con capas de 1.5m y se deberá respetar un intervalo de 72h (3 días) entre cada capa. Ver figura N°3.31.



Figura N°3.31: Vaciado de concreto de la 1ra etapa de la zapata O16

Culminada la primera etapa del vaciado, en donde se usó aproximadamente 200m^3 de concreto para las zapatas extremas y para las zapatas centrales 450m^3 en promedio, se realizó el control de la temperatura interna del bloque de concreto, a través de termocuplas, a fin de acompañar la evolución de la temperatura del bloque de la zapata, e identificar el momento en que ocurre la temperatura máxima (ver figura N°3.32). Una vez que se ha llegado al pico en la temperatura y este empieza a descender se da inicio a la segunda etapa del vaciado.



Figura N°3.32: Medición de la temperatura del concreto a través de termocuplas

En la superficie horizontal entre las etapas del concretado se realizó el tratamiento a la junta, a fin de garantizar la adherencia entre las dos etapas del concretado, esto se logró aplicando un chorro de agua y aire (“Corte Verde”) antes del fin de la fragua y del vaciado de la siguiente capa. Ver figura N°3.33.



Figura N°3.33: Corte Verde

Para el vaciado de la segunda etapa, en la cual se utilizó 460m^3 en promedio de concreto en las zapatas centrales y 200 m^3 de concreto en las zapatas extremas, también fueron colocadas las termocuplas para poder llevar un control de temperatura de ambas etapas del vaciado. El vaciado de la segunda etapa de la zapata central duró aproximadamente 15 horas y para las extremas 5 horas aproximadamente utilizando dos bombas estacionarias y concreto $f'c = 210\text{ kg/cm}^2$, en la figura N°3.34 se puede apreciar el vaciado de la segunda etapa de la zapata O17.

Es recomendable que en este periodo la superficie del concreto se mantenga siempre húmeda y se mantenga la temperatura del concreto estructural recién colocado; y durante algún periodo de tiempo definido posterior a su colocación, vaciado y acabado, para asegurar la hidratación satisfactoria del cemento y el endurecimiento apropiado del concreto.

Al terminar el vaciado de las 2 etapas se colocaron unas mantas y se le agregó abundante agua como parte del curado del concreto, tal como se muestra en la figura N°3.35.



Figura N°3.34: Vaciado de concreto de la 2da etapa de la zapata O17



Figura N°3.35: Curado vía húmeda utilizando mantas

Se debe mencionar que para poder iniciar el vaciado de concreto tanto de la primera como de la segunda etapa, en primer lugar, se debe haber colocado la armadura de la columna en su posición para luego completar la malla superior de la zapata y así poder tener la armadura de la zapata completa.

3.1.3. Construcción de columnas

A medida que se va construyendo las zapatas también se va armando su respectiva armadura de columna cerca de la zona de cada zapata; en el caso de las columnas para los ejes extremos son monocolumnas y en el caso de los ejes centrales son bi-columnas. Ver figura N°3.36.



Figura N°3.36: Colocación de acero en la armadura de la columna O17

De acuerdo a los planos del proyecto las columnas del Puente sobre la vía Evitamiento son de sección octogonal alargadas transversalmente, cuyas secciones y alturas libres se pueden apreciar en la tabla N°3.3.

Tabla N°3.3: Dimensiones de las columnas o pilares del Puente

COLUMNA	DIMENSIONES		
	LARGO (m)	ANCHO (m)	ALTURA (m)
O15	3.2	2.4	25.10
O16	3.5	1.4	19.5
O17	3.5	1.4	19.5
O18	2.75	1.95	23.50

Fuente: Expediente Técnico Final

La armadura de las columnas centrales (O16 y O17) del Puente sobre la vía Evitamiento cuentan con varillas de acero de diámetro $\frac{1}{2}$ ", $\frac{5}{8}$ ", 1 " y $1 \frac{3}{8}$ " con acero $f'y=4200$ kg/cm² y recubrimiento igual a 4 cm, cabe mencionar que el peso total de acero de cada columna es de 23.087 ton. Para el caso de las columnas extremas (O15 y O18) las varillas de acero son de diámetros $\frac{1}{2}$ ", $\frac{3}{4}$ ", 1 ", $1 \frac{3}{8}$ ", con un $f'y=4200$ kg/cm² y recubrimiento igual a 4cm. Debido a que las dimensiones de las columnas de los ejes O15 y O18 son distintas, los pesos de cada columna también son distintos. El peso total de la armadura de la columna O15 es de 33.910 Ton. y de la armadura de la columna O18 es de 21.662 ton.

Las alturas de todas las columnas del Puente sobre la vía Evitamiento sobrepasan los 20 m., por lo que se elaboró un procedimiento para el izaje de dichas columnas, en donde se mencionó el sistema de arriostamiento en la columna y la colocación de tensores a distintos niveles de las columnas, los cuales son anclados en bloques de concreto. Para dicho izaje se utilizó 2 grúas móviles una de 298 Ton. y la otra de 90 Ton., tal como se muestra en la figura N°3.37.

Luego que las armaduras de las columnas o columna, dependiendo del eje, son colocadas dentro de la zapata y en su posición correcta se procede a completar la malla superior de la zapata.



Figura N°3.37: Izaje de la 2da columna del eje O16

Para el vaciado de concreto de las columnas, debido a su gran esbeltez, fue en tres etapas. Al igual que en la zapata, la superficie horizontal entre las etapas del

vaciado de concreto de la columna, se realizó un tratamiento a la junta a fin de garantizar la adherencia entre las etapas del concretado a través del denominado “Corte verde”.

Para el vaciado de concreto de cada una de las etapas de las columnas del Puente sobre la vía Evitamiento se consideró un concreto premezclado de $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ y slump de 4” a 6”, debido a la altura del vaciado de cada etapa se utilizó una bomba, el cual ingreso a través de una ventana que se acondiciono entre la armadura de la columna para que pueda ingresar la manga de la bomba y poder vaciar con una altura no mayor a 1.5 m para así evitar la segregación de la piedra.

El volumen de concreto colocado en obra para las columnas centrales fue de 159.7 m^3 , en cambio en las columnas extremas O15 y O18 fueron de 132.16 m^3 y 76.76 m^3 respectivamente, puesto que cada columna extrema tienen secciones y alturas distintas. En la figura N°3.38 se puede apreciar el vaciado de la tercera etapa de las columnas O16.

En el caso del desencofrado de cada etapa se realizó después de 48 horas de haber terminado el vaciado. Inmediatamente después del desencofrado se procedió a agregarle 2 capas del curador químico (antisol) utilizando un rociador con un flujo entre 0.20 a 4.0 litros/minuto. Luego de haber aplicado el curador químico no fue necesario el curado vía húmeda.



Figura N°3.38: Vaciado de concreto de la 3ra etapa de las columnas.

3.1.4. Construcción de vigas cabezales

En los ejes O15 y O18 se construyeron vigas cabezales, cuya geometría fue diseñada para que por un lado reciba a la dovela extrema de cierre y por el otro lado a 4 vigas prefabricadas longitudinales que forma parte del viaducto elevado del Metro de Lima.

La armadura de las vigas cabezales cuentan con varillas de acero de diámetros 3/8", 5/8", 3/4", 1", 1 3/8", con un $f'y=4200$ kg/cm² y recubrimiento igual a 5cm. En la figura N°3.39 se puede apreciar el proceso de armado de la viga cabezal.

Con respecto al concreto utilizado en obra, este se consideró premezclado de $f'c = 280$ kg/cm² y slump de 4" a 6" y temperatura máxima de 32°C. El volumen colocado para la viga cabezal de los ejes O15 y O18 son de 31.1 m³ cada uno.

Cabe mencionar que las vigas cabezales de los ejes O15 y O18 por tratarse de cabezales de junta no llevan las restricciones longitudinales (las cuales impiden los desplazamientos de la superestructura en las direcciones longitudinal y transversal al eje del viaducto), pero si se colocó una llave de corte central, cuya función es de impedir los desplazamientos transversales al viaducto elevado; además al no llevar restricciones longitudinales la estructura podrá desplazarse en dicha dirección a través de la junta sísmica de diseño (37.5cm), liberando la energía inducida por algún evento sísmico.

Una vez vaciado y curado el concreto se procedió a colocar el grout o capa nivelante que consiste en una mezcla cementicia de alta resistencia, con áridos especiales de granulometría controlada, aditivos de avanzada tecnología, exentos de cloruros y componentes metálicos que sirve como elemento de conexión entre un elemento de concreto con otro cuerpo que requiere una superficie nivelada. El grout nivelante se coloca directamente sobre la superficie del concreto en áreas de 0.50 m x 0.40m o 0.70 m x 0.40m el cual previamente se escarifica la zona y se procede a humedecer durante 24 horas, una vez colocado el grout se procederá a colocar el apoyo de neopreno (el cual está formado por planchas de acero de 3 milímetros de espesor) que es donde se apoyará la viga prefabricada. Ver figuras N°3.39 y 3.40.

La geometría de las vigas cabezales del Puente sobre la vía evitamiento, además de la distribución, traslapes, posición, diámetros, etc. de los aceros, se pueden apreciar con mayor precisión en los planos dentro del Anexo 3.



Figura N°3.39: Colocación de acero en la viga cabezal – eje O18.



Figura N°3.40: Colocación del grout y neopreno – eje O15.

3.1.5. Construcción de la dovela de arranque

Las dovelas de arranque fueron construidas en los ejes centrales (O16 y O17) del Puente sobre la vía Evitamiento, a partir de las cuales se colocaron los carros de avance para construir las subsiguientes dovelas en volado.

Para la construcción de las dovelas de arranque se tuvieron que implementar 2 Torres grúas ubicadas en paralelo al eje del viaducto, trabajando en cada uno de los ejes O16 y O17, tal como se muestra en la figura N°3.41. Para el ensamblaje de las torres grúa se siguió el siguiente proceso:

- Como base de la torre grúa se construyeron zapatas de dimensiones 7.5 x 7.5 x 1.2m para la torre grúa Pecco SK 140 y para la torre grúa Pecco 1400.
- Colocación del cuerpo base acoplado a sus cuatro anclajes.
- Vaciado del cemento de la torre grúa.
- Instalación de los siguientes cuerpos y la transición controlando el ajuste de pernos a 1800 lb. Ver figura N°3.42
- Colocación de la tornamesa, para esta etapa fue necesario verificar la horizontalidad de la misma. Este componente tiene un peso de 9 ton. Ver figura N°3.43.
- Instalación del plumín sobre la tornamesa, una vez instalados los pines de soporte se verificó que los seguros se encuentren posicionados en forma correcta.
- Instalación de la contraflecha sin contrapesos, en ese punto se verificó el correcto posicionamiento de los templadores de acople y que los pines de acople estén bien instalados en la tornamesa cada uno con su respectivo seguro.
- Instalación de dos contrapesos ubicados en el extremo de la contraflecha. Se verificó que los pines de aseguramiento de los contrapesos estén centrados. Ver figura N°3.44.
- Acople de la pluma a la tornamesa mediante dos pines con su respectivo seguro; se verificó la perfecta alineación de los pines y seguros a la tornamesa para luego acoplar los templadores de la pluma a la parte alta del plumón de igual forma con sus pines y seguros. Ver figura N°3.45.

- Colocación de los cuatro contrapesos restantes para equilibrar la pluma, de igual forma se verificó la correcta posición de los pines de aseguramiento. En total solo se utilizaron solo 6 contrapesos de 2.5 ton. cada uno.

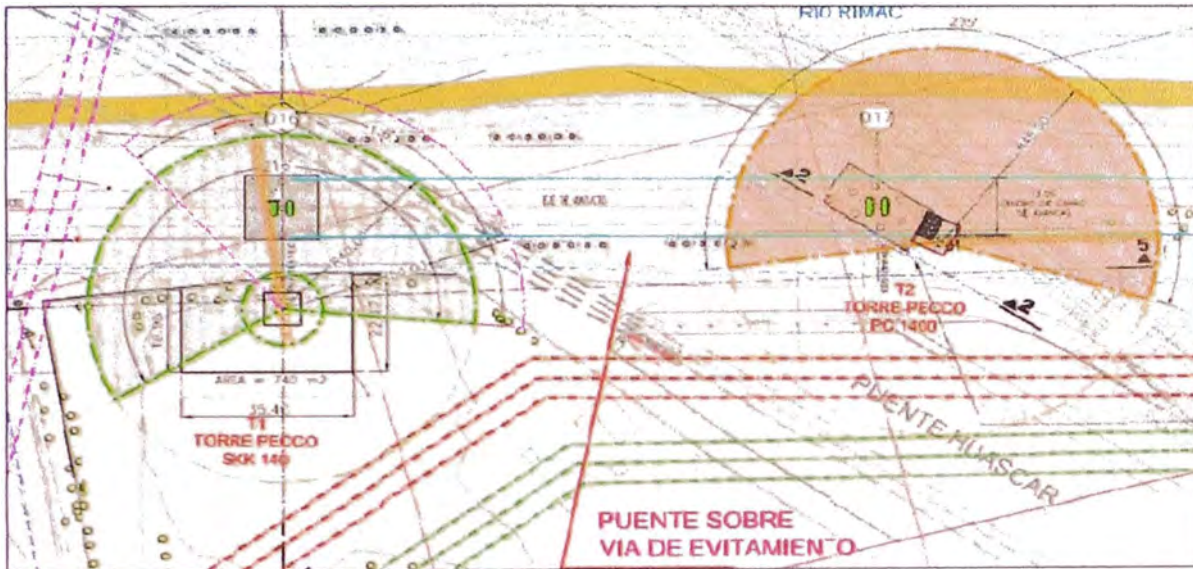


Figura N°3.41: Ubicación de las Torres Grúa - Planta



Figura N°3.42: Instalación de los siguientes cuerpos – Eje O16



Figura N°3.43: Colocación de la tornamesa – Eje O16.



Figura N°3.44: Instalación de dos contrapesos ubicados en el extremo de la contraflecha – Eje O16.



Figura N°3.45: Acople de la pluma a la tornameza – Eje O16.

Para el vaciado de concreto de cada una de las etapas de las dovelas de arranque del Puente sobre la vía Evitamiento se consideró un concreto premezclado de $f'c = 420 \text{ kg/cm}^2$ y slump mayor a 8", con aditivos Polyheed 770R (aditivo retardante inicial y reductor de agua de medio rango) y Glenium 3800 SCM (aditivo reductor de agua de alto rango).

La armadura de las dovelas de arranque del Puente sobre la vía Evitamiento cuentan con varillas de acero de diámetro $\frac{1}{2}$ ", $\frac{5}{8}$ ", $\frac{3}{4}$ ", 1" y $1 \frac{3}{8}$ " con acero $f'y=4200 \text{ kg/cm}^2$ y recubrimiento igual a 4 cm en la parte interior del alma de la dovela y 5 cm. en la parte exterior del alma de la dovela. En el caso de las losas, tanto inferior como superior, el recubrimiento fue de 5 cm.

El proceso de construcción de la dovela de arranque se realizó mediante tres fases: Losa inferior, Almas y Losa superior (ver figura N°3.46). La losa inferior y la losa superior fueron unidas a través de barras $\phi 36\text{mm}$ Y11030, éstas son conectadas entre ambas losas a través de las almas de la dovela para así luego de tensar poder volver monolítico toda la dovela.

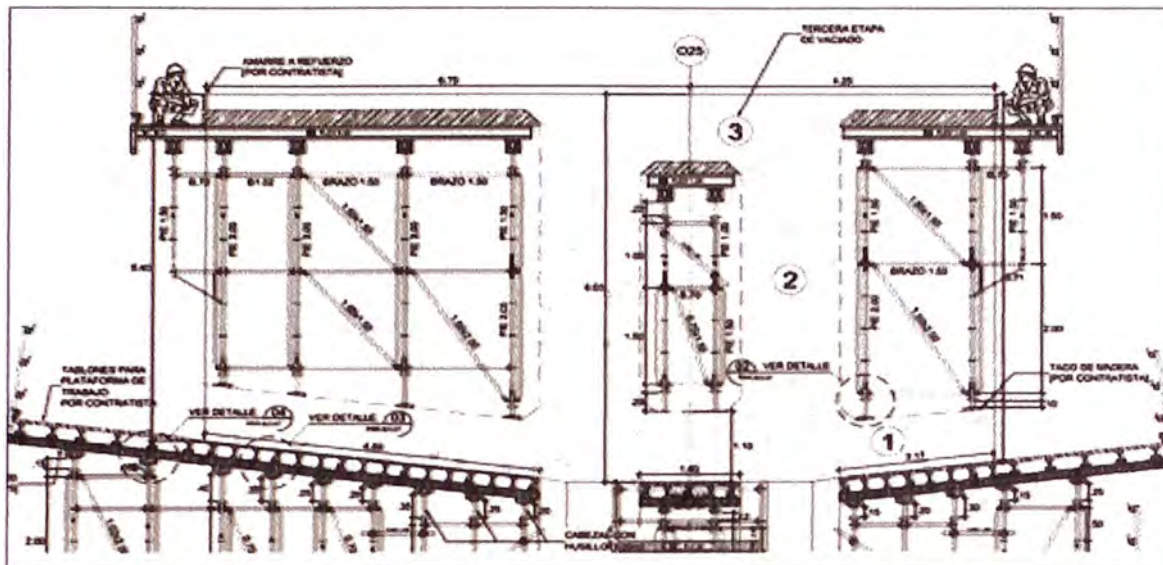


Figura N°3.46: Procesos de construcción de la Dovela de Arranque

Dichas barras son barras roscadas de alta resistencia, que se instalaron en las Dovelas de arranque (32 unidades/Dovela) y en las dovelas extremas (12 unidades/Tramo) del Puente sobre la vía evitamiento.

Las Principales características de las barras que se utilizaron en este proyecto son las siguientes:

- Diámetro nominal: 36 mm
- Área nominal: 1019 mm²
- Tensión de rotura: 1030 Mpa

Los anclajes del sistema de barras es compuesto por:

- Placas de apoyo, con dimensiones de 150x220x50mm, tipo WR2012-36. En estas placas será soldado un tubo de acero para conexión de los ductos PT.

En la primera fase de la construcción de la dovela de arranque se construyó la losa inferior realizándose las siguientes actividades, colocación de plataforma de sustentación de los encofrados, incluyendo el montaje del encofrado de la losa inferior, ubicación e instalación de las barras de postensado ($\phi 36$ mm Y11030), incluyendo las placas de apoyo y sus respectivas tuercas, en el fondo de la losa, en su posición definitiva; teniendo en cuenta la longitud de las barras, instalación de las armaduras complementarias de refuerzo en el fondo de la losa, instalación

del tubo de ventilación en la placa en el fondo de la losa, fijándose adecuadamente a las armaduras adyacentes para evitar desplazamientos durante el vaciado del concreto de la 1ª fase. Ver figuras N°3.47, N°3.48, N°3.49 y N°3.50.



Figura N°3.47: Colocación de losa de fondo de la dovela de arranque



Figura N°3.48: Habilitación y colocación de acero en la losa inferior.



Figura N°3.49: Encofrado de la losa inferior.



Figura N°3.50: Vaciado de la losa inferior.

En la segunda fase, se ejecutaron las almas de la dovela y los arriostres transversales, en la primera etapa ya se tenía encofrado los laterales del alma en la parte exterior. Entonces en esta etapa se habilitó y se colocó la armadura pasiva del alma y de los arriostres centrales, luego se continuó con el encofrado de arriostres y el alma lateral, se agregó el ducto de PT a la barra previamente instalada en la primera fase, utilizando la respectiva copla para que el ducto PT alcance la parte superior del muro, se ejecutó el vaciado del concreto de la segunda fase y después de que el concreto haya adquirido cierta resistencia se procedió al desencofrado. Parte del proceso se puede apreciar en las figuras N°3.51 y N°3.52.



Figura N°3.51: Armadura de las almas de la dovela de arranque.



Figura N°3.52: Encofrado de las almas de la dovela de arranque.

En la tercera fase, las actividades que se realizaron aquí son; encofrado interior de la losa superior, ubicación e instalación de las placas de apoyo en la losa superior, las cuales se fijarán firmemente e en las armaduras de soporte, de acuerdo con los planos, conectar el ducto PT en las placas de apoyo, instalación de las armaduras complementarias de refuerzo en la losa superior, montaje del tubo de ventilación en la placa de apoyo de la losa superior, el cual se fijó en las armaduras para evitar desplazamientos durante el vaciado, concluir el encofrado de las cajuelas de las placas de apoyo, de acuerdo a lo especificado en los planos, vaciado de concreto de la tercera fase y retiro de encofrados. Ver figuras N°3.53 y N°3.54.



Figura N°3.53: Colocación de los anclajes de las barras roscadas en la losa superior



Figura N°3.54: Encofrado de la losa superior de la dovela de arranque.

El desencofrado de cada una de las etapas de la dovela de arranque se realizó luego de 24 horas de haberse culminado cada vaciado (Ver Figura N°3.55), en los elementos horizontales el curado fue de tipo químico, se esparció sobre la superficie de concreto expuesto de tal manera que se obtenga una membrana impermeable fuerte y continua que garantice la retención de agua, evitando su evaporación.

En las estructuras correspondientes a las losas inferior y superior se aplicó:

- Reductor de evaporación

Es un líquido que forma una película monomolecular, cuando se rocía sobre la superficie de concreto, retardando la evaporación, es eficaz para combatir condiciones de secado rápido tales como temperaturas elevadas del concreto, vientos fuertes, luz solar directa.

Se aplica en forma de rocío sobre la superficie del concreto fresco de las losas, inmediatamente después de la nivelación o dar el acabado final.

- Curador Químico – Base Parafina:

Es un líquido compuesto químico, que cumple con la norma ASTM C-309 “Especificación para compuestos líquidos que forman membrana para curar concreto”. Al aplicarse sobre el concreto fresco, se produce una

película de baja permeabilidad que evita la pérdida prematura de humedad y garantizar un completo curado del concreto.

Se aplicó en dos capas de curador químico, de acuerdo a:

Primera capa: Se realizará tan pronto desaparezca el agua de exudación del concreto, situación fácilmente detectable pues la superficie cambia de brillante a mate (entre las 2 y 3 horas después del vaciado)

Segunda capa: Después de 18 horas del colocado del concreto.

- Membrana saturada de agua

Adicionalmente al curado químico, después de 24 horas del colocado del concreto, se utilizará un sistema de mantas y/o yute humedecido sobre la superficie de las losas.

El curado en los elementos verticales se realizó al término de la colocación del concreto en los muros de las dovelas, los encofrados verticales permanecen por 18 horas, este confinamiento lateral evita la pérdida de humedad. Después de retirar el encofrado se aplica inmediatamente una capa de curador químico sobre las superficies verticales tanto de la losa como de las almas.



Figura N°3. 55: Desencofrado dovela cero – eje O17

Una vez desencofrado toda la estructura de la dovela de arranque se empezó con el tensado de barras teniendo en cuenta los siguientes puntos:

1. Desencofrado de las zonas de anclajes activos.
2. Verificación del estado del concreto en el área de ubicación de la placa de apoyo (anclaje activo), evitando la presencia de “cangrejeras”, en cuyo caso se deberá proceder a su adecuada reparación.
3. Preparación del Protocolo de Tensado de acuerdo con las especificaciones técnicas del proyecto, indicando las fuerzas de tensado y las elongaciones esperadas en las barras.
4. Los elementos del sistema de anclaje (tuercas, barras y acoples) deberán estar limpios y exento de cuerpos extraños.
5. Equipos de tensado preparados, conectados y en condiciones de funcionamiento adecuados. (Gato, central hidráulica, manómetro de presión).

La preparación para la operación de tensado fue de la siguiente manera: colocación de tuerca, manguito tensor y barra de extensión, colocación del gato hidráulico con la respectiva silla, colocación del anclaje tensor con su respectiva placa de apoyo y conectar el gato a la central hidráulica. Ver figuras N°3.56, N°3.57, N°3.58 y N°3.59.



Figura N°3.56: Colocación de la tuerca y el manguito tensor



Figura N°3.57: Colocación de la barra de extensión



Figura N°3.58: Colocación de la silla



Figura N°3.59: Colocación del gato hidráulico

La fuerza de tensado y el monitoreo del tensado se controla observando un manómetro de presión calibrado y verificando la elongación o estiramiento aplicado en la barra de acuerdo con las etapas definidas en el Protocolo de tensado. Ver figuras N°3.60 y N°3.61.



Figura N°3.60: Monitoreo del tensado y de la presión a través del manómetro



Figura N°3.61: Verificación de la elongación de la barra roscada

Al aplicar presión en el gato, el pistón de este ejerció una fuerza contra el anclaje tensor que está en la parte posterior del gato. Al alcanzar la presión manométrica prevista, se ajustó la tuerca del anclaje activo de la barra, utilizando para ello la abertura en la cara frontal de la silla de tensado. Una vez ajustada y apretada la tuerca del anclaje activo, se liberó la presión en el gato y se retiró todo el equipo de tensado además de sus accesorios.

Además del tensado de barras se realizó un postensado de cables, debido a que la dovela de arranque se construyó en voladizo por ambos extremos y en direcciones opuestas, los cuales atraviesan de extremo a extremo por toda la losa superior, para poder equilibrar fuerzas.

Haciendo uso de un gato hidráulico se realizó el postensado de los cables, tal como se muestra en la figura N°3.62

La geometría de las dovelas de arranque, además de la distribución, traslapes, posición, diámetros de los aceros, posición de los ductos de postensado, posición de las barras de postensado, etc. se pueden apreciar con mayor precisión en los planos dentro del Anexo 3.



Figura N°3.62: Colocación del gato hidráulico para el postensado de cables- Dovela de arranque eje O16

3.1.6. Construcción de las dovelas sucesivas

Las dovelas sucesivas, las cuales tiene una longitud de 5 m. y 8.64 m de ancho y de peraltes variables cada una, fueron construidas a partir de las dovelas de arranque de los ejes centrales (O16 y O17) del Puente sobre la vía Evitamiento hacia los ejes extremos (O15 y O18), haciendo uso de los carros de avance (2 por cada eje central).

Cada carro de avance consiste en la estructura metálica donde se fue montado el encofrado que se utilizó para ejecutar las dovelas en voladizo. Cada carro de avance está equipado con cilindros hidráulicos que le permiten cambiar su forma de apoyo de fijo a móvil. También está equipado de cilindros hidráulicos que le permiten ser auto-lanzable de una dovela a la siguiente. De éste modo, se permite la construcción del tablero por medio de dovelas sucesivas.

El Puente sobre la vía Evitamiento está conformado 48 dovelas sucesivas y 3 dovelas de cierre (2 extremas y 1 central). Tal como se muestra en las figuras N°3.63 y N°3.64.

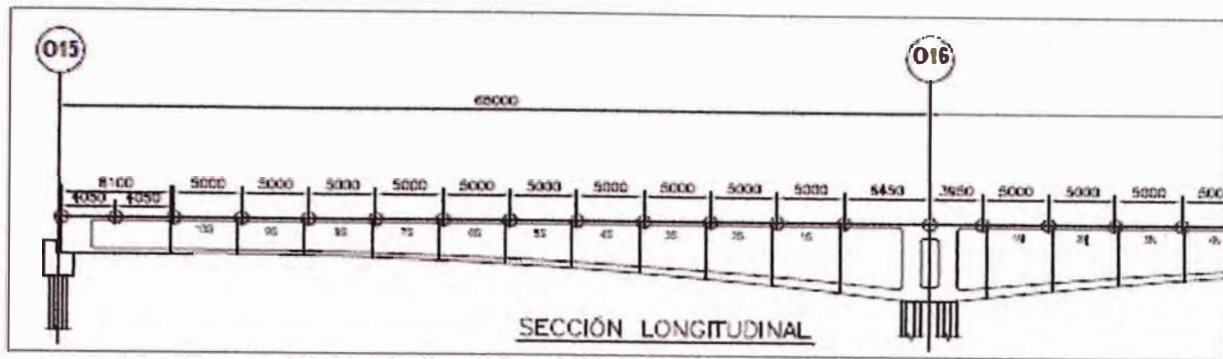


Figura N°3.63: Dovelas del eje O15 hacia el claro central - Elevación

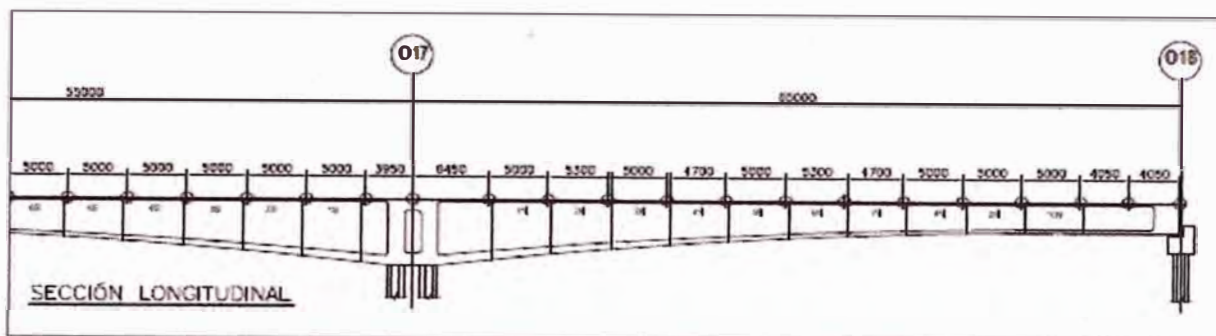


Figura N°3.64: Dovelas del claro central hacia el eje O18 - Elevación

Para el vaciado de concreto de cada una de las dovelas sucesivas del Puente sobre la vía Evitamiento se consideró un concreto premezclado de $f'c = 420 \text{ kg/cm}^2$ y slump mayor a 8", con aditivos Polyheed 770R (aditivo retardante inicial y reductor de agua de medio rango) y Glenium 3800 SCM (aditivo reductor de agua de alto rango).

La armadura de las dovelas sucesivas del Puente sobre la vía Evitamiento cuentan con varillas de acero de diámetro $\frac{1}{2}$ ", $\frac{5}{8}$ ", $\frac{3}{4}$ ", 1" y $1 \frac{3}{8}$ " con acero $f'y=4200 \text{ kg/cm}^2$ y recubrimiento igual a 4 cm en la parte interior del alma de la dovela y 5 cm. en la parte exterior del alma de la dovela. En el caso de las losas, tanto inferior como superior, el recubrimiento fue de 5 cm.

En el proceso de montaje de los carros de avance se desarrolla las principales actividades de ensamble y preparación de las plataformas inferiores (Bottom Form - BF) con sus respectivas plataformas de seguridad (Safety Platform - SP). Por otra parte, se realizaron actividades para montar correctamente los elementos previamente pre-ensamblados en el suelo. Las actividades de montaje comenzaron una vez concluida la ejecución de cada una de las dovelas de arranque de los ejes O16 y O17, incluyendo el postensado de barras y cables de

postensado, y terminado el desencofrado y la cimbra de las dovelas de arranque. En las figuras N°3.65, N°3.66, N3.67, N°3.68, N°3.69, N°3.70, N°3.71 y N°3.72 se muestran el proceso de ensamble de los carros de avance.



Figura N°3.65: Colocación de los rieles



Figura N°3.66: Izaje del marco principal.



Figura N°3.67: Colocación del marco principal.



Figura N°3.68: Marcos principales colocados en ambos sentidos.



Figura N°3.69: Colocación de la plataforma exterior (outer form).



Figura N°3.70: Colocación de la plataforma exterior (outer form) y de la plataforma interior (inner form).



Figura N°3.71: Plataforma exterior (outer form) y Plataforma interior (inner form).



Figura N°3.72: Izaje de la plataforma inferior (bottom form) y de la plataforma de seguridad (safety platform).

Una vez concluido el ensamble y montaje de los carros de avance se realizó el proceso de construcción de las dovelas sucesivas de la siguiente manera:

- a) **Habilitado de acero en losa inferior:** el habilitado de acero en la sección se inicia con la losa inferior. Ver figura N°3.73.



Figura N°3.73: Habilitación de acero en la losa inferior

- b) Encofrado del resto de la sección:** Los encofrados interiores se encuentran abiertos limpios, con su correspondiente capa de desmoldante, durante las operaciones del carro y habilitado de acero de la losa y demás elementos. Cuando finaliza esta última operación, el encofrado interior se despliega y se coloca en su posición, sujetándolo en primer lugar a la zona delantera de la dovela anterior.
- c) Habilitado y colocación de vainas de la losa superior:** primero se procede a colocar la armadura inferior de la losa. Luego las vainas de los cables de tensado se montan utilizando como referencia el acero colocado y sujetándolas con este acero, para evitar su movimiento durante el concretado. El proceso de las dovelas sucesivas precisa de dos grupos simétricos respecto al eje del tablero de cables horizontales. Conforme continúa el proceso, se van anclando cables por cada pareja de dovelas. Después de la colocación de las vainas de tensado del proceso constructivo, se coloca la capa superior de la armadura de la losa. Ver figura N°3.74.



Figura N°3.74: Losa superior de la dovela

- d) **Nivelación definitiva del carro:** cuando la dovela está lista para ser vaciada con el concreto se debe hacer un replanteo topográfico, para proceder a levantar el carro hasta aproximarlos a las cotas dadas en el proyecto.
- e) **Vaciado de concreto en la dovela:** El vaciado de concreto comienza con la ejecución de la losa inferior de la sección transversal. Después se concreta los muros de la sección lentamente y por capas de 0.50 metros. Finalmente se vacía el concreto de la losa superior en todo el ancho de la dovela. Ver figura N°3.75.



Figura N°3.75: Vaciado de las dovelas 1N y 1S – Eje O17

- f) **Desencofrado de las dovelas:** al día siguiente del vaciado de concreto se procede a desencofrar las caras laterales.
- g) **Curado del concreto:** Las superficies expuestas deben curarse para evitar su fisuración por un proceso no controlado de contracción. Este cuidado es necesario si tenemos en cuenta el tipo de concreto que constituye el tablero del puente; al tratarse de un concreto de alta resistencia con un alto contenido de cemento, se producen fuertes calores de hidratación a corto plazo. El curado del concreto debe iniciarse en el momento en que se inicia el fraguado.
- h) **Tensado de los cables de refuerzo:** se debe indicar el orden de tensado, las fuerzas de tensado, y las presiones equivalentes según los equipos utilizados, así como las elongaciones teóricas previstas y las tolerancias. Ver figura N°3.76.



Figura N°3.76: Colocación del gato hidráulico para el tensado.

- i) **Inyección de vainas:** la lechada de inyección para las vainas se fabrica sobre el tablero, situando sobre el mismo la mezcladora y la bomba de inyección, la inyección se introduce a través de los tubos de PVC de purga que se han conectado a las vainas. Dicha lechada es una mezcla de Cemento Tipo IPM, agua, aditivo superplastificante (viscocrete 20 HE) y un

aditivo expansor (intraplast).

- j) Avance y fijación del carro:** una vez que el concreto alcanza la resistencia que necesita el concreto según cada proyecto, en el Puente sobre la vía Evitamiento debe llegar a 280 Kg/cm^2 para que se inicie el postensado de los cables y de esta manera ir cociendo las dovelas. Luego con el sistema hidráulico se mueve el carro y los encofrados interiores y exteriores (ver figura N°3.77). Con el avance del carro, se anclan el encofrado inferior de la losa inferior y las alas de los encofrados laterales a la sección recientemente ejecutada y luego se procede al posicionamiento del carro, perfectamente horizontal y nivelado en su posición definitiva.



Figura N°3.77: Corrida del carro de avance.

La construcción de cada dovela sucesiva se realizó aproximadamente en 5 días después de haber corrido el carro de avance, ese tiempo incluye desencofrado, tensado de cables, colocación de la armadura, liberación topográfica y vaciado de concreto de la dovela. Los carritos de avance según el eje se denominaron como las figuras N°3.78.

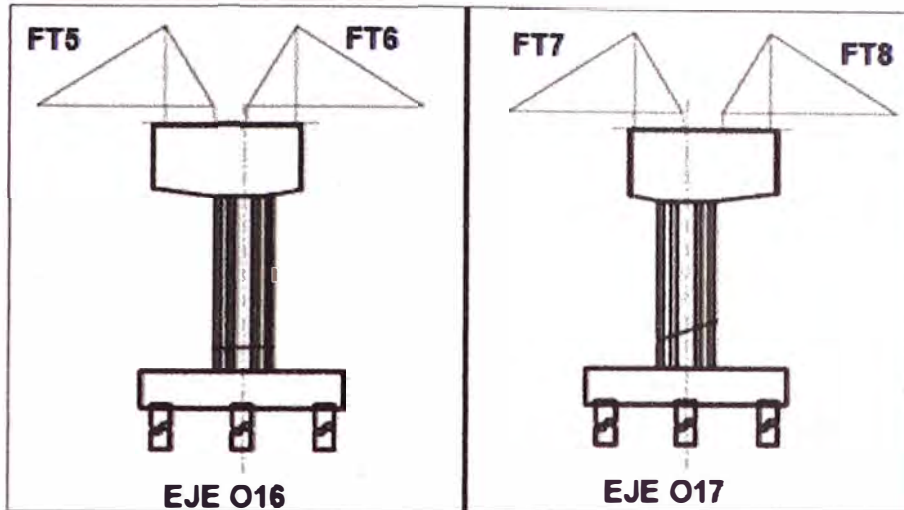


Figura N°3.78: Carros FT5 – FT6 y Carros FT7 – FT8

En la figura N°3.79 se puede apreciar los 4 ejes que corresponden al Puente sobre la vía de Evitamiento, además de la distribución y denominación de los carritos de avance que se movilizan desde los ejes centrales hacia los ejes extremo.



Figura N°3.79: Foto panorámica de la construcción del Puente sobre la vía Evitamiento mediante Dovelas Sucesivas

Una vez que todas las dovelas sucesivas se construyeron, éstas serán conectadas con la dovela de cierre (central) y de esta manera, el tramo principal (124 m.) se hace continuo por medio del vaciado de un segmento de 2 metros de largo aproximadamente.

Justo antes de realizar la dovela de cierre central, se estudiaron y se ajustaron las contraflechas y desniveles entre las dovelas a unir para que el cierre se produzca en una transición geométrica suave.

El vaciado de la dovela de cierre se realizó solamente con un carro de avance, es decir el carro de avance FT7 se trasladó hacia el eje central y el carro de avance FT6 retrocedió hacia la dovela 4N, como se puede apreciar en la figura N°3.80.



Figura N°3.80: Vaciado de concreto de la dovela de cierre central

Una vez vaciada la dovela de cierre central se ejecutaron los trabajos en los tramos laterales construyendo las dovelas extremas. Las dovelas extremas que son de 8.25 metros (aproximados) y que están situados en los ejes O15 y O18, no se pudieron construir mediante la técnica del voladizo. Esta parte se construyó sobre apoyos de carácter temporal y en dos etapas. La primera etapa de las dovelas extremas fue de 6.25 m. de longitud y fue vaciada mientras se iban avanzando con las demás dovelas sucesivas. Posteriormente se vaciaron los 2 últimos metros, los cuales se denominaron dovelas de cierre extrema.

Para poder realizar el sistema de encofrado de dichas dovelas de cierre extremas también se utilizaron apoyos temporales. Ver figuras N°3.81, N°3.82 y N°3.83.



Figura N°3.81: Apoyos temporales para las dovelas extremas – Eje O15.



Figura N°3.82: Dovela extrema lateral – Eje O15



Figura N°3.83: Dovela de cierre extrema – Eje O18

En la construcción de las dovelas sucesivas tanto en el claro principal como en los claros laterales se acondicionaron unos cuñas para tensado (blíster) dentro de las dovelas para luego del vaciado colocar los cables de tensión en el claro principal y cable de tensión en los claros laterales (ver figura N°3.84) cuyo objetivo es lograr la continuidad de la viga y para resistir los momentos resultantes de flexión, los

cuales se tensan una vez terminado de construir todas las dovelas de cierre (central y extremas).



Figura N°3.84: Blister dentro de las dovelas sucesivas

En el transcurso de la vida útil del puente éste sufrirá deflexiones por lo que se construyó 4 muros diafragma, dentro de las dovelas específicamente en las dovelas 7N y 7S del eje O16 y en las dovelas 7S y 7N del eje O17, diafragmas internos que forma parte de las dovelas de arranque y de las dovelas extremas por donde pasaran 4 ductos de postensado, cuya función sea resistir y transferir la fuerza de sustentación generada por el postensado de los tendones futuros. La finalidad de dichos tendones futuros es poder ampliar el tiempo de vida útil del puente. Ver figura N°3.85.



Figura N°3.85: Diafragmas internos en la dovela de arranque, dovela extrema y dentro de las dovelas sucesivas para los tendones futuros

Durante la construcción de las dovelas mientras se llega al centro del vano y después de ejecutar la última pareja de dovelas, se continúa con el desmontaje de los carros de avance. Los carros situados en extremos (FT5 y FT8) se desmontan con la ayuda de las grúas, mientras que los carros ubicados en el centro del tablero (FT6 y FT7) se desplazan hacia atrás, es decir a su eje respectivo, para luego proceder a desmontarlo. Ver figura N°3.86.



Figura N°3.86: Desmontaje del carro de avance

La geometría de las dovelas sucesivas, de las dovelas de cierre y de los blíster, distribución, traslapes, posición y diámetros de los aceros, posición de los ductos de postensado, posición de las barras de postensado, etc. se pueden apreciar con mayor precisión en los planos dentro del Anexo 3.

CAPÍTULO IV: PLANEAMIENTO Y GESTIÓN DE PROCESOS APLICADO AL PROYECTO

4.1. PLANIFICACIÓN MAESTRA

La Planificación Maestra del Proyecto, Ejecución del Puente Sobre la Vía Evitamiento fue elaborado por medio del Software MS Project, mediante este programa se trazaron las metas generales del proyecto plasmando las fechas o hitos de inicio y termino de las actividades teniendo en cuenta las duraciones para cada proceso, las fechas para cada fase se muestran en la tabla N°4.1.

Tabla N°4.1: Fechas de las Fases de Construcción del Puente sobre la Vía Evitamiento

Descripción	Duración	Comienzo	Fin
Construcción Puente Sobre Vía Evitamiento	267 días	sáb 12/01/13	mar 19/11/13
Voladizo O17	226 días	sáb 12/01/13	mié 02/10/13
Dovela 0	10 sem.	sáb 12/01/13	vie 22/03/13
Montaje Carros en Dovelas Sobre Pila	3 sem.	lun 20/05/13	sáb 08/06/13
Dovela 1	1.5 sem.	lun 10/06/13	mié 19/06/13
Dovela 2	1.5 sem.	jue 20/06/13	sáb 29/06/13
Dovelas 3 a 11	9 sem.	lun 01/07/13	sáb 31/08/13
Dovelas 12	1.5 sem.	lun 02/09/13	mié 11/09/13
Retroceso Carros a Dovela Sobre Pila	1 sem	jue 12/09/13	mié 18/09/13
Desmontaje Carros	2 sem.	jue 19/09/13	mié 02/10/13
Voladizo O16	247 días	mar 05/02/13	mar 19/11/13
Dovela 0	10 sem.	mar 05/02/13	lun 15/04/13
Montaje Carros en Dovelas Sobre Pila	3 sem.	mié 05/06/13	mar 25/06/13
Dovela 1	1.5 sem.	mié 26/06/13	vie 05/07/13
Dovela 2	1.5 sem.	sáb 06/07/13	mar 16/07/13
Dovelas 3 a 11	9 sem.	mié 17/07/13	mar 17/09/13
Dovelas 12	1.5 sem.	mié 18/09/13	vie 27/09/13
Dovela de Cierre Central	1.5 sem.	sáb 28/09/13	mar 08/10/13
Retroceso Carros a Dovela Sobre Pila	1 sem	mié 09/10/13	mar 15/10/13
Desmontaje Carros	2 sem.	mié 16/10/13	mar 29/10/13
Desmovilización	18 días	mié 30/10/13	mar 19/11/13
Desarme Final y Despacho Carros	3 sem.	mié 20/11/13	mar 10/12/13

Fuente: Elaboración Propia

Con las fechas y duraciones establecidas se generó la Planificación maestra el cual se muestra en la Figura N°4.1.

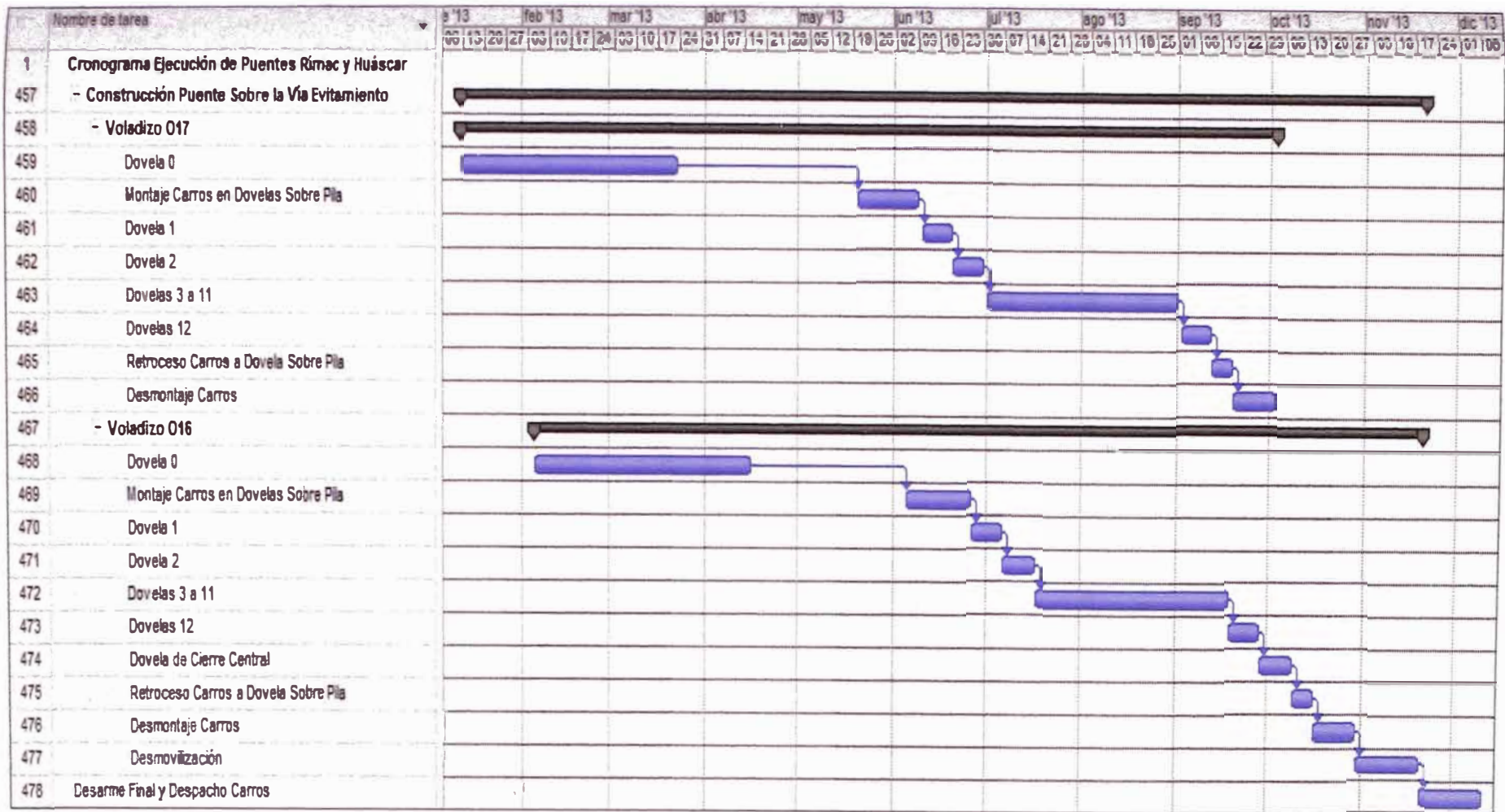


Figura N°4.1: Planificación Maestra de la Construcción del Puente sobre la Vía Evitamiento

Fuente: Expediente Técnico Final

4.2. PLANIFICACIÓN POR FASES

Teniendo como referencia la programación maestra, se procedió a elaborar una herramienta dinámica en Excel que plasme los criterios y secuencia constructiva de las actividades a seguir de tal manera de formar un tren de actividades que incluyan duraciones, metrados, inicio de actividad e índices de productividad (ratios metas). La elaboración de la herramienta se realizó considerando lo siguiente:

- 1) Definir el trabajo que se incluirá en la fase
- 2) Determinar los metrados para cada actividad definida en la fase
- 3) Aplicar la duración de cada actividad, sin la contingencia y aumento en las estimaciones de duración. Tratando de usar el tiempo que se puede esperar en condiciones normales.
- 4) Determinar la fecha de inicio más temprana para la fase.
- 5) Identificar los valores de los índices de productividad de mano de obra (IP o Ratio) de cada actividad del análisis de costos unitarios del presupuesto, de tal forma de calcular las horas y cantidad de personal a utilizar para cada actividad, los índices se calculan de la siguiente manera:

$$IP = \frac{HORAS\ HOMBRE}{METRADO} \left(\frac{HH}{UND} \right)$$

$$Cantidad\ de\ personal = \frac{(IP) \times (Metrado)}{(Jorada\ Diaria) \times (duracion\ de\ la\ actividad)}$$

En la tabla N°4.2 se muestra la descripción y secuencia de las actividades con los datos obtenidos:

Tabla N°4.2: Descripción de las actividades con sus respectivos datos

Descripción de la Actividad	Und	Metrado Total	Días planeados	Ratio Meta
Construcción de Puentes Huáscar				
Dovelas				
Pilar O17				
Dovela "0"				
Instalación de grúa torre	glb	7.00	7	200.000
Encofrado 1ra fase	m2	98.40	2	2.200

Tabla N°4.2: Descripción de las actividades con sus respectivos datos

Descripción de la Actividad	Und	Metrado Total	Días planeados	Ratio Meta
Acero 1ra Fase	kg	12598.38	2	0.030
Concreto 1ra fase	m3	30.07	1	2.000
Acero 2da Fase	kg	31495.94	3	0.030
Colocación de vainas de postensado	und	6.00	1	8.000
Encofrado 2da fase	m2	246.01	3	2.200
Concreto 2da fase	m3	75.18	1	2.000
Encofrado 3ra fase	m2	98.40	3	2.200
Acero 3ra Fase	kg	12598.38	2	0.030
Colocación de vainas de postensado	und	1.00	1	8.000
Concreto 3ra fase	m3	30.07	1	2.000
Tensado de dovela	glb	3.00	3	40.000
Carros de Avance FT5 - FT6	glb	13.00	13	150.000
Dovela N°1 (ambos lados)				
Posicionamiento de carritos	glb	1.00	1	150.000
Acero dovela	kg	6202.78	3	0.030
Encofrado de dovela	m2	328.75	4	2.200
Colocación de vainas de postensado	und	6.00	3	8.000
Remate de acero y encofrado de dovela	kg	1450.00	1	0.030
Vaciado de dovela	m3	44.19	1	2.000
Desencofrado de dovela	m2	328.75	2	1.200
Tensado de dovela	glb	1.00	1	40.000
Dovela N°2 (ambos lados)				
Posicionamiento de carritos	glb	1.00	1	150.000
Acero dovela	kg	5918.48	3	0.030
Encofrado de dovela	m2	313.35	4	2.200
Colocación de vainas de postensado	und	6.00	3	8.000
Remate de acero y encofrado de dovela	kg	1383.54	1	0.030
Vaciado de dovela	m3	51.10	1	2.000
Desencofrado de dovela	m2	313.35	2	1.200
Tensado de dovela	glb	1.00	1	40.000
Dovela N°3 (ambos lados)				
Posicionamiento de carritos	glb	1.00	1	150.000
Acero dovela	kg	5654.90	3	0.030
Encofrado de dovela	m2	297.95	4	2.200
Colocación de vainas de postensado	und	6.00	3	8.000
Remate de acero y encofrado de dovela	kg	1321.93	1	0.030
Vaciado de dovela	m3	48.00	1	2.000
Desencofrado de dovela	m2	297.95	2	1.200
Tensado de dovela	glb	1.00	1	40.000
Dovela N°4 (ambos lados)				
Posicionamiento de carritos	glb	1.00	1	150.000
Acero dovela	kg	5419.08	3	0.030
Encofrado de dovela	m2	282.56	4	2.200

Tabla N°4.2: Descripción de las actividades con sus respectivos datos

Descripción de la Actividad	Und	Metrado Total	Días planeados	Ratio Meta
Colocación de vainas de postensado	und	6.00	3	8.000
Remate de acero y encofrado de dovela	kg	1266.80	1	0.030
Vaciado de dovela	m3	45.16	1	2.000
Desencofrado de dovela	m2	282.56	2	1.200
Tensado de dovela	glb	1.00	1	40.000
Dovela N°5 (ambos lados)				
Posicionamiento de carritos	glb	1.00	1	150.000
Acero dovela	kg	5210.77	3	0.030
Encofrado de dovela	m2	267.16	4	2.200
Colocación de vainas de postensado	und	6.00	3	8.000
Remate de acero y encofrado de dovela	kg	1218.10	1	0.030
Vaciado de dovela	m3	42.57	1	2.000
Desencofrado de dovela	m2	267.16	2	1.200
Tensado de dovela	glb	1.00	1	40.000
Dovela N°6 (ambos lados)				
Posicionamiento de carritos	glb	1.00	1	150.000
Acero dovela	kg	5084.84	3	0.030
Encofrado de dovela	m2	251.77	4	2.200
Colocación de vainas de postensado	und	6.00	3	8.000
Remate de acero y encofrado de dovela	kg	1188.66	1	0.030
Vaciado de dovela	m3	40.34	1	2.000
Desencofrado de dovela	m2	251.77	2	1.200
Tensado de dovela	glb	1.00	1	40.000
Dovela N°7 (ambos lados)				
Posicionamiento de carritos	glb	1.00	1	150.000
Acero dovela	kg	4235.69	3	0.030
Encofrado de dovela	m2	236.37	4	2.200
Colocación de vainas de postensado	und	6.00	3	8.000
Remate de acero y encofrado de dovela	kg	990.16	1	0.030
Vaciado de dovela	m3	38.39	1	2.000
Desencofrado de dovela	m2	236.37	2	1.200
Tensado de dovela	glb	1.00	1	40.000
Dovela N°8 (ambos lados)				
Posicionamiento de carritos	glb	1.00	1	150.000
Acero dovela	kg	4085.46	3	0.030
Encofrado de dovela	m2	220.97	4	2.200
Colocación de vainas de postensado	und	6.00	3	8.000
Remate de acero y encofrado de dovela	kg	955.04	1	0.030
Vaciado de dovela	m3	36.68	1	2.000
Desencofrado de dovela	m2	220.97	2	1.200
Tensado de dovela	glb	1.00	1	40.000
Dovela N°9 (ambos lados)				
Posicionamiento de carritos	glb	1.00	1	150.000
Acero dovela	kg	3996.34	3	0.030

Tabla N°4.2: Descripción de las actividades con sus respectivos datos

Descripción de la Actividad	Und	Metrado Total	Días planeados	Ratio Meta
Encofrado de dovela	m2	205.58	4	2.200
Colocación de vainas de postensado	und	6.00	3	8.000
Remate de acero y encofrado de dovela	kg	934.21	1	0.030
Vaciado de dovela	m3	35.32	1	2.000
Desencofrado de dovela	m2	205.58	2	1.200
Tensado de dovela	glb	1.00	1	40.000
Dovela N°10 (ambos lados)				
Posicionamiento de carritos	glb	1.00	1	150.000
Acero dovela	kg	3929.75	3	0.030
Encofrado de dovela	m2	190.18	4	2.200
Colocación de vainas de postensado	und	6.00	3	8.000
Remate de acero y encofrado de dovela	kg	918.64	1	0.030
Vaciado de dovela	m3	34.42	1	2.000
Desencofrado de dovela	m2	190.18	2	1.200
Tensado de dovela	glb	1.00	1	40.000
Dovela N°11 (ambos lados)				
Posicionamiento de carritos	glb	1.00	1	150.000
Acero dovela	kg	3877.44	3	0.030
Encofrado de dovela	m2	174.78	4	2.200
Colocación de vainas de postensado	und	6.00	3	8.000
Remate de acero y encofrado de dovela	kg	906.42	1	0.030
Vaciado de dovela	m3	33.78	1	2.000
Desencofrado de dovela	m2	174.78	2	1.200
Tensado de dovela	glb	1.00	1	40.000
Dovela N°12 (ambos lados)				
Posicionamiento de carritos	glb	1.00	1	150.000
Acero dovela	kg	2802.17	3	0.030
Encofrado de dovela	m2	159.39	4	2.200
Colocación de vainas de postensado	und	6.00	3	8.000
Remate de acero y encofrado de dovela	kg	655.05	1	0.030
Vaciado de dovela	m3	23.93	1	2.000
Desencofrado de dovela	m2	159.39	2	1.200
Tensado de dovela	glb	1.00	1	40.000
Pilar O16				
Dovelas				
Dovela "0"				
Instalación de grúa torre	glb	7.00	7	200.000
Encofrado 1ra fase	m2	98.40	2	2.200
Acero 1ra Fase	kg	12598.38	2	0.030
Concreto 1ra fase	m3	30.07	1	2.000
Acero 2da Fase	kg	31495.94	3	0.030
Colocación de vainas de postensado	und	6.00	1	8.000
Encofrado 2da fase	m2	246.01	3	2.200
Concreto 2da fase	m3	75.18	1	2.000

Tabla N°4.2: Descripción de las actividades con sus respectivos datos

Descripción de la Actividad	Und	Metrado Total	Días planeados	Ratio Meta
Encofrado 3ra fase	m2	98.40	3	2.200
Acero 3ra Fase	kg	12598.38	2	0.030
Colocación de vainas de postensado	und	1.00	1	8.000
Concreto 3ra fase	m3	30.07	1	2.000
Tensado de dovela	glb	3.00	3	40.000
Carros de Avance FT5 - FT6	glb	14.00	14	150.000
Dovela N°1 (ambos lados)				
Posicionamiento de carritos	glb	1.00	1	150.000
Acero dovela	kg	6202.78	3	0.030
Encofrado de dovela	m2	328.75	4	2.200
Colocación de vainas de postensado	und	6.00	3	8.000
Remate de acero y encofrado de dovela	kg	1450.00	1	0.030
Vaciado de dovela	m3	44.19	1	2.000
Desencofrado de dovela	m2	328.75	2	1.200
Tensado de dovela	glb	1.00	1	40.000
Dovela N°2 (ambos lados)				
Posicionamiento de carritos	glb	1.00	1	150.000
Acero dovela	kg	5918.48	3	0.030
Encofrado de dovela	m2	313.35	4	2.200
Colocación de vainas de postensado	und	6.00	3	8.000
Remate de acero y encofrado de dovela	kg	1383.54	1	0.030
Vaciado de dovela	m3	51.10	1	2.000
Desencofrado de dovela	m2	313.35	2	1.200
Tensado de dovela	glb	1.00	1	40.000
Dovela N°3 (ambos lados)				
Posicionamiento de carritos	glb	1.00	1	150.000
Acero dovela	kg	5654.90	3	0.030
Encofrado de dovela	m2	297.95	4	2.200
Colocación de vainas de postensado	und	6.00	3	8.000
Remate de acero y encofrado de dovela	kg	1321.93	1	0.030
Vaciado de dovela	m3	48.00	1	2.000
Desencofrado de dovela	m2	297.95	2	1.200
Tensado de dovela	glb	1.00	1	40.000
Dovela N°4 (ambos lados)				
Posicionamiento de carritos	glb	1.00	1	150.000
Acero dovela	kg	5419.08	3	0.030
Encofrado de dovela	m2	282.56	4	2.200
Colocación de vainas de postensado	und	6.00	3	8.000
Remate de acero y encofrado de dovela	kg	1266.80	1	0.030
Vaciado de dovela	m3	45.16	1	2.000
Desencofrado de dovela	m2	282.56	2	1.200
Tensado de dovela	glb	1.00	1	40.000
Dovela N°5 (ambos lados)				
Posicionamiento de carritos	glb	1.00	1	150.000

Tabla N°4.2: Descripción de las actividades con sus respectivos datos

Descripción de la Actividad	Und	Metrado Total	Días planeados	Ratio Meta
Acero dovela	kg	5210.77	3	0.030
Encofrado de dovela	m2	267.16	4	2.200
Colocación de vainas de postensado	und	6.00	3	8.000
Remate de acero y encofrado de dovela	kg	1218.10	1	0.030
Vaciado de dovela	m3	42.57	1	2.000
Desencofrado de dovela	m2	267.16	2	1.200
Tensado de dovela	glb	1.00	1	40.000
Dovela N°6 (ambos lados)				
Posicionamiento de carritos	glb	1.00	1	150.000
Acero dovela	kg	5084.84	3	0.030
Encofrado de dovela	m2	251.77	4	2.200
Colocación de vainas de postensado	und	6.00	3	8.000
Remate de acero y encofrado de dovela	kg	1188.66	1	0.030
Vaciado de dovela	m3	40.34	1	2.000
Desencofrado de dovela	m2	251.77	2	1.200
Tensado de dovela	glb	1.00	1	40.000
Dovela N°7 (ambos lados)				
Posicionamiento de carritos	glb	1.00	1	150.000
Acero dovela	kg	4235.69	3	0.030
Encofrado de dovela	m2	236.37	4	2.200
Colocación de vainas de postensado	und	6.00	3	8.000
Remate de acero y encofrado de dovela	kg	990.16	1	0.030
Vaciado de dovela	m3	38.39	1	2.000
Desencofrado de dovela	m2	236.37	2	1.200
Tensado de dovela	glb	1.00	1	40.000
Dovela N°8 (ambos lados)				
Posicionamiento de carritos	glb	1.00	1	150.000
Acero dovela	kg	4085.46	3	0.030
Encofrado de dovela	m2	220.97	4	2.200
Colocación de vainas de postensado	und	6.00	3	8.000
Remate de acero y encofrado de dovela	kg	955.04	1	0.030
Vaciado de dovela	m3	36.68	1	2.000
Desencofrado de dovela	m2	220.97	2	1.200
Tensado de dovela	glb	1.00	1	40.000
Dovela N°9 (ambos lados)				
Posicionamiento de carritos	glb	1.00	1	150.000
Acero dovela	kg	3996.34	3	0.030
Encofrado de dovela	m2	205.58	4	2.200
Colocación de vainas de postensado	und	6.00	3	8.000
Remate de acero y encofrado de dovela	kg	934.21	1	0.030
Vaciado de dovela	m3	35.32	1	2.000
Desencofrado de dovela	m2	205.58	2	1.200
Tensado de dovela	glb	1.00	1	40.000
Dovela N°10 (ambos lados)				

Tabla N°4.2: Descripción de las actividades con sus respectivos datos

Descripción de la Actividad	Und	Metrado Total	Días planeados	Ratio Meta
Posicionamiento de carritos	glb	1.00	1	150.000
Acero dovela	kg	3929.75	3	0.030
Encofrado de dovela	m2	190.18	4	2.200
Colocación de vainas de postensado	und	6.00	3	8.000
Remate de acero y encofrado de dovela	kg	918.64	1	0.030
Vaciado de dovela	m3	34.42	1	2.000
Desencofrado de dovela	m2	190.18	2	1.200
Tensado de dovela	glb	1.00	1	40.000
Dovela N°11 (ambos lados)				
Posicionamiento de carritos	glb	1.00	1	150.000
Acero dovela	kg	3877.44	3	0.030
Encofrado de dovela	m2	174.78	4	2.200
Colocación de vainas de postensado	und	6.00	3	8.000
Remate de acero y encofrado de dovela	kg	906.42	1	0.030
Vaciado de dovela	m3	33.78	1	2.000
Desencofrado de dovela	m2	174.78	2	1.200
Tensado de dovela	glb	1.00	1	40.000
Dovela N°12 (ambos lados)				
Posicionamiento de carritos	glb	1.00	1	150.000
Acero dovela	kg	2802.17	3	0.030
Encofrado de dovela	m2	159.39	4	2.200
Colocación de vainas de postensado	und	6.00	3	8.000
Remate de acero y encofrado de dovela	kg	655.05	1	0.030
Vaciado de dovela	m3	23.93	1	2.000
Desencofrado de dovela	m2	159.39	2	1.200
Tensado de dovela	glb	1.00	1	40.000

Fuente: Elaboración Propia

Teniendo los datos de metrados, duración, inicio de las actividades, ratios y secuencia de las actividades se procede a generar el grafico del tren de actividades teniendo como resultado la Planificación por fases. En la Figura 4.2 se muestra parte de la planificación por fases.

4.3. PLANIFICACIÓN INTERMEDIA O LOOK AHEAD PLANNING

La planificación intermedia es el tercer nivel en la jerarquía del sistema del último planificador, teniendo como referencia la planificación por fases de la construcción del puente sobre la vía Evitamiento se procederá a determinar el intervalo de tiempo a considerar en la planificación intermedia, teniendo en cuenta las siguientes consideraciones:

- ✓ Logística de llegada de materiales, duración hasta 3 semanas
- ✓ Afiliación de personal a obra, duración de 4 días
- ✓ Puesta en obra de equipos, duración hasta 2 semanas

Por lo descrito en los puntos anteriores se determina que la ventana de tiempo para la Planificación Intermedia o Lookahead será de 3 semanas

4.3.1. Análisis de restricciones

El control y seguimiento de los análisis de restricciones se realizó utilizando el formato mostrado en la tabla N°4.3, en cual se describe un ejemplo del registro de restricciones.

Tabla N°4.3: Control y Seguimiento de Restricciones

ANÁLISIS DE RESTRICCIONES						
SISTEMA ELÉCTRICO DE TRANSPORTE MASIVO DE LIMA Y CALLAO						
LÍNEA 1 TRAMO 2: AV. GRAU - SAN JUAN DE LURIGANCHO						
Ítem	Descripción de la Actividad	Descripción de la Restricción	Fecha Solicitada	Fecha Requerida en Obra	Responsable	
					Área	Personal
PUENTE SOBRE LA VÍA EVITAMIENTO						
1	Montaje de torre Grúa	Llega de equipo de montaje	02-may-13		Subcontratos	J. Mario Jontop
2	Armado de encofrado de dovelas	Aprobación de planos ULMA	05-may-13		Ingeniería	Wiston V.
3	Ejecución de Dovela "0"	Termino de actividades en pilar O17	06-may-13		Producción	Vanio Araujo

Fuente: Elaboración Propia

Cabe resaltar que en todo proceso de producción existe un recurso escaso llamado "cuello de botella" por tal motivo se registró semanalmente las restricciones

4.4. PLANIFICACIÓN SEMANAL

El plan semanal es tomado del plan intermedio o Lookahead, se genera una herramienta dinámica en Excel que vincule las actividad con sus respectivos metrados semanales, ratios metas, ratios programados y cantidad de recursos de tal manera de determinar el valor ganado en la semana, en la tabla N°4.4 se muestra las actividades programas para la semana 11 cuyo cuya fecha de inicio es el lunes 03 de marzo del 2013.

Tabla N°4.4: Actividades planificadas en la semana 11

Descripción de la Actividad	Und	Metrado Semanal	Ratio Meta
Construcción de Puentes Huáscar			
Dovelas			
Pilar O17			
Dovela "0"			
Dovela N°2 (ambos lados)			
Tensado de dovela	glb	1.00	
Dovela N°3 (ambos lados)			
Posicionamiento de carritos	glb	1.00	
Acero dovela	kg	5,654.90	0.03
Encofrado de dovela	m2	297.95	2.20
Colocación de vainas de postensado	und	6.00	8.00
Remate de acero y encofr. de dovela	kg	1,321.93	0.03
Pilar O16			
Dovelas			
Dovela N°2 (ambos lados)			
Acero dovela	kg	5,918.48	0.03
Encofrado de dovela	m2	313.35	2.20
Colocación de vainas de postensado	und	6.00	8.00
Remate de acero y encofr. de dovela	kg	1,383.54	0.03
Vaciado de dovela	m3	51.10	2.00
Superestructura			
Desmontaje de carritos del Puente Huáscar			
Varios			
Relleno y compactación zapatas	m3	60.00	1.20
Enrocado	m3	180.00	2.00
Vaciado de Muros de contención	m3	80.00	2.00

Fuente: Elaboración Propia

Identificando las actividades a realizar en la semana se procede a asignar los recursos, de tal forma de determinado el valor ganado en la semana, el cuadro N°4.5 muestra los resultados obtenidos.

Tabla N°4.5: Registro de Plan semanal

GESTION DE PROCESOS - PLAN SEMANAL

REVISION: 1

AREA : PRODUCCIÓN

Fecha: 10/06/2013

Descripción de la Actividad	Und	Metrado Semanal	Ratio Meta	Ratio Program.	Durac. (días)	HH Previstas	HH Programadas	SEMANA 11						
								lun	mar	mié	jue	vie	sáb	do
								3	4	5	6	7	8	9
Construcción de Puentes Huáscar														
Pilar O17														
Dovela N°2 (ambos lados)														
Tensado de dovela	glb	1	40.00	40	1	HH	40 HH	4						
Dovela N°3 (ambos lados)														
Posicionamiento de carritos	glb	1	150.00	150	5	HH	150 HH		15					
Acero dovela	kg	5,654.90	0.03	0.03	4	170 HH	170 HH			6	6	6		
Encofrado de dovela	m2	297.95	2.2	2.2	4	655 HH	655 HH			16	16	16	16	
Colocación de vainas de postens.	und	6	8	8	3	48 HH	48 HH				2	2	2	
Remate de acero y de dovela	kg	1,321.93	0.03	0.03	1	40 HH	40 HH						4	
Pilar O16														
Dovela N°2 (ambos lados)														
Acero dovela	kg	5,918.48	0.03	0.03	3	178 HH	178 HH	6	6	6				
Encofrado de dovela	m2	313.35	2.2	1.74	4	689 HH	545 HH	17	17	10	10			
Colocación de vainas de postens.	und	6	8	8	3	48 HH	48 HH		2	2	2			
Remate de acero de dovela	kg	1,383.54	0.03	0.03	1	42 HH	42 HH				4			
Vaciado de dovela	m3	51.1	2	2	1	102 HH	102 HH					10		
Varios														
Relleno y compactación zapatas	m3	60	1.2	0.83	1	72 HH	50 HH	5						
Enrocado	m3	180	2	0.28	1	360 HH	50 HH	5						
Vaciado de Muros de contención	m3	80	2	1.88	3	160 HH	150 HH	3			6	6		
CANTIDAD DE HHs PREVISTAS			2,563.44		PERSONAL PROYECTADO			40	40	40	39	40	28	
CANTIDAD DE HHs REALES			2,266.80											
HHs GANADAS/PERDIDAS			296.7											

Fuente: Elaboración Propia

4.4.1. Porcentaje de plan cumplido

La manera de cómo se midió la calidad de lo planificado en el plan semanal fue mediante el porcentaje del plan cumplido. En la tabla N°4.6 se muestra el registro de los porcentajes de plan cumplidos obtenidos semanalmente a los largo de la duración de la construcción del puente sobre la vía de Evitamiento. También se muestra el formato utilizado en la figura N°4.3 referente al registro del plan de la semana 11.

Tabla N°4.6: Registro de Porcentajes de Plan Cumplidos

PPC ACUMULADO								
MES	N° SEMANA	HASTA EL DÍA	TAREAS PROGRAMADAS		TAREAS CUMPLIDAS		PPC	
			Semanal	Acumulado	Semanal	Acumulado	Semanal	Acumulado
abr-13	3	15-abr	12.00	12	10.00	10	83%	83%
	4	22-abr	12.00	24	11.00	21	92%	88%
	5	29-abr	13.00	37	10.00	31	77%	84%
may-13	6	06-may	15.00	52	12.00	43	80%	83%
	7	13-may	13.00	65	9.00	52	69%	80%
	8	20-may	14.00	79	10.00	62	71%	78%
jun-13	9	27-may	16.00	95	14.00	76	88%	80%
	10	03-jun	13.00	108	11.00	87	85%	81%
	11	10-jun	14.00	122	12.00	99	86%	81%
jul-13	12	17-jun	15.00	137	11.00	110	73%	80%
	13	24-jun	16.00	153	15.00	125	94%	82%
	14	01-jul	13.00	166	13.00	138	100%	83%
ago-13	15	08-jul	16.00	182	14.00	152	88%	84%
	16	15-jul	18.00	200	16.00	168	89%	84%
	17	22-jul	16.00	216	14.00	182	88%	84%
sep-13	18	29-jul	15.00	231	15.00	197	100%	85%
	19	05-ago	12.00	243	11.00	208	92%	86%
	20	12-ago	18.00	261	15.00	223	83%	85%
oct-13	21	19-ago	16.00	277	15.00	238	94%	86%
	22	26-ago	17.00	294	15.00	253	88%	86%
	23	02-sep	20.00	314	17.00	270	85%	86%
nov-13	24	09-sep	14.00	328	13.00	283	93%	86%
	25	16-sep	18.00	346	17.00	300	94%	87%
	26	23-sep	17.00	363	14.00	314	82%	87%
dic-13	27	30-sep	15.00	378	14.00	328	93%	87%
	28	07-oct	16.00	394	15.00	343	94%	87%
	29	14-oct	19.00	413	18.00	361	95%	87%
	30	21-oct	7.00	420	7.00	368	100%	88%

Fuente: Elaboración Propia

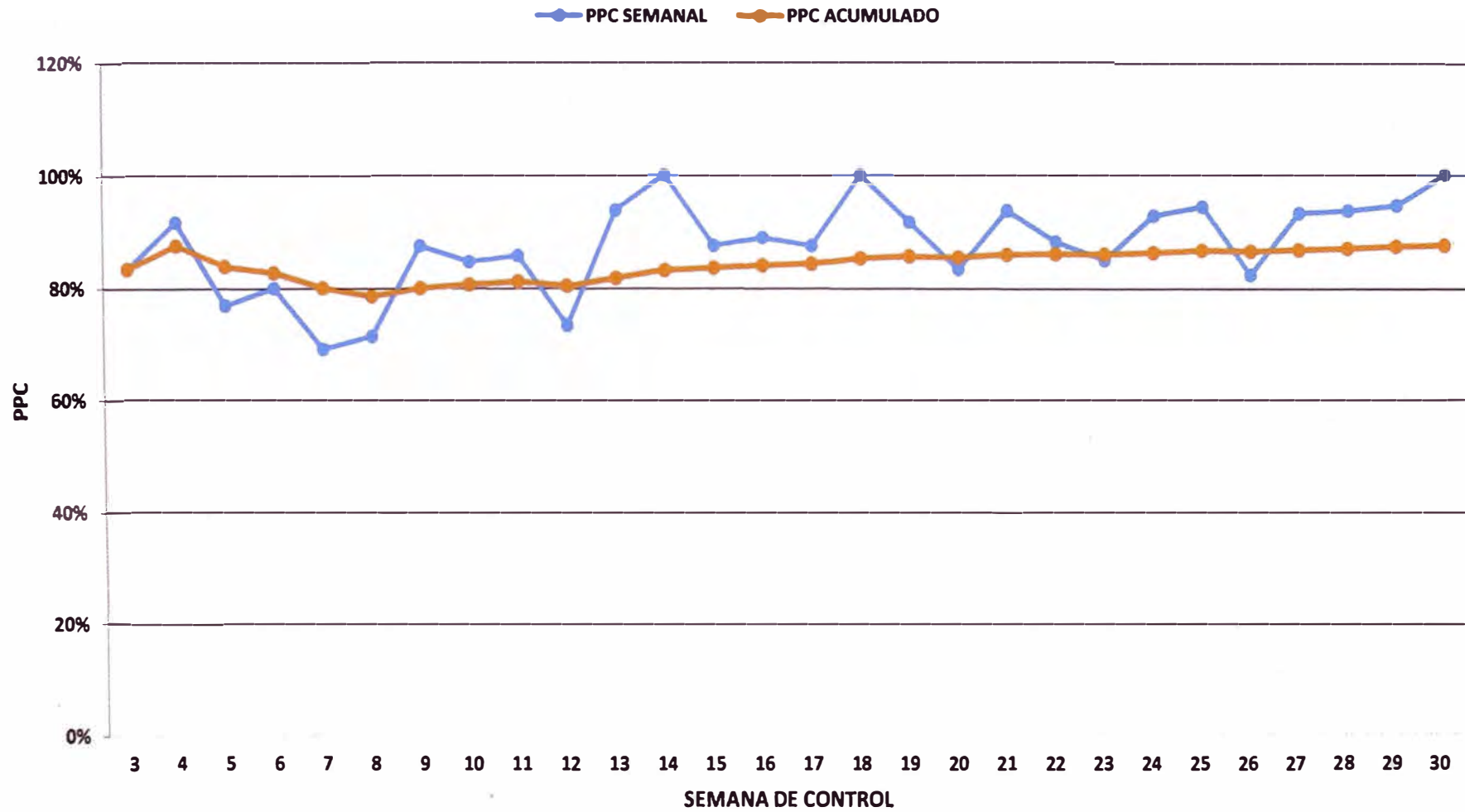


Figura N°4.3: Grafica de registro de PPC semanal y Acumulado

Fuente: Elaboración Propia

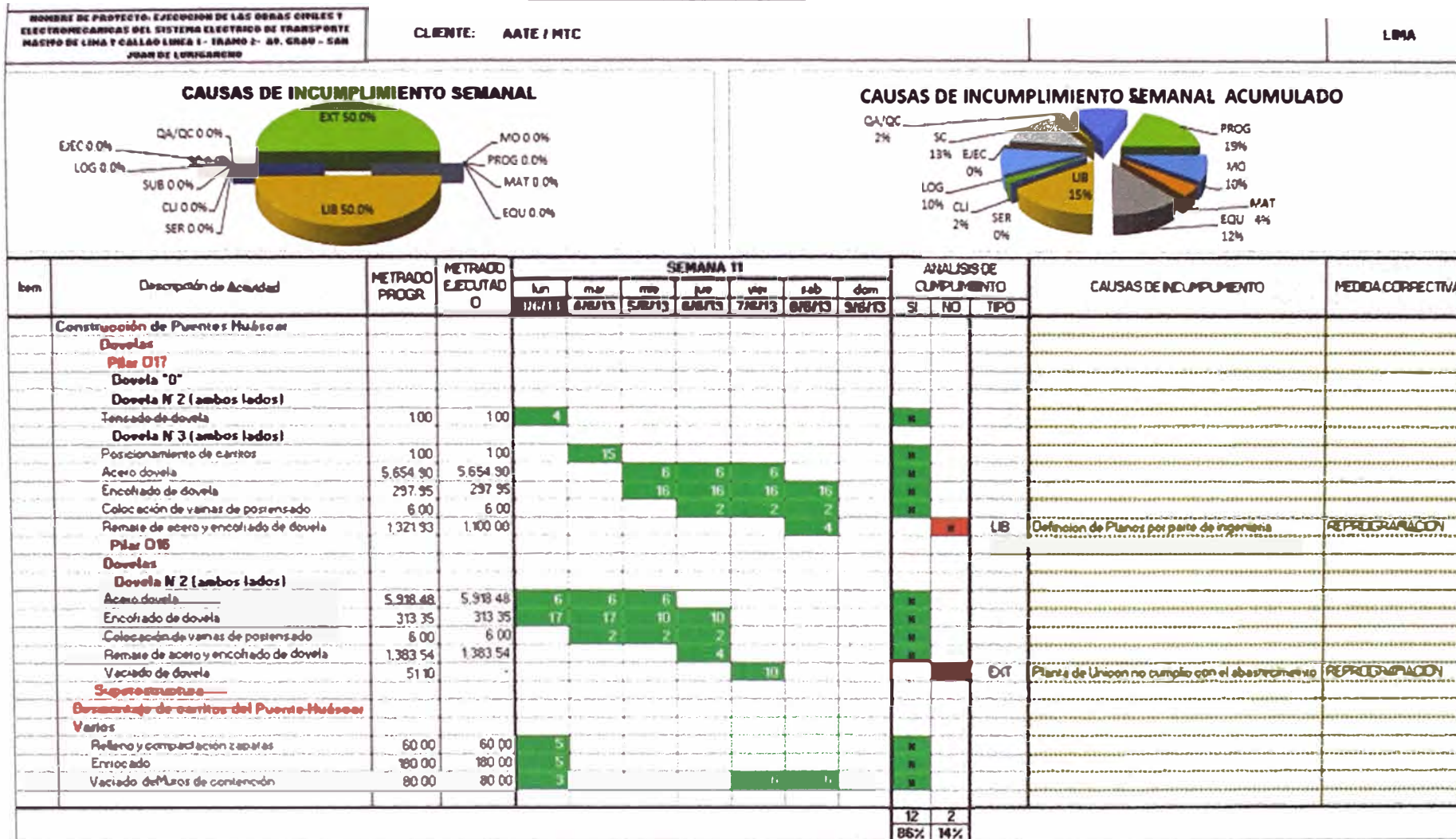


Figura N°4.4: Formato de registro de la PPC

Fuente: Elaboración propia

4.4.2. Razones de incumplimiento

Las razones de incumplimiento son aquellas causas que llevaron a no culminar las tareas o actividades de la semana programada, dichas causas aplicadas consideradas en el proyecto de ejecución del puente sobre la vía Evitamiento se describen en la tabla N°4.7, el registro y seguimiento se llevó a cabo a lo largo de todo tiempo de ejecución del puente, el resumen se muestra en la tabla N°4.8 y el resultado grafico se muestra en la figura N°4.5.

Tabla N°4.7: Lista de Causas de Incumplimientos

CAUSAS DE INCUMPLIMIENTO		
MO	MANO DE OBRA	Falta de personal, accidente de trabajo, charlas/inducciones/curso, transferencia, falta de recursos administrativos, charla de seguridad
MAT	MATERIAL	Falta de material, atraso para llegar a frente, inadecuado/no conforme
EQU	EQUIPOS	Averías, fallas en equipos o mantenimientos no programados, transferido.
LIB	LIBERACIONES	Atraso liberación Ingeniería, terreno RRCC, liberación de frente ingeniería.
SER	SERVICIOS	Falta de agua para el servicio, falta de electricidad/iluminación, falta de RPC.
CLI	CLIMA	Lluvia, visibilidad.
SUB	SUBCONTRATOS	Retrasos a causa de subcontratistas.
LOG	LOGISTICA	Falta de recursos en obra (equipos mayores y menores, herramientas, subcontratos y materiales).
EJEC	ERRORES DE EJECUCIÓN	Implica retrabajos por malas ejecuciones en campo.
SC	SUBCONTRATOS	Entrega tardía de un trabajo a cargo de un subcontratista.
QA/QC	AREA DE CALIDAD	Falta de aprobación de protocolos o liberaciones.
EXT	EXTERNOS	Eventos extraordinarios (marchas, huelgas) y por falta de entrega de permisos o licencias.
PROG	PROGRAMACION	Error en la programación, cambios en programación o mala utilización de las herramientas de programación.

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N°4.8: Registro de Causas de Incumplimientos

CAUSAS DE INCUMPLIMIENTO		TOTAL % ACUMULADO	TOTAL
MO	MANO DE OBRA	10%	5
MAT	MATERIAL	4%	2
EQU	EQUIPOS	12%	6
LIB	LIBERACIONES	15%	8
SER	SERVICIOS	0%	0
CLI	CLIMA	2%	1
LOG	LOGISTICA	10%	5
EJEC	ERRORES DE EJECUCIÓN	0%	0
SC	SUBCONTRATOS	13%	7
QA/QC	AREA DE CALIDAD	2%	1
EXT	EXTERNOS	13%	7
PROG	PROGRAMACION	19%	10
TOTAL DE ACTIVIDADES NO CUMPLIDAS		100%	52.00

Fuente: Elaboración Propia

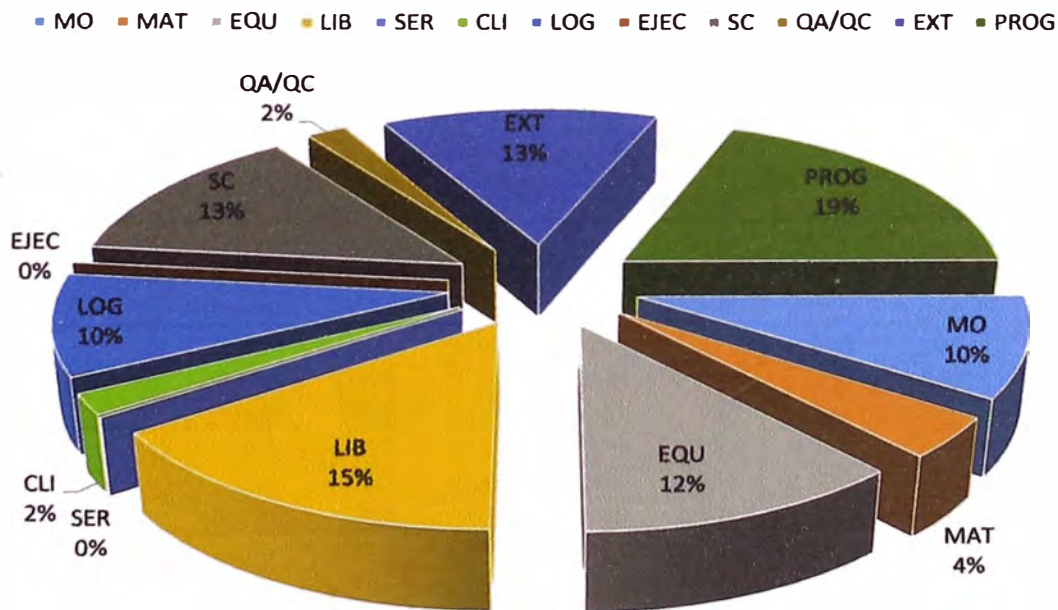


Figura N°4.5: Causas de Incumplimiento Acumulado

Fuente: Elaboración Propia

4.4.3. Índices de productividad de mano de obra

Como elemento para la medición de la productividad de mano de obra se determinaron los índices de productividad o ratios de las siguientes actividades:

- ✓ Acero de Dovela
- ✓ Encofrado de Dovela
- ✓ Concreto

El registro de los resultados de ratios obtenidos se resume en el Tabla N°4.9 y los gráficos se muestran en las figura N°4.6, figura N°4.7 y figura N°4.8.

Tabla N°4.9: Registro de índices de productividad

semana	ACERO			ENCOFRADO			CONCRETO		
	Ratio Meta (hh/kg)	Ratio Real (hh/kg)	Ratio Real Acum. (hh/kg)	Ratio Meta (hh/m ²)	Ratio Real (hh/m ²)	Ratio Real Acum. (hh/m ²)	Ratio Meta (hh/m ³)	Ratio Real (hh/m ³)	Ratio Real Acum. (hh/m ³)
3	0.030	0.035	0.035	2.200	3.100	3.100	2.000	1.650	1.650
4	0.030	0.032	0.033	2.200	3.200	3.149	2.000	1.680	1.665
5	0.030	0.031	0.033	2.200	2.860	3.047	2.000	1.720	1.683
6	0.030	0.030	0.042	2.200	2.890	3.006	2.000	1.740	1.697
7	0.030	0.025	0.037	2.200	2.560	2.905	2.000	1.750	1.707
8	0.030	0.026	0.035	2.200	2.150	2.744	2.000	1.770	1.717
9	0.030	0.028	0.033	2.200	2.056	2.619	2.000	1.650	1.707
10	0.030	0.029	0.033	2.200	2.100	2.540	2.000	1.670	1.703
11	0.030	0.025	0.032	2.200	2.120	2.486	2.000	1.690	1.701
12	0.030	0.022	0.030	2.200	2.090	2.439	2.000	1.840	1.714
13	0.030	0.027	0.030	2.200	2.012	2.393	2.000	1.870	1.727
14	0.030	0.026	0.030	2.200	2.006	2.355	2.000	1.720	1.727
15	0.030	0.028	0.029	2.200	2.004	2.324	2.000	1.790	1.731
16	0.030	0.031	0.030	2.200	2.011	2.298	2.000	1.650	1.725
17	0.030	0.028	0.029	2.200	2.010	2.277	2.000	1.700	1.724
18	0.030	0.029	0.029	2.200	2.006	2.258	2.000	1.850	1.731
19	0.030	0.028	0.029	2.200	1.963	2.238	2.000	1.740	1.731
20	0.030	0.024	0.029	2.200	1.915	2.217	2.000	1.810	1.736
21	0.030	0.028	0.029	2.200	2.001	2.205	2.000	1.850	1.741
22	0.030	0.025	0.029	2.200	2.015	2.194	2.000	1.920	1.749
23	0.030	0.027	0.029	2.200	2.010	2.185	2.000	1.860	1.754
24	0.030	0.027	0.029	2.200	1.990	2.175	2.000	1.890	1.760
25	0.030	0.026	0.028	2.200	1.978	2.166	2.000	1.900	1.766
26	0.030	0.022	0.028	2.200	1.965	2.156	2.000	1.930	1.772
27	0.030	0.023	0.028	2.200	1.964	2.148	2.000	1.910	1.777
28	0.030	0.024	0.028	2.200	1.965	2.140	2.000	1.960	1.784
29	0.030	0.023	0.027	2.200	2.005	2.135	2.000	1.920	1.788
30	0.030	0.022	0.027	2.200	2.100	2.134	2.000	1.950	1.794

Fuente: Elaboración Propia

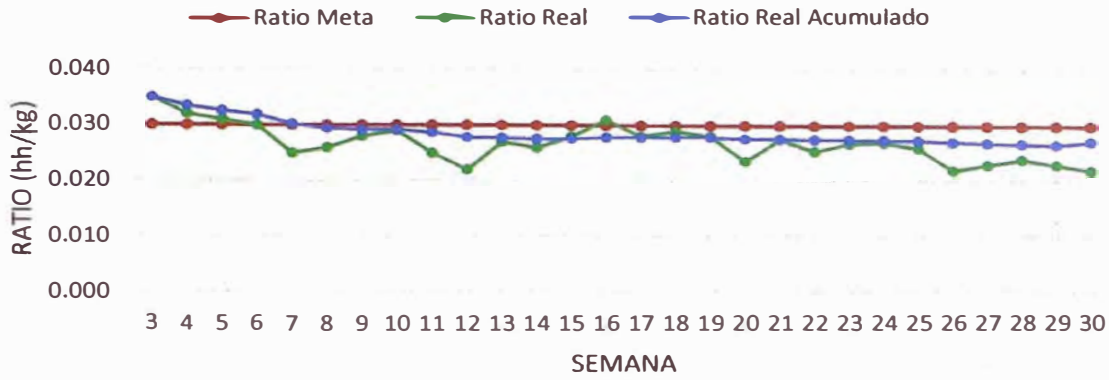


Figura N°4.6: Comparativo de ratios de Acero meta, real y acumulado

Fuente: Elaboración Propia

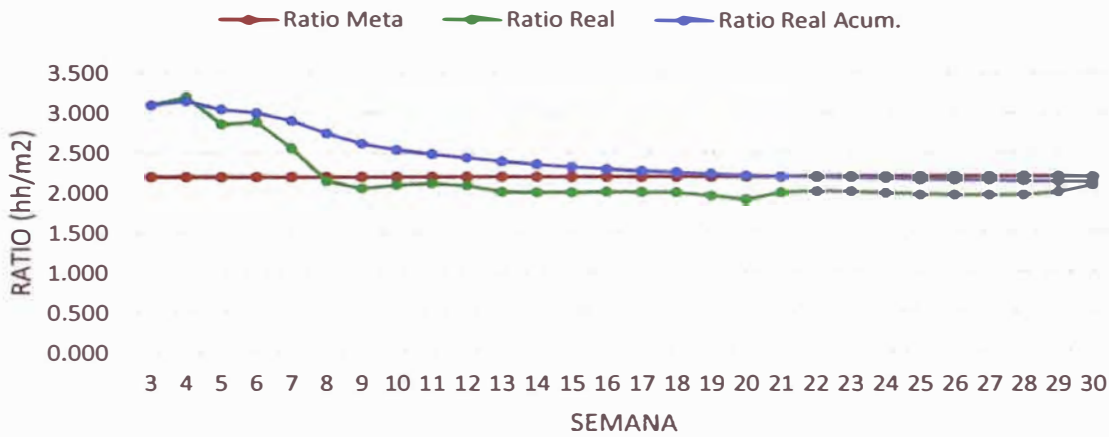


Figura N°4.7: Comparativo de ratios de Encofrado meta, real y acumulado

Fuente: Elaboración Propia

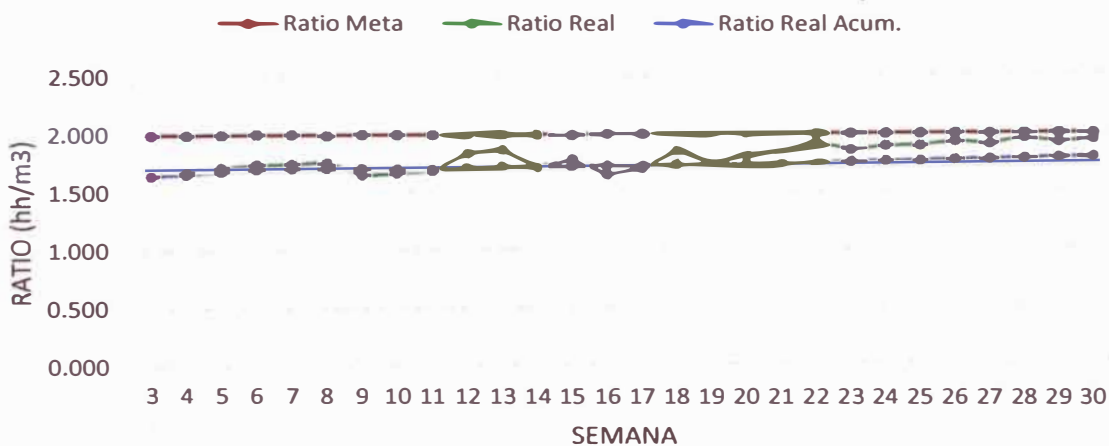


Figura N°4.8: Comparativo de ratios de Concreto meta, real y acumulado

Fuente: Elaboración Propia

CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- La planificación por fases, intermedia y la planificación semanal son herramientas de la gestión de los procesos que ayudan al desarrollo positivo del proyecto y su desempeño en diferentes aspectos. De esta manera se logra reducir los plazos y costos.
- Para poder organizar nuestros proyectos en las diferentes etapas constructivas, el Sistema Last Planner permite organizar las etapas del ciclo productivo secuencialmente y se constituye en una herramienta de gran importancia.
- Mediante el sistema Last Planner se genera una programación semanal confiable, ya que previamente se realiza la liberación de restricciones lo cual nos asegura una buena probabilidad que la actividad sea ejecuta. De esta manera se cumple con la reducción de la variabilidad en los procesos.
- Uno de los factores más importantes para lograr una implementación exitosa de la gestión de los procesos constructivos mediante el sistema Last Planner, es el compromiso y colaboración de los miembros del equipo de obra.
- El grado de confiabilidad de lo programado se mide mediante el PPC (porcentaje de plan cumplido), se identificó que el tener un alto grado o porcentaje de PPC no implica que la obra esté dentro de los hitos definidos en el cronograma maestro, es decir que es posible que se tenga altos PPC pero la obra este atrasada.
- La aplicabilidad de modelos de control de productividad laboral actúa en forma exitosa como herramienta de alerta ante posibles situaciones que produzcan pérdidas de productividad laboral, de tal manera de generar valora ganado al proyecto.
- Se verifica que una de las ventajas más importantes del sistema constructivo de puentes mediante dovelas sucesivas "in situ" es la de poder realizar un proceso en completa independencia de factores (viales o naturales como un río) que se presenten en la parte inferior del puente sea vial o hidráulico.

5.2. RECOMENDACIONES

- Se recomienda para próximos trabajos e investigaciones de mayor alcance para un proyecto que este comenzando o iniciando, es decir para condiciones reales con presupuestos y plazos de tiempo, realizar una comparación de procedimientos. Con la comparación se busca establecer, en igualdad de condiciones, cuál sería el más conveniente en aspectos como velocidad de ejecución, economía, rendimientos y calidad.
- Se recomienda gestionar los procesos de construcción mediante el sistema Last Planner ya que nos permite controlar los flujos de materiales e información escudando a la producción del efecto de la variabilidad debido a la complejidad y la incertidumbre de un proyecto.
- En proyectos donde el contratista asume ejecutar el proyecto con documentos de diseño e ingeniería incompletos o deficientes, se debe priorizar en dos aspectos: en la compatibilización total y anticipada del proyecto, y en la realización de revisiones de constructabilidad para proponer mejoras en la ejecución de ciertos procesos. Para ello es vital el trabajo en equipo y proactividad de todos los involucrados.

BIBLIOGRAFÍA

1. Ballard, Glenn: "THE LAST PLANNER SYSTEM OF PRODUCTION CONTROL", Mayo 2000.
2. Ballard, Glenn: "LOOKAHEAD PLANNING: THE MISSING LINK IN PRODUCTION CONTROL", Julio 1997.
3. Fernando Botero, Luís: " Análisis de Procesos y Filosofía Lean Construction: Construcción sin Perdas, Colombia 2004
4. Koskela, Lauri: "APLICACIÓN DE LA NUEVA FILOSOFIA DE PRODUCCIÓN A LA CONSTRUCCIÓN". Technical Report #72, CIFE Universidad de Stanford, Setiembre 1992.
5. Llanos Hector, "Constructabilidad, Herramienta para el mejoramiento en la construcción", Lima, Perú. 2006.
6. Project Management Institute: "Una de Guía de los Fundamentos de la Dirección de Proyectos Four Campes Boulevard, Newtown Square. Estados Unidos, Diciembre 2010.

ANEXOS

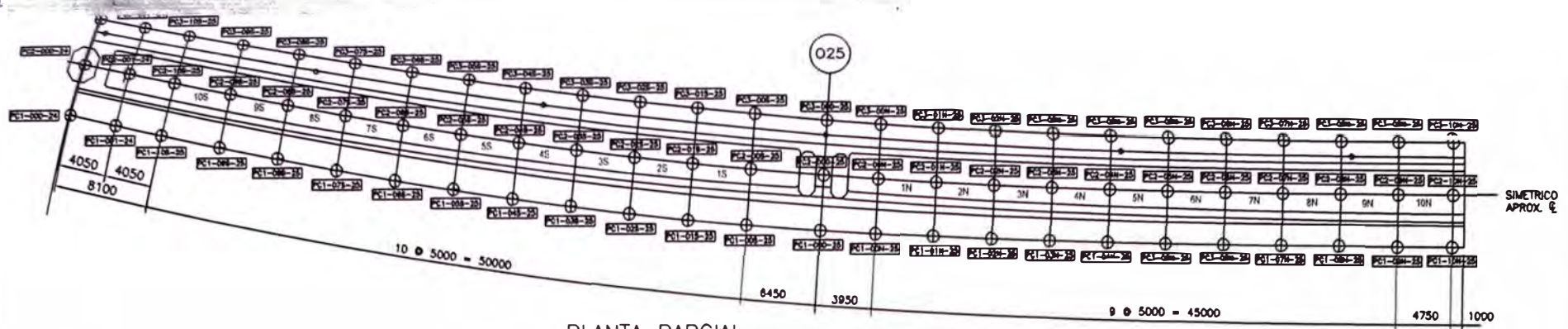
ANEXO 1: IDENTIFICACION DE PUNTOS DE CONTROL, REPLANTEO Y PIRAMIDES DE FLECHAS.

ANEXO 2: MEMORIA DE CALCULO DE LAS REACCIONES EN LOS PUNTOS Y ANCLAJE DE LOS CARROS DE AVANCE EN DOVELAS DEL PUENTE SOBRE LA VÍA EVITAMIENTO

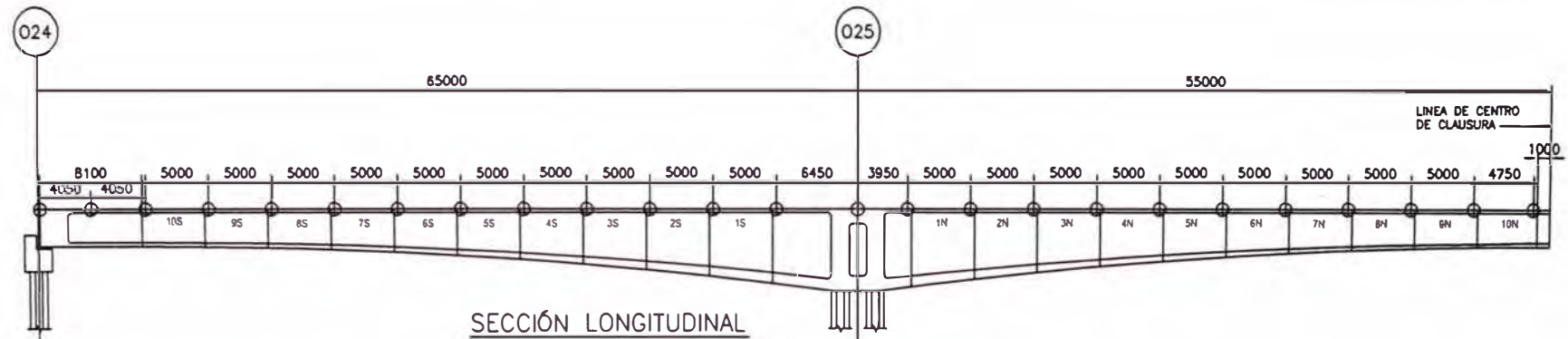
ANEXO 3: PLANOS DEL PUENTE SOBRE LA VÍA EVITAMIENTO

ANEXO 1:

**IDENTIFICACIÓN DE PUNTOS DE CONTROL,
REPLANTEO Y PIRAMIDES DE FLECHAS**



PLANTA PARCIAL

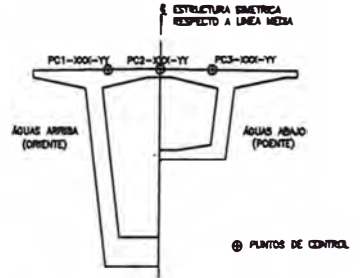


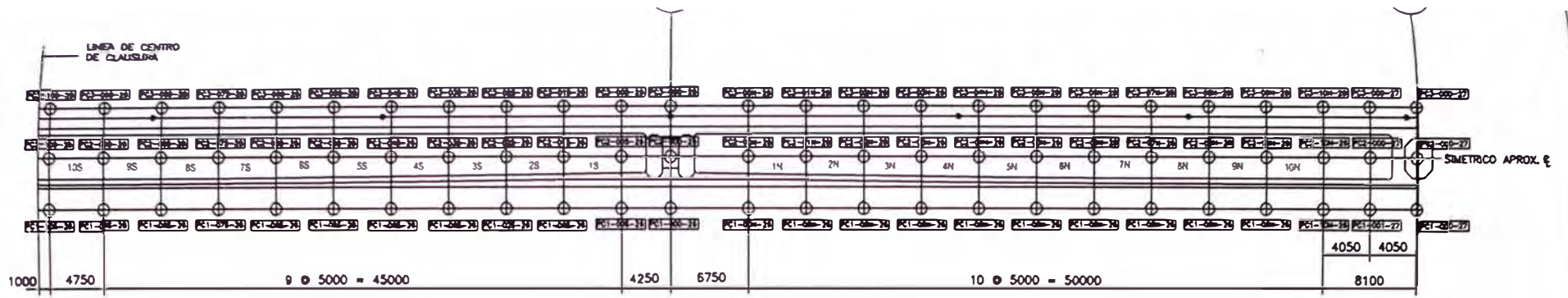
SECCIÓN LONGITUDINAL

PUNTO DE CONTROL	COORDENADAS		
	X	Y	Z
PC1-000-24			
PC2-000-24			
PC3-000-24			
PC1-001-24			
PC2-001-24			
PC3-001-24			
PC1-100-24			
PC2-100-24			
PC3-100-24			
PC1-000-25			
PC2-000-25			
PC3-000-25			
PC1-001-25			
PC2-001-25			
PC3-001-25			
PC1-002-25			
PC2-002-25			
PC3-002-25			
PC1-003-25			
PC2-003-25			
PC3-003-25			
PC1-004-25			
PC2-004-25			
PC3-004-25			

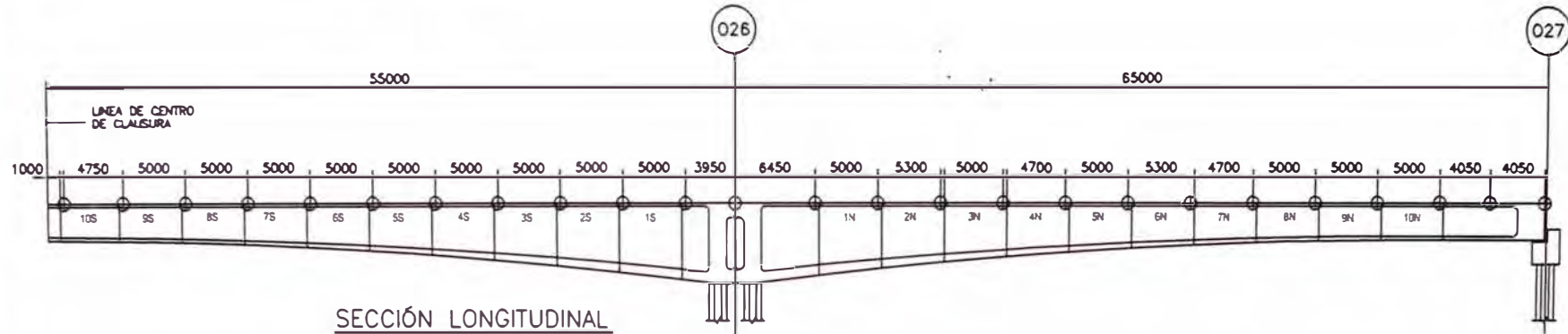
PUNTO DE CONTROL	COORDENADAS		
	X	Y	Z
PC1-005-25			
PC2-005-25			
PC3-005-25			
PC1-006-25			
PC2-006-25			
PC3-006-25			
PC1-007-25			
PC2-007-25			
PC3-007-25			
PC1-008-25			
PC2-008-25			
PC3-008-25			
PC1-009-25			
PC2-009-25			
PC3-009-25			
PC1-010-25			
PC2-010-25			
PC3-010-25			
PC1-011-25			
PC2-011-25			
PC3-011-25			
PC1-012-25			
PC2-012-25			
PC3-012-25			

PUNTO DE CONTROL	COORDENADAS		
	X	Y	Z
PC1-000-25			
PC2-000-25			
PC3-000-25			
PC1-001-25			
PC2-001-25			
PC3-001-25			
PC1-002-25			
PC2-002-25			
PC3-002-25			
PC1-003-25			
PC2-003-25			
PC3-003-25			
PC1-004-25			
PC2-004-25			
PC3-004-25			
PC1-005-25			
PC2-005-25			
PC3-005-25			
PC1-006-25			
PC2-006-25			
PC3-006-25			
PC1-007-25			
PC2-007-25			
PC3-007-25			
PC1-008-25			
PC2-008-25			
PC3-008-25			
PC1-009-25			
PC2-009-25			
PC3-009-25			
PC1-010-25			
PC2-010-25			
PC3-010-25			





PLANTA PARCIAL

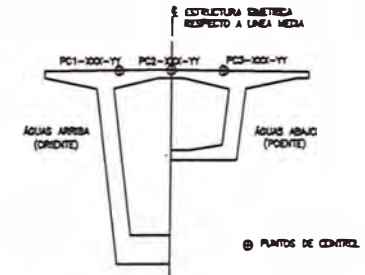


SECCIÓN LONGITUDINAL

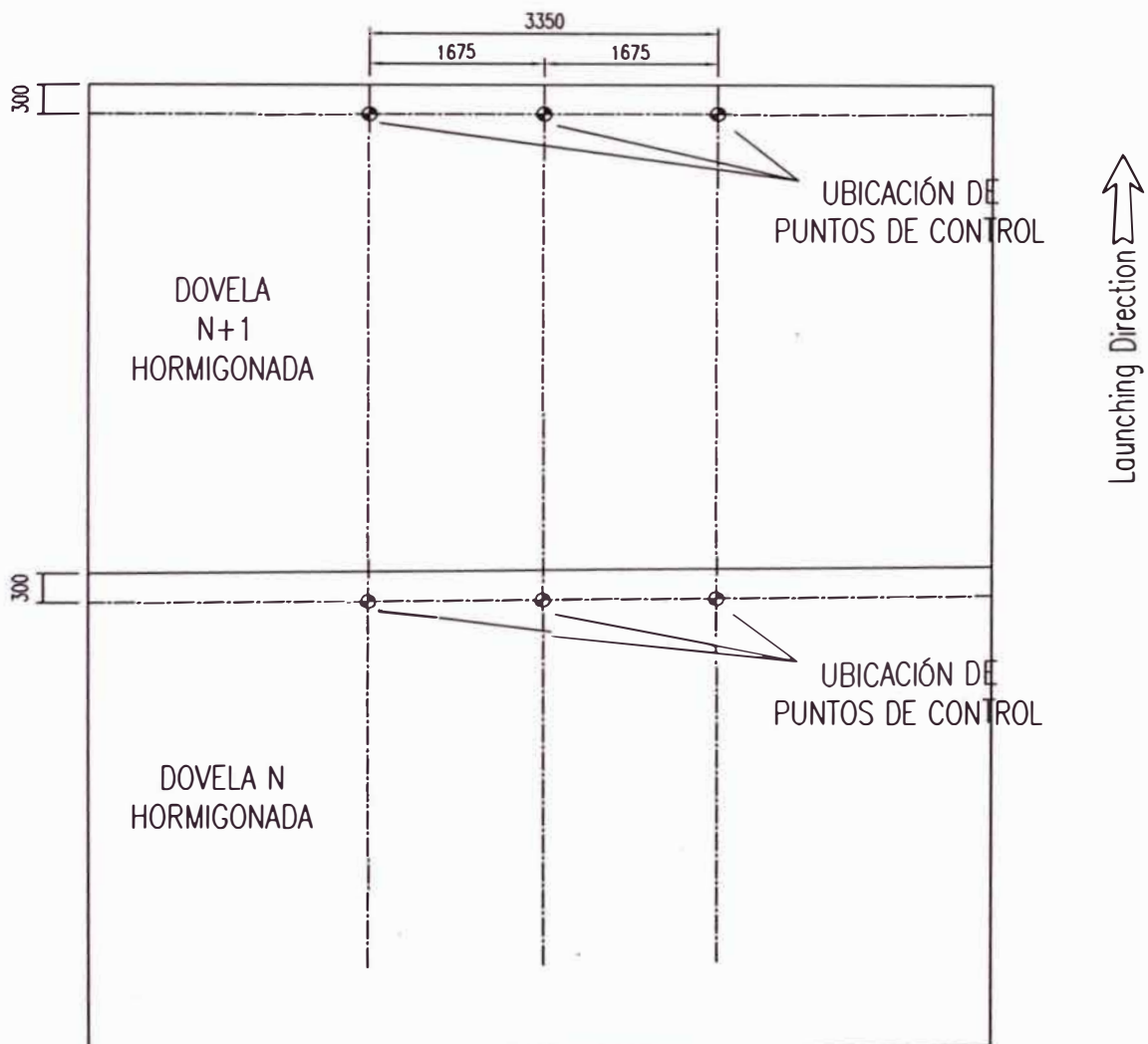
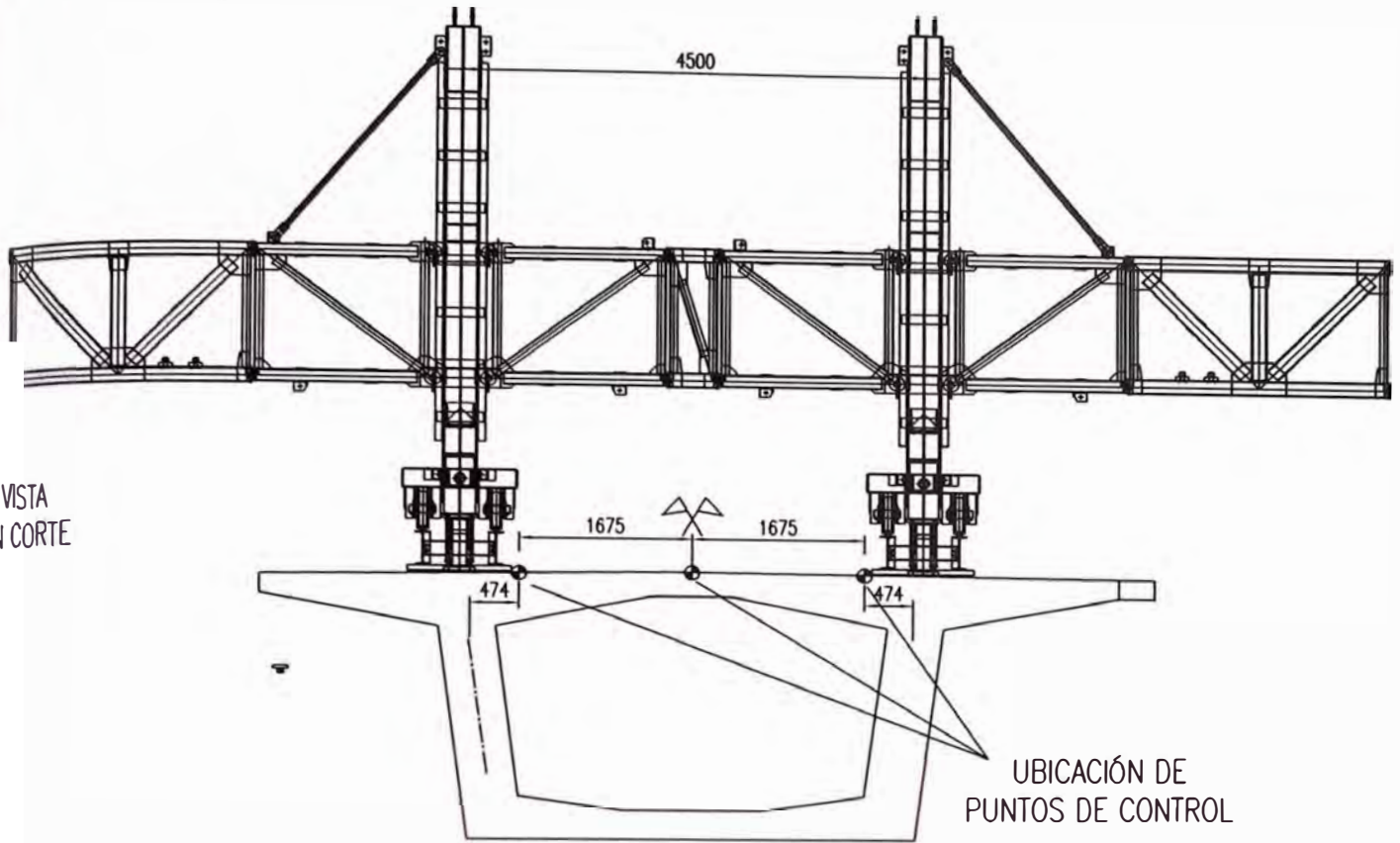
PUNTO DE CONTROL	COORDENADAS		
	X	Y	Z
PC1-000-27			
PC2-000-27			
PC3-000-27			
PC1-001-27			
PC2-001-27			
PC3-001-27			
PC1-100-26			
PC2-100-26			
PC3-100-26			
PC1-000-26			
PC2-000-26			
PC3-000-26			
PC1-001-26			
PC2-001-26			
PC3-001-26			
PC1-002-26			
PC2-002-26			
PC3-002-26			
PC1-003-26			
PC2-003-26			
PC3-003-26			
PC1-004-26			
PC2-004-26			
PC3-004-26			
PC1-005-26			
PC2-005-26			
PC3-005-26			
PC1-006-26			
PC2-006-26			
PC3-006-26			
PC1-007-26			
PC2-007-26			
PC3-007-26			
PC1-008-26			
PC2-008-26			
PC3-008-26			
PC1-009-26			
PC2-009-26			
PC3-009-26			
PC1-010-26			
PC2-010-26			
PC3-010-26			

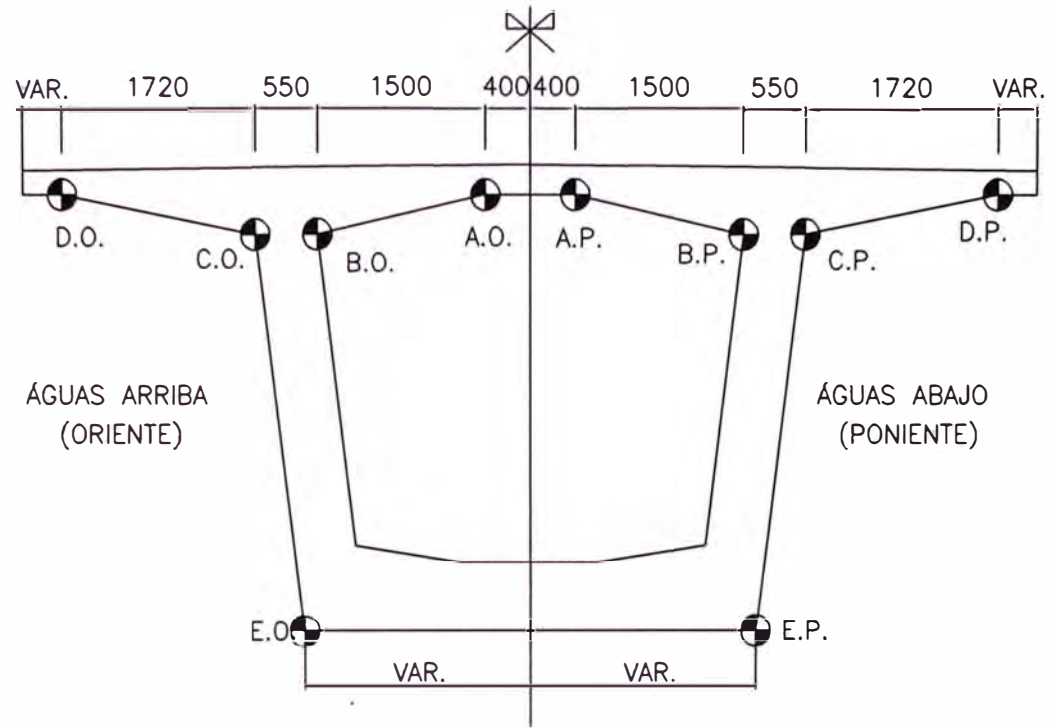
PUNTO DE CONTROL	COORDENADAS		
	X	Y	Z
PC1-000-26			
PC2-000-26			
PC3-000-26			
PC1-001-26			
PC2-001-26			
PC3-001-26			
PC1-002-26			
PC2-002-26			
PC3-002-26			
PC1-003-26			
PC2-003-26			
PC3-003-26			
PC1-004-26			
PC2-004-26			
PC3-004-26			
PC1-005-26			
PC2-005-26			
PC3-005-26			
PC1-006-26			
PC2-006-26			
PC3-006-26			
PC1-007-26			
PC2-007-26			
PC3-007-26			
PC1-008-26			
PC2-008-26			
PC3-008-26			
PC1-009-26			
PC2-009-26			
PC3-009-26			
PC1-010-26			
PC2-010-26			
PC3-010-26			

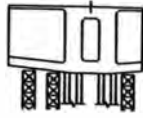
PUNTO DE CONTROL	COORDENADAS		
	X	Y	Z
PC1-000-26			
PC2-000-26			
PC3-000-26			
PC1-001-26			
PC2-001-26			
PC3-001-26			
PC1-002-26			
PC2-002-26			
PC3-002-26			
PC1-003-26			
PC2-003-26			
PC3-003-26			
PC1-004-26			
PC2-004-26			
PC3-004-26			
PC1-005-26			
PC2-005-26			
PC3-005-26			
PC1-006-26			
PC2-006-26			
PC3-006-26			
PC1-007-26			
PC2-007-26			
PC3-007-26			
PC1-008-26			
PC2-008-26			
PC3-008-26			
PC1-009-26			
PC2-009-26			
PC3-009-26			
PC1-010-26			
PC2-010-26			
PC3-010-26			



UBICACIÓN DE LOS PUNTOS DE CONTROL

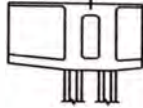






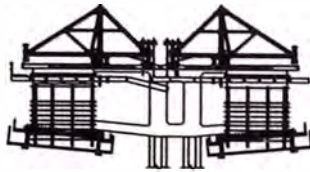
ETAPA 0

- DSP hormigonada.
- Tensado DSP no iniciado.
 - Descimbre no iniciado.



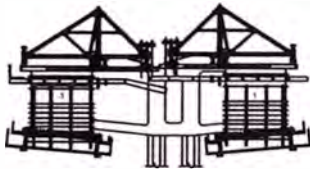
ETAPA 1

- DSP hormigonada.
- Tensado DSP terminado.
 - Montaje de corros de avance no iniciado.



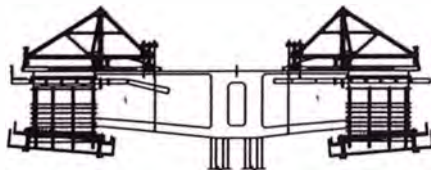
ETAPA 2

- DSP hormigonada.
- Montaje de corros de avance terminado.
 - Instalación de refuerzo en D1 no iniciado.



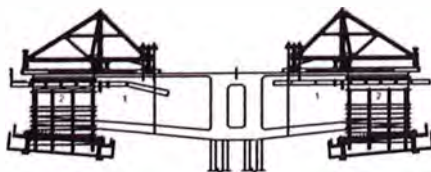
ETAPA 3

- D1 hormigonado.
- Tensado D1 no iniciado.
 - Lanzamiento de corros o D2 no iniciado.



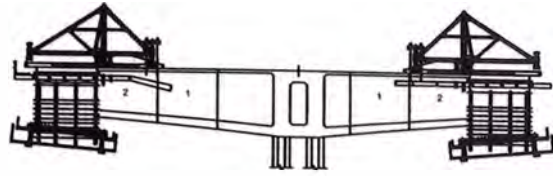
ETAPA 4

- D1 hormigonado.
- Lanzamiento de corros a D2 finalizado.
 - Instalación de refuerzo en D2 no iniciado.



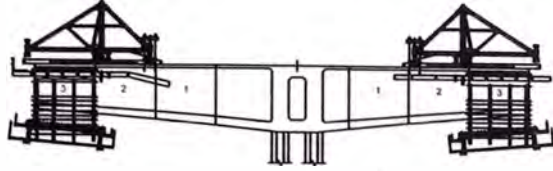
ETAPA 5

- D2 hormigonado.
- Tensado D2 no iniciado.
 - Lanzamiento de corros o D3 no iniciado.



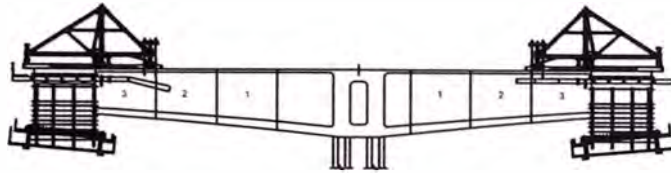
ETAPA 6

- D2 hormigonado.
- Lanzamiento de corras a D3 finalizado.
 - Instalación de refuerzo en D3 no iniciado.



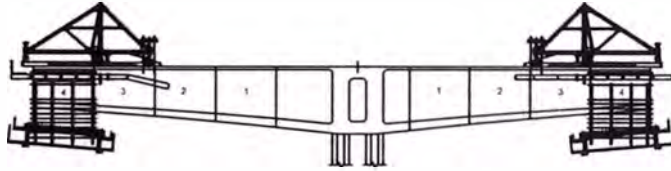
ETAPA 7

- D3 hormigonado.
- Tensado D3 no iniciado.
 - Lanzamiento de corras a D4 no iniciado.



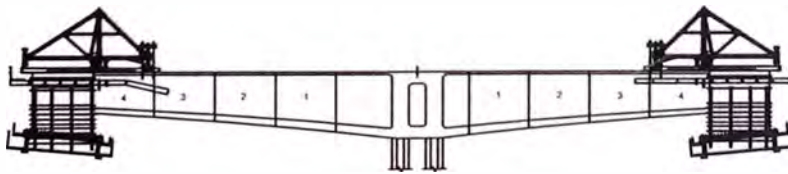
ETAPA 8

- D3 hormigonado.
- Lanzamiento de corras a D4 finalizado.
 - Instalación de refuerzo en D4 no iniciado.



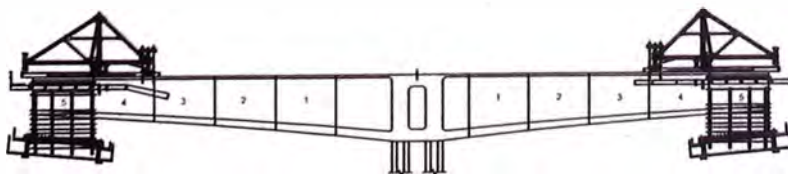
ETAPA 9

- D4 hormigonado.
- Tensado D4 no iniciado.
 - Lanzamiento de corras a D5 no iniciado.



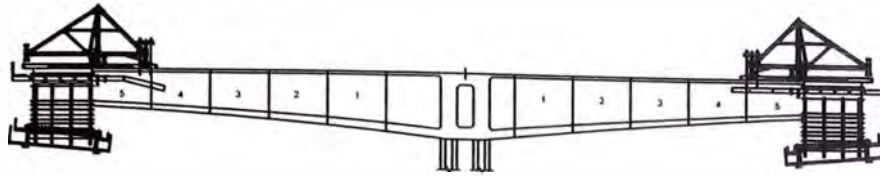
ETAPA 10

- D4 hormigonado.
- Lanzamiento de corras a D5 finalizado.
 - Instalación de refuerzo en D5 no iniciado.



ETAPA 11

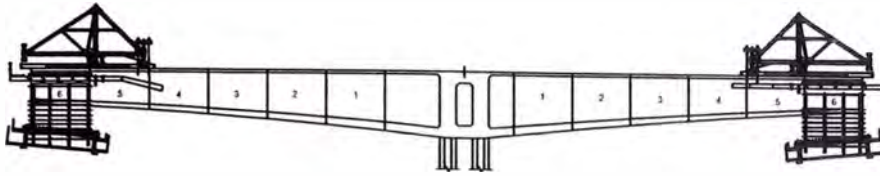
- D5 hormigonado.
- Tensado D5 no iniciado.
 - Lanzamiento de corras a D6 no iniciado.



ETAPA 12

D5 hormigonada.

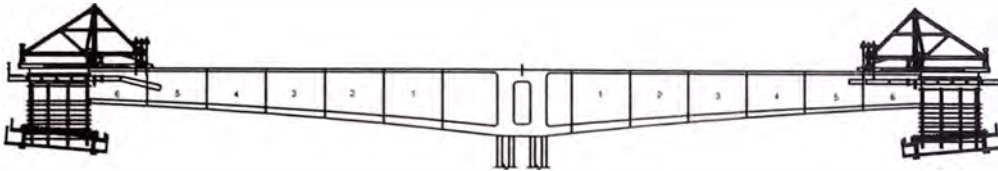
- Lanzamiento de carros a D6 finalizado.
- Instalación de refuerzo en D6 no iniciado.



ETAPA 13

D6 hormigonada.

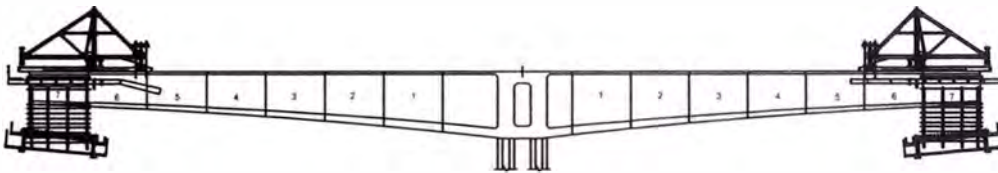
- Tensado D6 no iniciado.
- Lanzamiento de carros a D7 no iniciado.



ETAPA 14

D6 hormigonada.

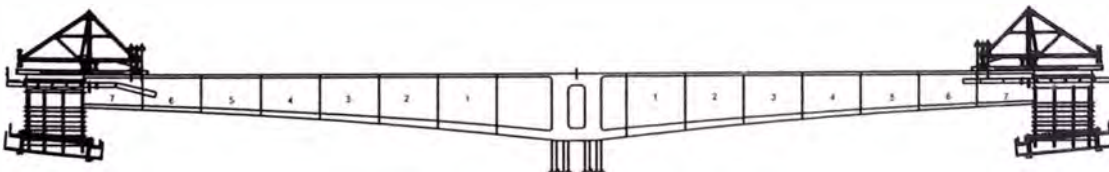
- Lanzamiento de carros a D7 finalizado.
- Instalación de refuerzo en D7 no iniciado.



ETAPA 15

D7 hormigonada.

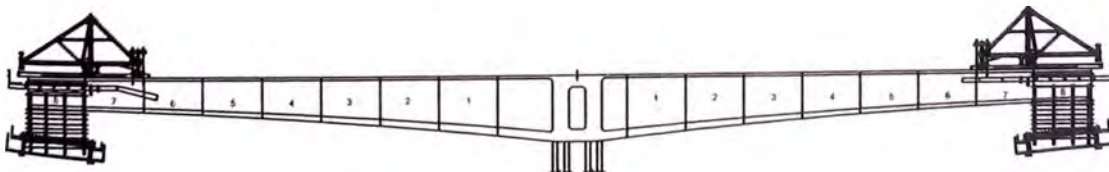
- Tensado D7 no iniciado.
- Lanzamiento de carros a D8 no iniciado.



ETAPA 16

D7 hormigonada.

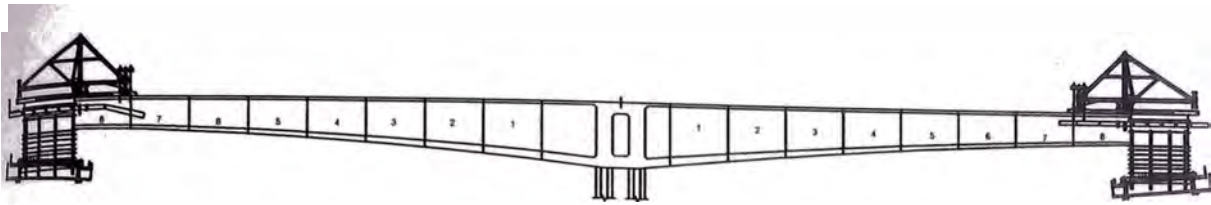
- Lanzamiento de carros a D8 finalizado.
- Instalación de refuerzo en D8 no iniciado.



ETAPA 17

D8 hormigonada.

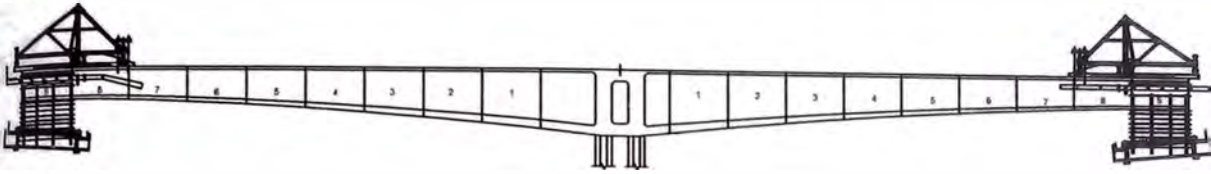
- Tensado D8 no iniciado.
- Lanzamiento de carros a D9 no iniciado.



ETAPA 18

D8 hormigonada.

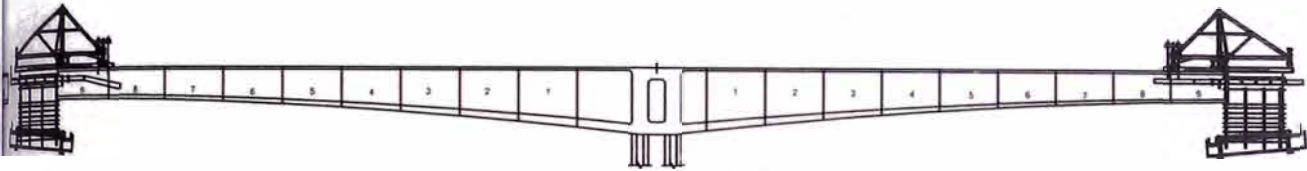
- Lanzamiento de carros a D9 finalizado.
- Instalación de refuerzo en D9 no iniciado.



ETAPA 19

D9 hormigonada.

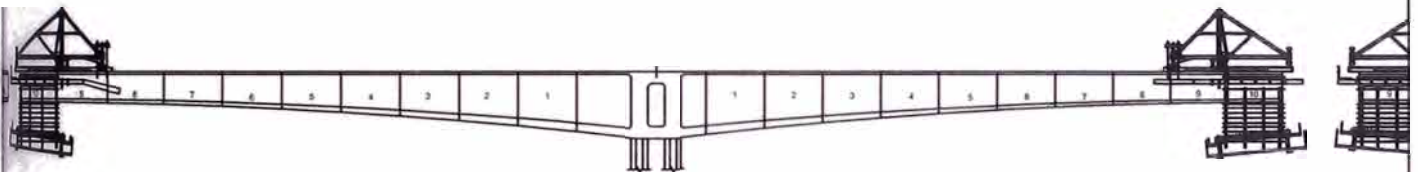
- Tensado D9 no iniciado.
- Lanzamiento de carros a D10 no iniciado.
- TE en cimbre, finalizado.



ETAPA 20

D9 hormigonada.

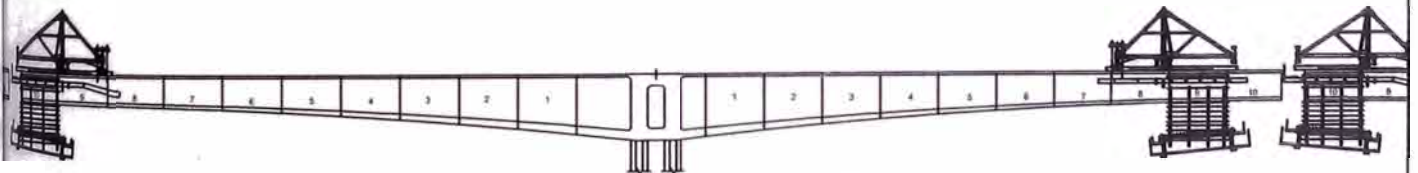
- Lanzamiento de carros a D10 finalizado.
- Instalación de refuerzo en D10 no iniciado.
- Retirada de 2,5 metros de cimbre en TE.



ETAPA 21

D10 hormigonada.

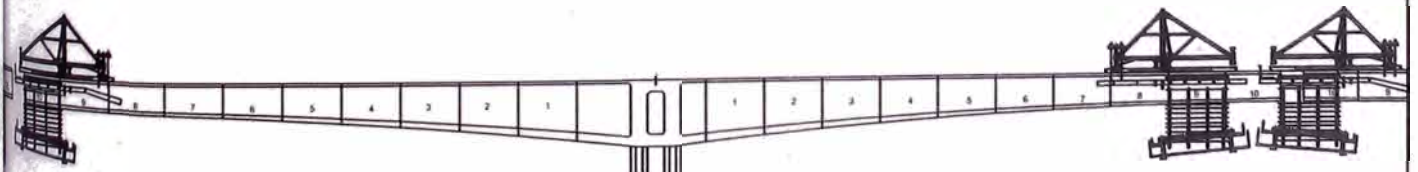
- Tensado D10 no iniciado.
- Retroceso de carro central no iniciado.



ETAPA 22

D10 hormigonada.

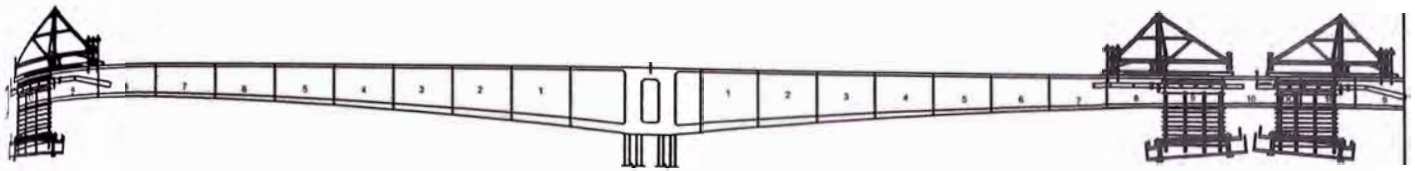
- Tensado D10 finalizado.
- Retroceso de carro central para dovela anterior.



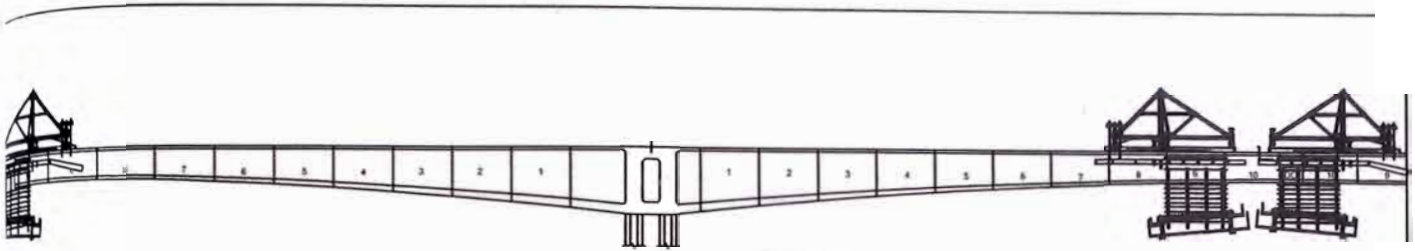
ETAPA 23

D10 hormigonada.

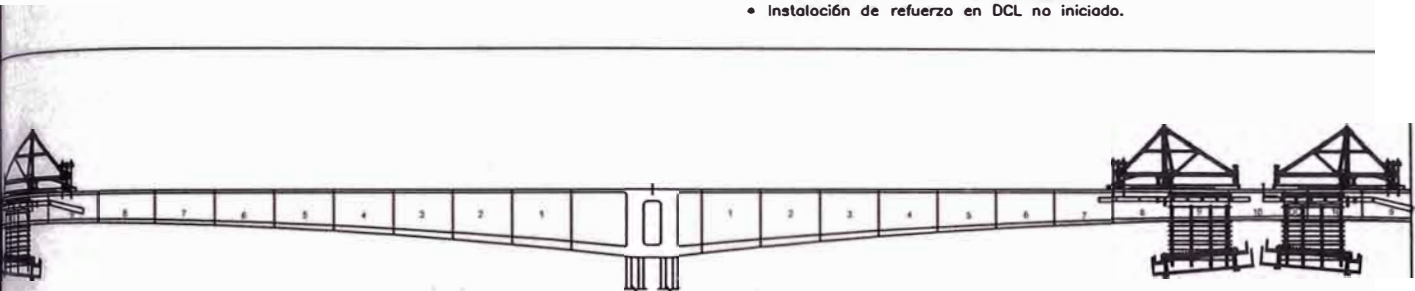
- Lanzamiento de carro a DC finalizado.
- Instalación de refuerzo en DC no iniciado.



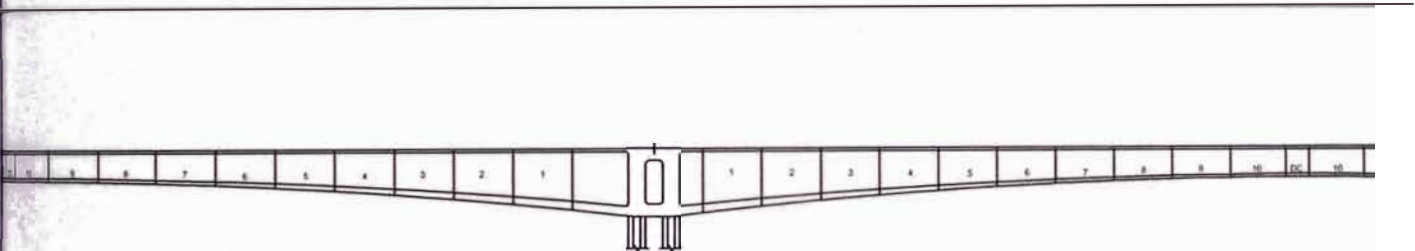
ETAPA 24
 DC hormigonado.
 • Tensado DC no iniciado.
 • Lanzamiento de carro a DCL no iniciado.



ETAPA 25
 DC hormigonado.
 • Tensado de continuidad a 90%.
 • Lanzamiento de carro a DCL finalizado.
 • Instalación de refuerzo en DCL no iniciado.



ETAPA 26
 DCL hormigonado.
 • Tensado de continuidad finalizado.
 • Tensado DCL no iniciado.



ETAPA 27
 DCL hormigonado.
 • Tensado DCL finalizado.
 • Retiro de cimbre en TE finalizado.
 • Retiro y desmontaje de carros de avance finalizado.

- Dovela sobre Pila
- Dovela de cierre
- Dovela de cierre lateral (2,50m)
- Tramo extremo

ANEXO 2:

**MEMORIA DE CÁLCULO DE LAS
REACCIONES EN LOS PUNTOS Y ANCLAJE
DE LOS CARROS DE AVANCE EN DOVELAS
DEL PUENTE SOBRE LA VÍA EVITAMIENTO**

1. GENERALIDADES:

La presente memoria de cálculo tiene como objetivo demostrar que los principales elementos componentes del carro de avance cumplen con los requisitos de carga a los que van a estar sometidos, así como presentar las diversas reacciones en los puntos de apoyo y anclaje que se producen en las etapas de vaciado para cada una de las 12 dovelas, según el proceso constructivo del Puente Huáscar.

Las figuras 01, 02 y 03, muestran la elevación lateral y las secciones delantera y posterior del carro de avance respectivamente en la posición de encofrado.

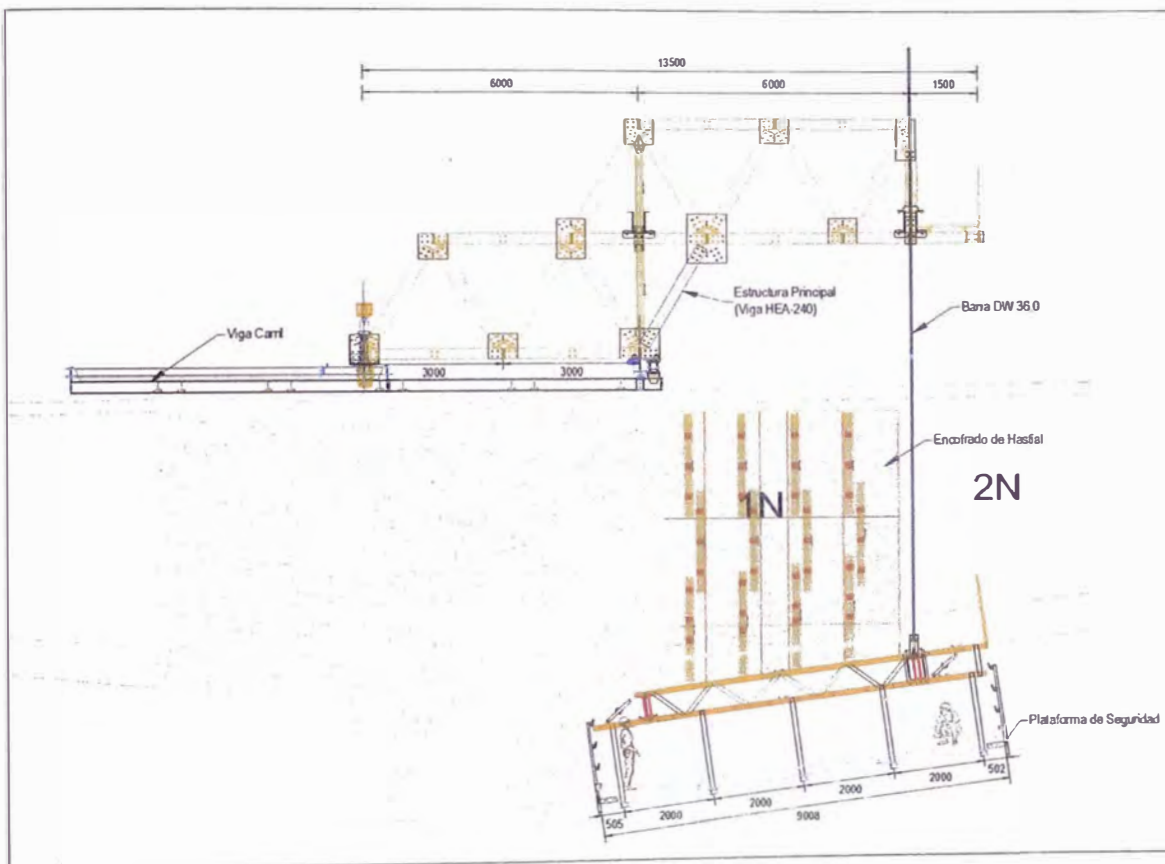


Figura N° 01. Elevación Lateral Carro de Avance.

Elaborado por	
Nombre / Función: M. Asencio Dpto. Técnico	D: 21 M: 03 A: 13
Finna:	

Revisado por	
Nombre / Función: G. Cochachi J. D. Técnico	D: 21 M: 03 A: 13
Finna:	

Aprobado por	
Nombre / Función: A. Sierra G.D. Técnico	D: 21 M: 03 A: 13
Finna:	

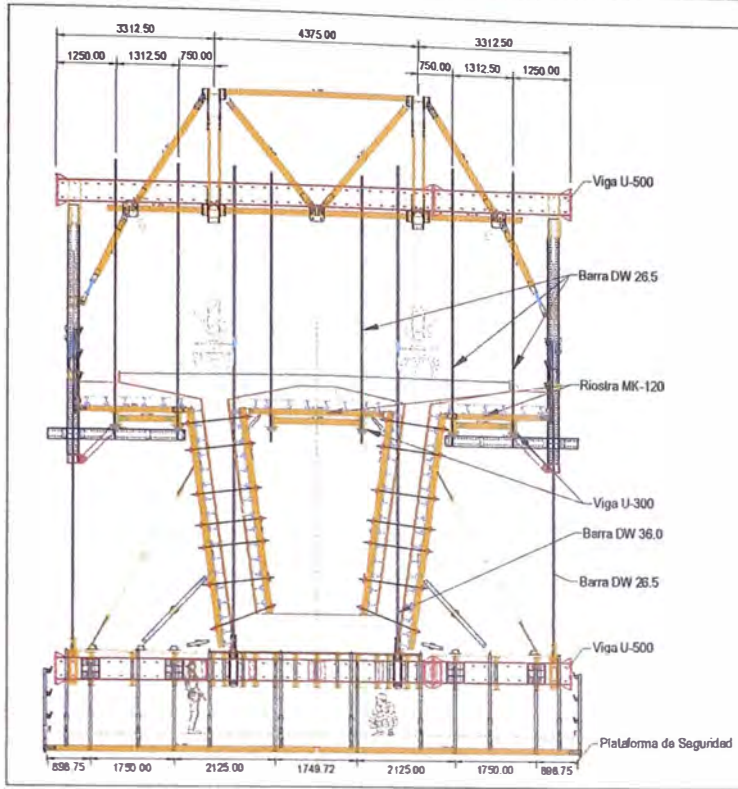


Figura N° 02. Sección Delantera del Carro de Avance en posición de encofrado.

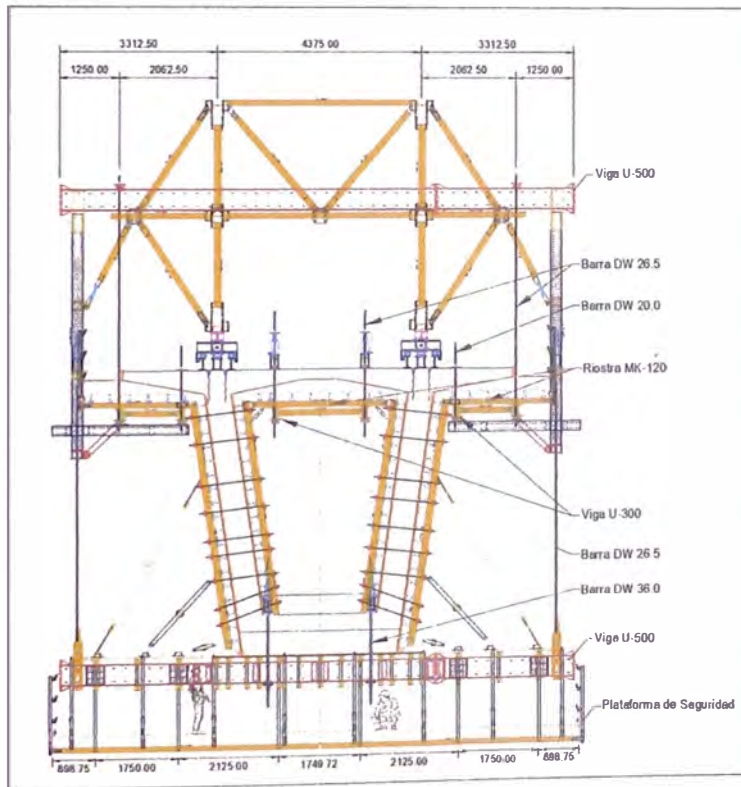


Figura N° 03. Sección Posterior del Carro de Avance en posición de encofrado.

Elaborado por		D: 21
Nombre / Función: M. Asencio	Dpto. Técnico	M: 03
Firma:		A: 13

Revisado por		D: 21
Nombre / Función: G. Cochachi	J. D. Técnico	M: 03
Firma:		A: 13

Aprobado por		D: 21
Nombre / Función: A. Sierra	G.D. Técnico	M: 03
Firma:		A: 13

2. DESCRIPCIÓN DE LOS PRINCIPALES ELEMENTOS RESISTENTES DEL CARRO DE AVANCE

2.1. VIGA U-500

Elemento estructural compuesto de 2 perfiles U-500 unidos entre sí, mediante el Separador DU500-250, Tornillos M30, Tuercas y arandelas del mismo diámetro. Estos elementos serán los encargados de soportar gran parte del peso de la dovela durante la etapa de vaciado. Las capacidades admisibles de estos elementos se muestran en el cuadro 01.

Cuadro 01. Capacidades admisibles Viga U-500

Elemento	Momento Admisible (Ton_m)	Corte Admisible (Ton)
Viga U-500	63.94	213.00

2.2. VIGA UPN-300

Elemento estructural compuesto de 2 perfiles UPN-300 unidos entre sí, mediante Separadores UPN-300 y pernos. Estos elementos serán los encargados de soportar el peso de las alas de las losas superiores durante la etapa de vaciado. Las capacidades admisibles de estos elementos se muestran en el cuadro 02.

Cuadro 02. Capacidades admisibles Viga UPN-300

Elemento	Momento Admisible (Ton_m)	Corte Admisible (Ton)
Viga UPN-300	17.02	66.00

2.3. RIOSTRAS MK-120

Elemento estructural compuesto de 2 perfiles UPN-120 unidos entre sí, mediante casquillos y pernos. Estos elementos serán los encargados de soportar el peso de la losa durante la etapa de vaciado. Las capacidades admisibles de estos elementos se muestran en el cuadro 03.

Cuadro 03. Capacidades admisibles Riostra MK-120

Elemento	Momento Admisible (Ton_m)	Corte Admisible (Ton)
Riostra MK-180	1.89	14.00

Elaborado por	
Nombre / Función: M. Asencio Dpto. Técnico	D: 21 M: 03 A: 13
Firma:	

Revisado por	
Nombre / Función: G. Cochachi J. D. Técnico	D: 21 M: 03 A: 13
Firma:	

Aprobado por	
Nombre / Función: A. Sierra G.D. Técnico	D: 21 M: 03 A: 13
Firma:	

2.4. BARRA DE ANCLAJE DW36

La barra roscada 36 mm se usa para resistir las vigas U-500, tanto en la parte delantera como posterior del encofrado (zona central). Sus características mecánicas le permiten resistir una fuerza a tracción de 85.60 Ton.

2.5. BARRA DE ANCLAJE DW26.5

La barra roscada 26.5 mm se usa para resistir las vigas U-500, tanto en la parte delantera como posterior del encofrado (zona lateral), así como para las vigas UPN-300 de ala (zona delantera completa y la posterior solo los extremos) y la losa interior superior. Sus características mecánicas le permiten resistir una fuerza a tracción de 46.40 Ton.

2.6. BARRA DE ANCLAJE DW20

La barra roscada 20 mm se usa para resistir las vigas UPN-300 de ala (zona posterior interior). Sus características mecánicas le permiten resistir una fuerza a tracción de 16.00 Ton.

2.7. VIGA HEA-240

Elemento que forma parte de la estructura principal del Carro de Avance, forjado en acero S 275 JR. Del cuadro 04, obtendremos los valores característicos de la Viga.

Cuadro 04. Valores característicos de las Vigas HEA

HEA (I) IPBL	DIMENSIONES (mm)					ÁREA cm ²	PESO kg/m	MOMENTO RESPECTO A LOS EJES					
	h	b	s	t	r			EJE X - X			EJE Y - Y		
								Ix cm ⁴	Sx cm	Rx cm	Iy cm ⁴	Sy cm ³	Ry cm
100	96	100	5.0	8.0	12	21.2	16.7	349	72.8	4.06	134	26.8	2.51
120	114	120	5.0	8.0	12	25.3	19.9	606	106.0	4.89	231	38.5	3.02
140	133	140	5.5	8.5	12	31.4	24.7	1030	155.0	5.73	389	55.6	3.52
160	152	160	6.0	9.0	15	38.8	30.4	1670	220.0	6.57	616	76.9	3.98
180	171	180	6.0	9.5	15	45.3	35.5	2510	294.0	7.45	925	103.0	4.52
200	190	200	6.5	10.0	18	53.8	42.3	3690	389.0	8.28	1340	134.0	4.98
220	210	220	7.0	11.0	18	64.3	50.5	5410	515.0	9.17	1950	178.0	5.51
240	230	240	7.5	12.0	21	76.8	60.3	7760	675.0	10.10	2770	231.0	6.00
260	250	260	7.5	12.5	24	86.8	68.2	10450	836.0	11.00	3670	282.0	6.50
280	270	280	8.0	13.0	24	97.3	76.4	13670	1010.0	11.90	4760	340.0	7.00
300	290	300	8.5	14.0	27	112.0	88.3	18260	1260.0	12.70	6310	421.0	7.49

Elaborado por		D: 21
Nombre / Función: M. Asencio	Dpto. Técnico	M: 03
Firma:		A: 13

Revisado por		D: 21
Nombre / Función: G. Cochachi	J. D. Técnico	M: 03
Firma:		A: 13

Aprobado por		D: 21
Nombre / Función: A. Sierra	G.D. Técnico	M: 03
Firma:		A: 13

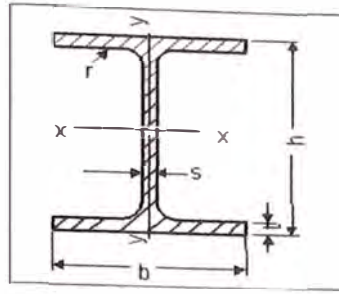


Figura N° 04. Sección Típica de Viga HEA.

Cuadro 05. Resistencias Características y Propiedades de la Sección

Viga HEA-240

Modulo de Elasticidad	E =	2100000 Kg/cm ²
Limite Elástico	f _y =	2750 Kg/cm ²

Área Bruta de la Sección	A _b =	76.80 cm ²
Momento de Inercia x-x	I _x =	7760.00 cm ⁴
Momento de Inercia y-y	I _y =	2770.00 cm ⁴
Modulo de Sección x-x	S _x =	675.00 cm ³
Modulo de Sección y-y	S _y =	231.00 cm ³
Radio de giro x-x	r _x =	10.10 cm
Radio de giro y-y	r _y =	6.00 cm

Calculo de la capacidad de Carga Axial según el formulas del AISC-LRFD:

$$\phi_c P_n \geq P_u$$

Donde:

- $\phi_c = 0.85$.
- P_n resistencia nominal = $A_b \times F_{cr}$.
- P_u Carga Factorizada.
- F_{cr} Esfuerzo critico de pandeo, dado como sigue:
 - a) Cuando $\lambda_c \leq 1.50$ $F_{cr} = (0.658\lambda_c^2) F_y$
 - b) Cuando $\lambda_c > 1.50$ $F_{cr} = \frac{(0.877)}{\lambda_c^2} F_y$

$$\lambda_c = \frac{kL}{r} * \sqrt{\frac{f_y}{(\pi^2 * E)}}$$

Elaborado por		D: 21
Nombre / Función:	Dpto. Técnico	M: 03
Firma:	M. Asencio	A: 13

Revisado por		D: 21
Nombre / Función:	J. D. Técnico	M: 03
Firma:	G. Cochachi	A: 13

Aprobado por		D: 21
Nombre / Función:	G.D. Técnico	M: 03
Firma:	A. Sierra	A: 13

Longitud de Viga: $L = 300 \text{ cm.}, K = 1.00$

El eje débil de la viga controla el diseño.

$$\lambda_c = \frac{1 \times 300}{6} * \sqrt{\frac{2750}{(\pi^2 * 2100000)}} = 0.58$$

Entonces:

$$F_{cr} = (0.658^{0.58^2}) * 2750 = 2388.82 \text{ Kg/cm}^2$$

$$P_n = 76.80 * 2388.82 = 183461 \text{ Kg} = 183.46 \text{ Ton}$$

$$\phi_c P_n = 0.85 * 183.46 = 155.94 \text{ Ton (Resistencia a Compresion)}$$

Calculo de la capacidad a Corte:

$$V = \frac{0.6 * f_y * A_c}{1.50}$$

Donde:

- $A_c = 230 * 7.50 = 1725 \text{ mm}^2 = 17.25 \text{ cm}^2$

$$V = \frac{0.6 * 2750 * 17.25}{1.50} = 18975 \text{ Kg} = 18.98 \text{ Ton (Resistencia a Corte)}$$

Calculo de la capacidad a Momento:

$$M = 0.6 * f_y * S_x$$

Donde:

- $S_x = 675 \text{ cm}^3$

$$M = 0.6 * 2750 * 675 = 1113750 \text{ Kg}_m = 11.14 \text{ Ton}_m \text{ (Resistencia a Momento)}$$

Cuadro 06. Capacidades admisibles Viga HEA-240

Elemento	Axial Admisible (Ton)	Corte Admisible (Ton)	Momento Admisible (Ton_m)
Viga HEA-240	155.94	18.98	11.14

Elaborado por	
Nombre / Función: M. Asencio Dpto. Técnico	D: 21 M: 03 A: 13
Firma:	

Revisado por	
Nombre / Función: G. Cochachi J. D. Técnico	D: 21 M: 03 A: 13
Firma:	

Aprobado por	
Nombre / Función: A. Sierra G.D. Técnico	D: 21 M: 03 A: 13
Firma:	

2.8. TORNILLOS M30

Elemento que sirve para unir las Vigas HEA-240 entre si mediante las diferentes Placas HEA y formar así la estructura principal.

Calculo de la capacidad a Corte:

$$F_{v,Rd} = \frac{n * 0.50 * f_{ub} * A_c}{\gamma_{M2}}$$

Donde:

- Limite a la rotura del Tornillo: $f_{ub} = 8000 \text{ Kg/cm}^2$.
- Área de la caña del Tornillo: $A_c = 5.61 \text{ cm}^2$.
- Números de planos de corte: $n = 1$.
- Coeficiente Parcial de Seguridad: $\gamma_{M2} = 1.25$.

Por lo tanto:

$$F_{v,Rd} = \frac{1 * 0.50 * 8000 * 5.61}{1.25} = 17952 \text{ Kg} = 17.95 \text{ Ton (Resistencia a Corte)}.$$

3. ANÁLISIS ESTRUCTURAL:

El análisis estructural será realizado mediante el programa SAP 2000 v15 para la dovela 1, obteniendo los diferentes valores de reacción en las barras. Para las demás dovelas se presentara el cuadro resumen de las reacciones obtenidas de la misma forma.

3.1 CARGAS ESTÁTICAS

Las cargas estáticas consideradas para el siguiente análisis son las siguientes:

- **MATERIALES:** Este tipo de carga corresponden al peso propio del encofrado, llámese encofrado de fondo, encofrado de alas + hastial exterior, etc. Estos valores serán introducidos manualmente como una carga extra para simular el peso de los elementos pertenecientes al encofrado, para realizar la aplicación de esta carga en la definición del material se le dará el valor de cero a la densidad del material con el cual está hecho el elemento en análisis.
- **CONCRETO:** Este tipo de carga corresponde únicamente al peso del concreto proveniente del encofrado de la dovela en análisis ($\gamma_{CONC.} = 2.50 \text{ Ton/m}^3$).
- **SOBRECARGA:** Este tipo de carga corresponde a la carga por personal de trabajo sobre las plataformas de vaciado. Para el análisis se considero una sobrecarga de 0.10 Ton/m^2 .

Elaborado por		
Nombre / Función:	Dpto. Técnico	D: 21
M. Asencio		M: 03
Firma:		A: 13

Revisado por		
Nombre / Función:	J. D. Técnico	D: 21
G. Cochachi		M: 03
Firma:		A: 13

Aprobado por		
Nombre / Función:	G.D. Técnico	D: 21
A. Sierra		M: 03
Firma:		A: 13

Se realizó un metrado de los elementos componentes del carro de avance, los cuales se presentan a continuación:

- Estructura Principal = 22.00 Ton.
- Encofrado Alas + Hastial Exterior + Soporte = 13.00 Ton.
- Encofrado Losa Interior Superior + Hastial Interior = 9.50 Ton.
- Encofrado de Fondo + Soporte = 12.00 Ton.

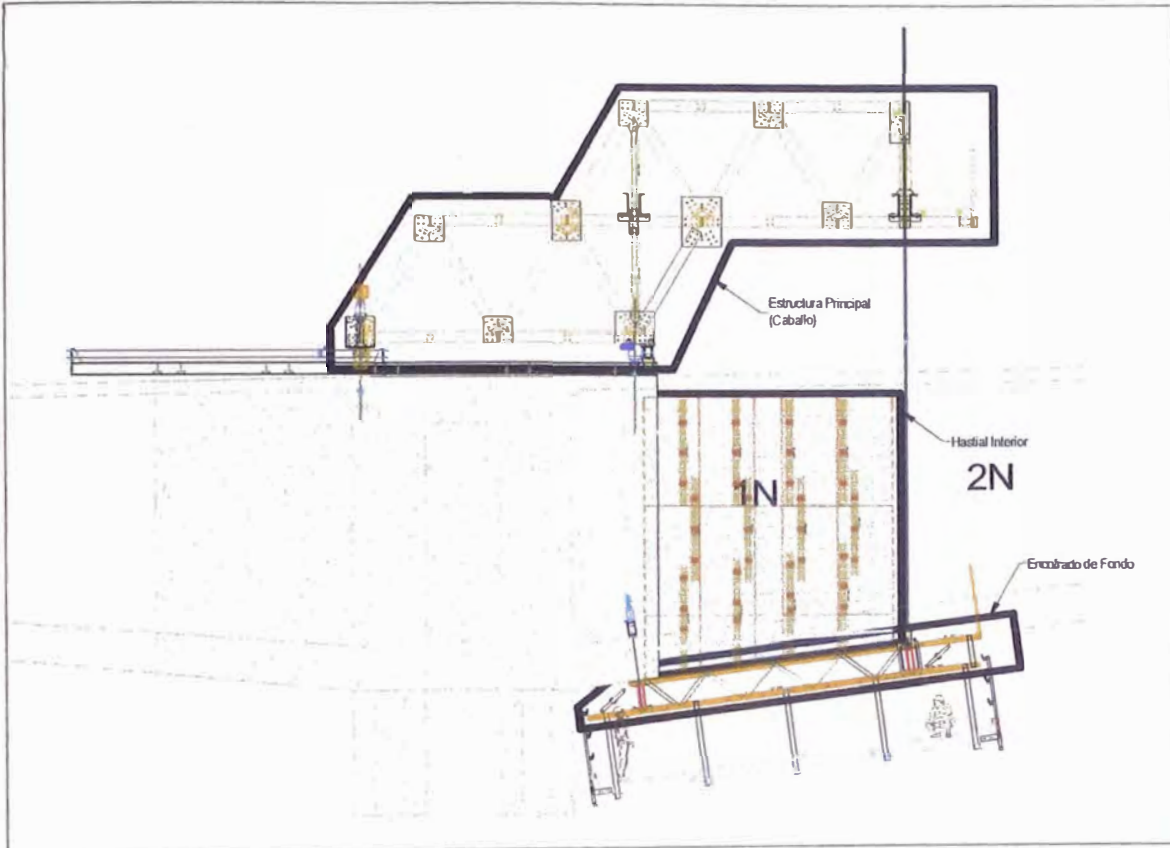


Figura N° 05. Componentes del Carro de Avance - Elevación Lateral.

Elaborado por		
Nombre / Función:	D: 21	
M: Asencio Dpto. Técnico	M: 03	
	A: 13	

Revisado por		
Nombre / Función:	D: 21	
G. Cochachi J. D. Técnico	M: 03	
Firma:	A: 13	

Aprobado por		
Nombre / Función:	D: 21	
A. Sierra G.D. Técnico	M: 03	
Firma:	A: 13	

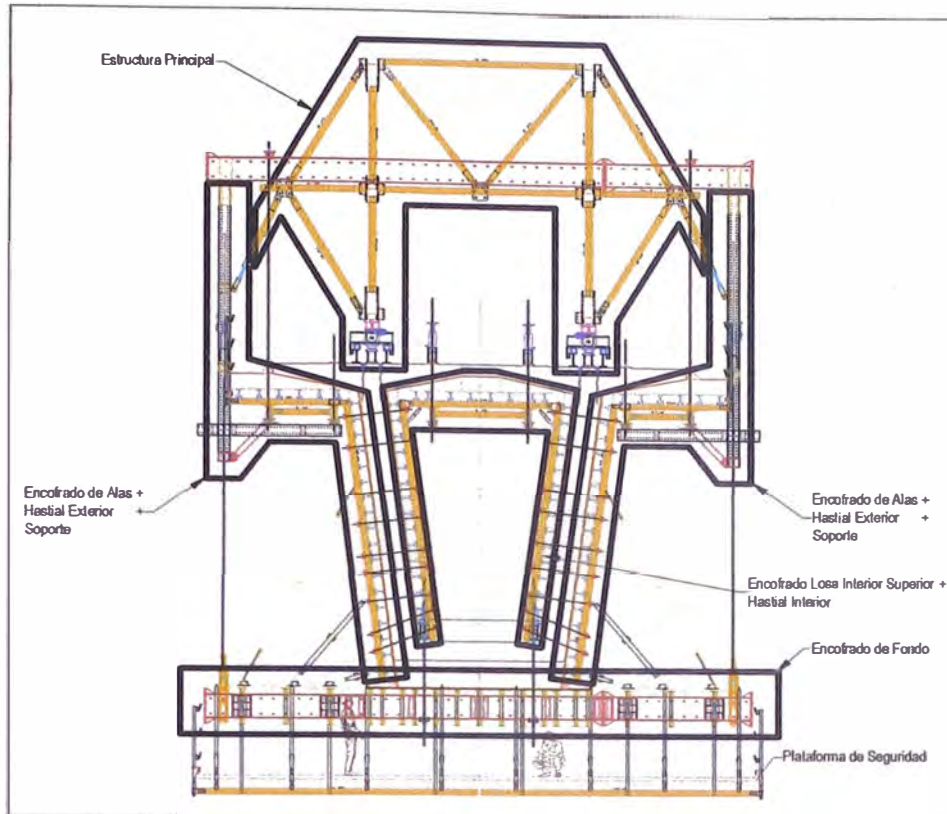


Figura N° 06. Componentes del Carro de Avance - Sección.

3.2 ANÁLISIS DE VIGA U-500

En el análisis de las vigas U-500 (encofrado de fondo), para la determinación de las cargas trabajaremos con la carga de concreto obtenida del volumen que se obtiene de la sección media y la mitad de la longitud de la dovela. La carga proviene de soportar la losa inferior y los hastiales.

Carga de Losa Inferior:

$$w = \frac{0.92 \times 4.72 \times 2.50}{2} = 5.37 \text{ Ton/m}$$

Carga de Hastial:

$$w = \frac{5.55 \times 2.50 \times 4.72}{2} = 32.78 \text{ Ton/m}$$

Sobrecarga:

$$w = \frac{0.10 \times 4.72}{2} = 0.24 \text{ Ton/m}$$

Elaborado por		
Nombre / Función:	Dpto. Técnico	D: 21
M. Asencio		M: 03
Firma:		A: 13

Revisado por		
Nombre / Función:	J. D. Técnico	D: 21
G. Cochachi		M: 03
Firma:		A: 13

Aprobado por		
Nombre / Función:	G.D. Técnico	D: 21
A. Sierra		M: 03
Firma:		A: 13

Peso Propio de Encofrado:

$$w = \frac{12.00}{11.00 \times 2} = 0.55 \text{ Ton/m}$$

Peso de Plataforma de Seguridad Anticaídas:

$$w = \frac{5.00}{11.20 \times 9.00} = 0.05 \text{ Ton/m}^2$$

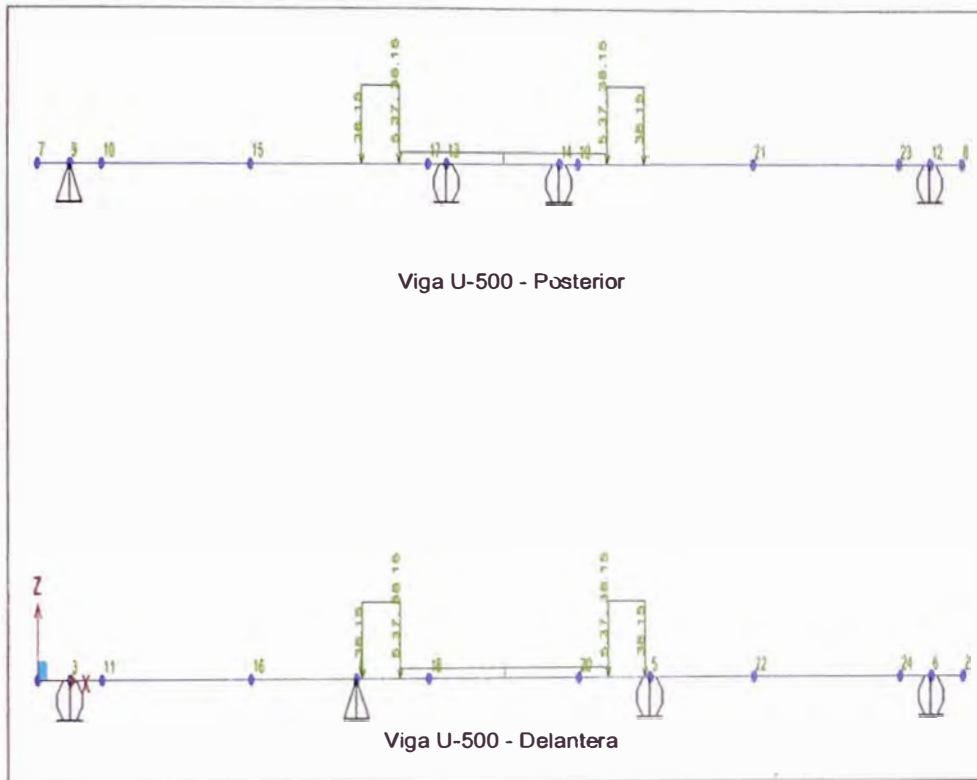


Figura N° 07. Viga U-500 - Concreto.

Elaborado por	
Nombre / Función: M. Abencio Dpto. Técnico	D: 21 M: 03 A: 13
Firma:	

Revisado por	
Nombre / Función: G. Cochachi J. D. Técnico	D: 21 M: 03 A: 13
Firma:	

Aprobado por	
Nombre / Función: A. Sierra G.D. Técnico	D: 21 M: 03 A: 13
Firma:	

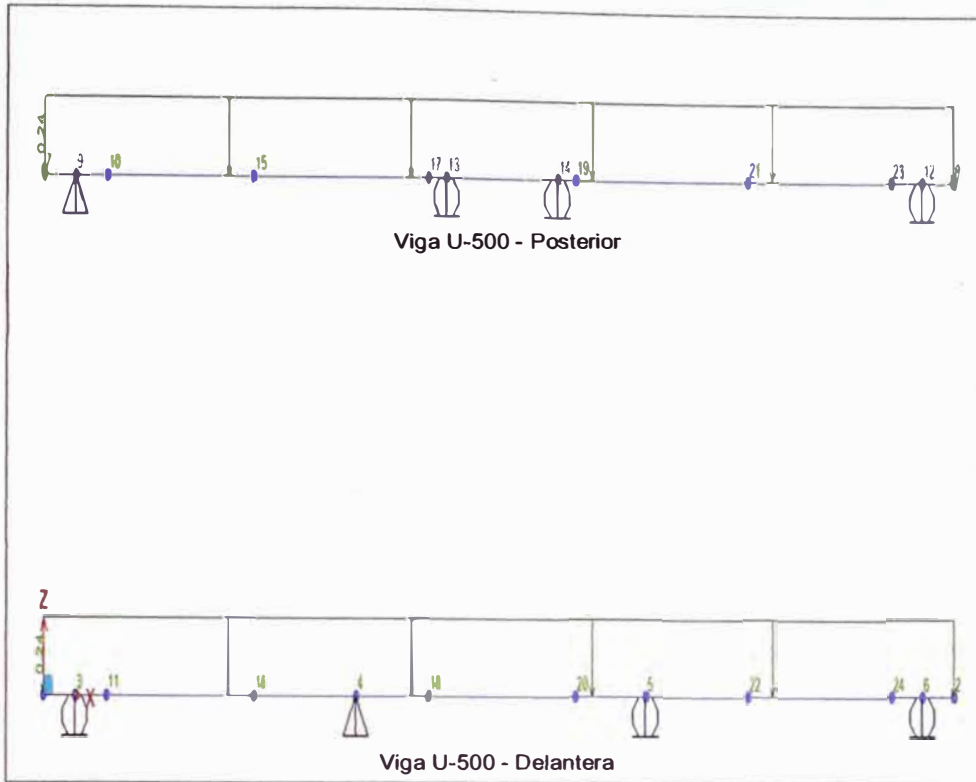


Figura N° 08. Viga U-500 - Sobrecarga.

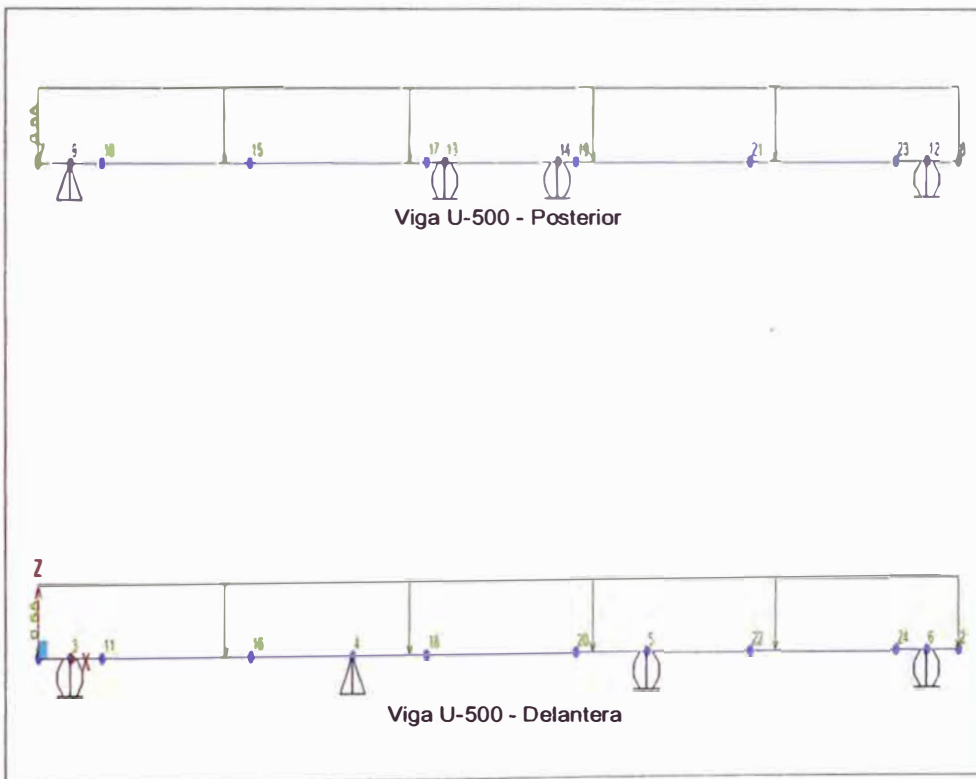


Figura N° 09. Viga U-500 - Materiales.

Elaborado por	
Nombre / Función: M. Asencio	Dpto. Técnico
Nombre:	
D: 21	M: 03
A: 13	

Revisado por	
Nombre / Función: G. Cochachi	J. D. Técnico
Nombre:	
D: 21	M: 03
A: 13	

Aprobado por	
Nombre / Función: A. Sierra	G.D. Técnico
Nombre:	
D: 21	M: 03
A: 13	

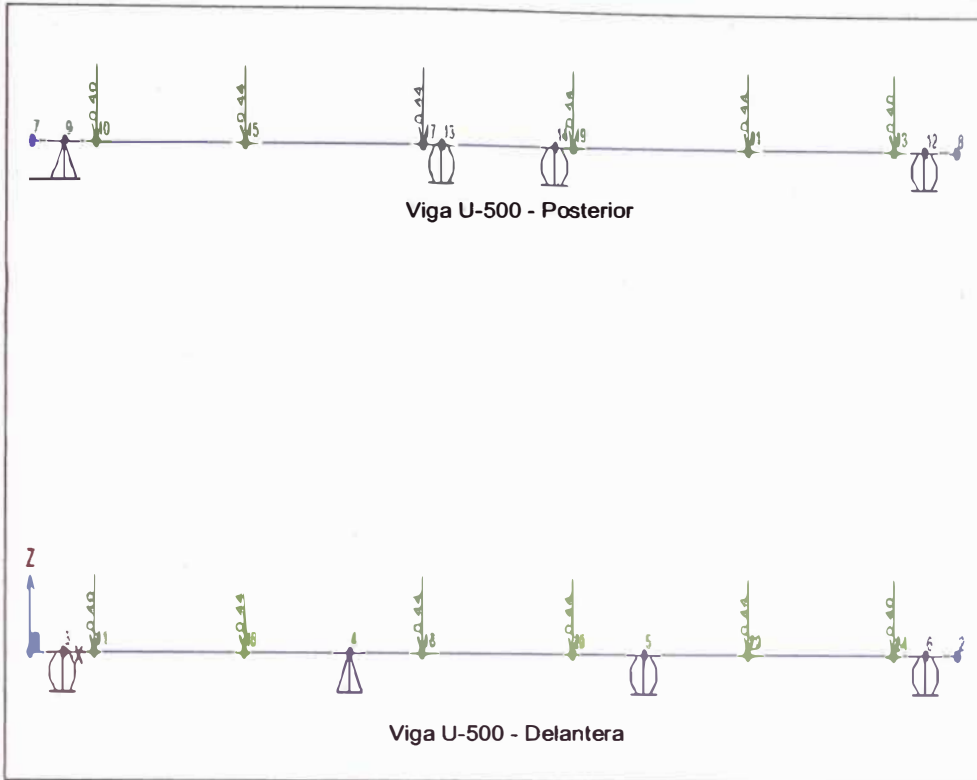


Figura N° 10. Viga U-500 - Plataforma de Seguridad.

Del análisis de la viga U-500 tenemos las reacciones y fuerzas internas en el elemento según se ven en los cuadros 07 y 08 respectivamente.

Cuadro 07. Reacciones en los puntos de apoyo.

TABLE: Joint Reactions				
Joint Text	OutputCase Text	CaseType Text	F3 Tonf	Ubicación Viga U-500
3	COMB1	Combination	0.17	Delantera
4	COMB1	Combination	29.06	
5	COMB1	Combination	29.06	
6	COMB1	Combination	0.17	

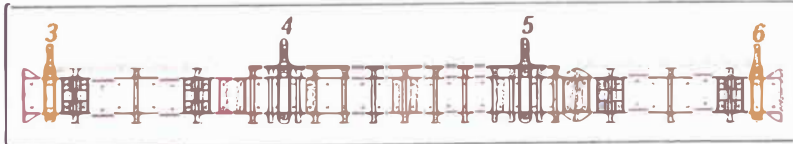


Figura N° 11. Ubicación de puntos de apoyo - Viga U-500 Delantera.

Elaborado por		D: 21
Nombre / Función:	Dpto. Técnico	M: 03
M. Asencio		A: 13

Revisado por		D: 21
Nombre / Función:	J. D. Técnico	M: 03
G. Cochachi		A: 13
Firma:		

Aprobado por		D: 21
Nombre / Función:	G.D. Técnico	M: 03
A. Sierra		A: 13
Firma:		

TABLE: Joint Reactions				
Joint Text	OutputCase Text	CaseType Text	F3 Tonf	Ubicación Viga U-500
9	COMB1	Combination	3.82	Posterior
12	COMB1	Combination	3.82	
13	COMB1	Combination	25.46	
14	COMB1	Combination	25.46	

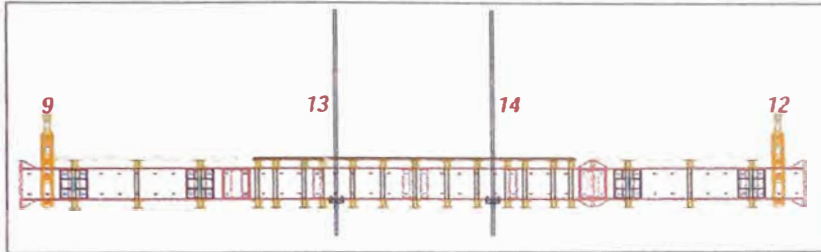


Figura N° 12. Ubicación de puntos de apoyo - Viga U-500 Posterior.

Del análisis tenemos que la reacción máxima en los puntos de apoyo: 27.94 Ton.

Cuadro 08. Fuerza Cortante y Momento en Viga U-500.

TABLE: Element Forces - Frames		
Valores	V2	M3
	Tonf	Tonf-m
Maximos	25.36	7.18
Minimos	-25.42	-9.21

Elaborado por	
Nombre / Función: Asencio Dpto. Técnico	D: 21 M: 03 A: 13

Revisado por	
Nombre / Función: G. Cochachi J. D. Técnico	D: 21 M: 03 A: 13
Firma:	

Aprobado por	
Nombre / Función: A. Sierra G.D. Técnico	D: 21 M: 03 A: 13
Firma:	

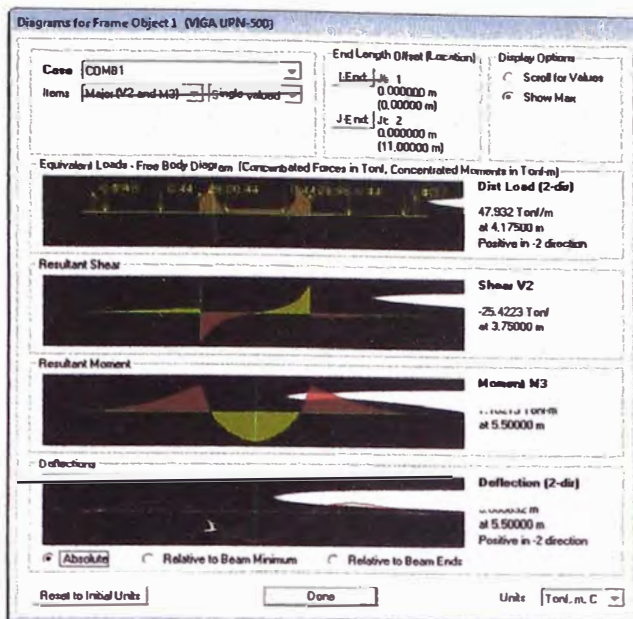


Figura N° 13. Viga U-500 Delantera - Fuerza Cortante / Momento / Deflexión.

$$V_{MAX} = 25.42 \text{ Ton.}$$

$$M_{MAX} = 7.18 \text{ Ton}_m.$$

$$\delta_{MAX} = 0.63 \text{ mm.}$$

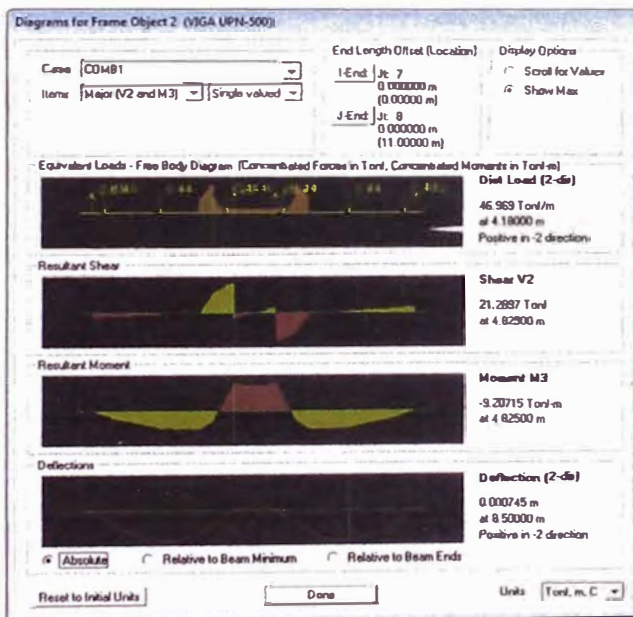


Figura N° 14. Viga U-500 Posterior - Fuerza Cortante / Momento / Deflexión.

$$V_{MAX} = 21.29 \text{ Ton.}$$

$$M_{MAX} = 9.21 \text{ Ton}_m.$$

$$\delta_{MAX} = 0.75 \text{ mm.}$$

Elaborado por

Nombre / Función: M. Asencio	Dpto. Técnico	D: 21
Firma:		M: 03
		A: 13

Revisado por

Nombre / Función: G. Cochachi	J. D. Técnico	D: 21
Firma:		M: 03
		A: 13

Aprobado por

Nombre / Función: A. Sierra	G.D. Técnico	D: 21
Firma:		M: 03
		A: 13

3.3 ANÁLISIS DE RIOSTRA MK-120 - LOSA SUPERIOR INTERIOR

En el análisis de las Riostras MK-120 (encofrado de Losa Superior Interior), determinaremos las cargas de análisis de la siguiente manera:

- Carga de Losa $e=0.55$ m: $w_1 = 0.55 \times 2.50 = 1.38 \text{ Ton/m}^2$.
- Carga de Losa $e=0.25$ m: $w_2 = 0.25 \times 2.50 = 0.63 \text{ Ton/m}^2$.
- Sobrecarga: $w_{s/c} = 0.10 \text{ Ton/m}^2$.
- Anchos Tributarios: 1.23 m. / 1.18 m. / 1.14 m.

Con lo cual las cargas de análisis son las siguientes:

- Ancho 1.23 m: $w_1 = 1.38 \times 1.23 = 1.70 \text{ Ton/m}$.
 $w_2 = 0.63 \times 1.23 = 0.78 \text{ Ton/m}$.
 $w_{s/c} = 0.10 \times 1.23 = 0.13 \text{ Ton/m}$.
- Ancho 1.18 m: $w_1 = 1.38 \times 1.18 = 1.63 \text{ Ton/m}$.
 $w_2 = 0.63 \times 1.18 = 0.75 \text{ Ton/m}$.
- Ancho 1.23 m: $w_1 = 1.38 \times 1.14 = 1.58 \text{ Ton/m}$.
 $w_2 = 0.63 \times 1.14 = 0.72 \text{ Ton/m}$.

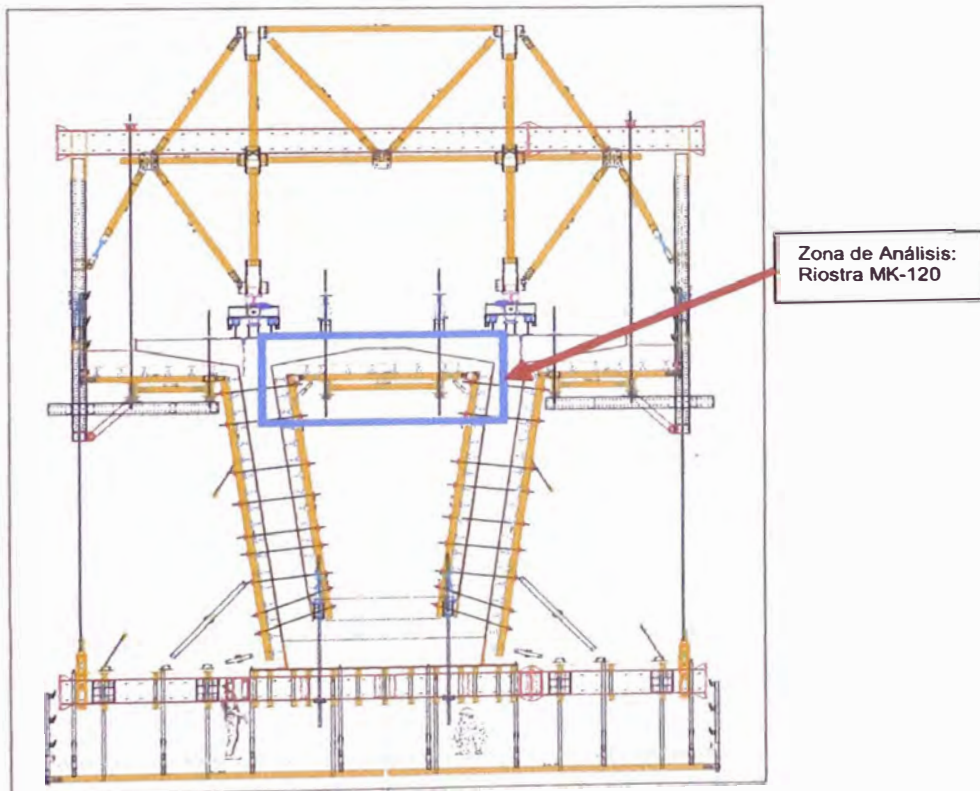


Figura N° 15. Zona de Análisis - Losa Superior Interior - MK-120.

Elaborado por		
Nombre / Función:	D: 21	
M. Asencio Dpto. Técnico	M: 03	
Firma:	A: 13	

Revisado por		
Nombre / Función:	D: 21	
G. Cochachi J. D. Técnico	M: 03	
Firma:	A: 13	

Aprobado por		
Nombre / Función:	D: 21	
A. Sierra G.D. Técnico	M: 03	
Firma:	A: 13	

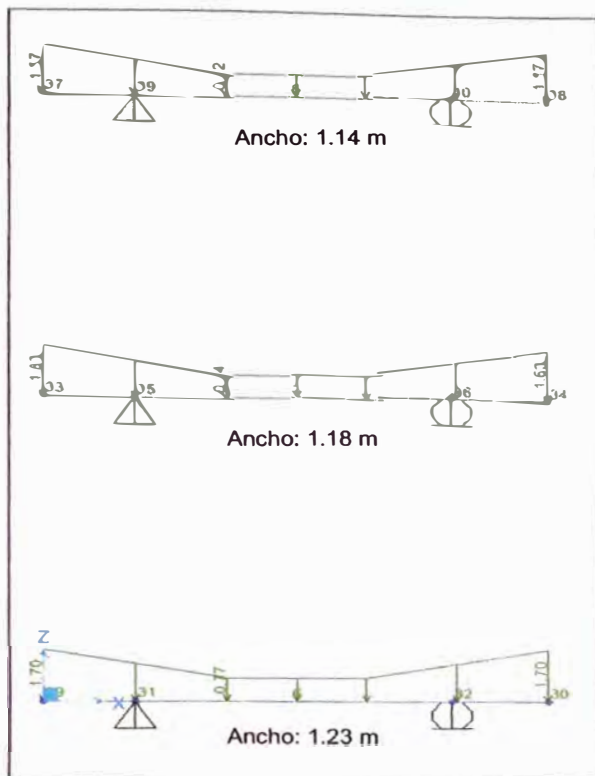


Figura N° 16. Riostra MK-120 - Concreto.

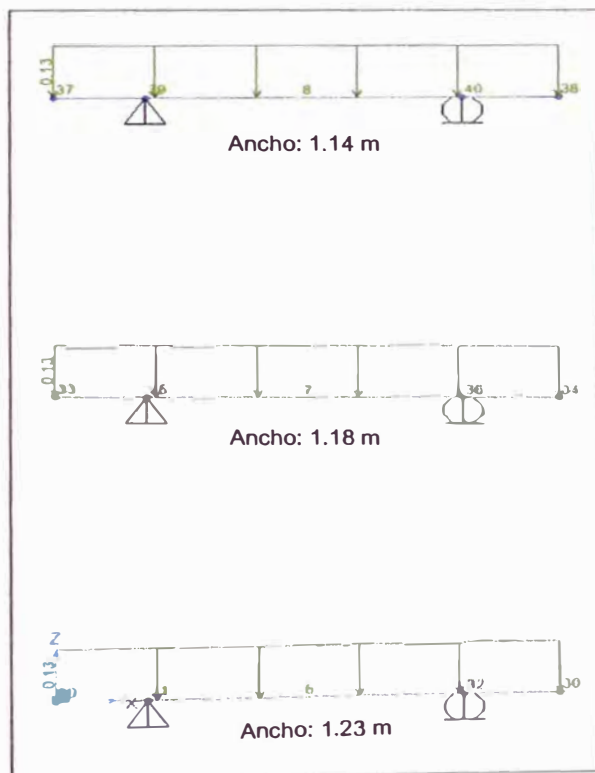


Figura N° 17. Riostra MK-120 - Sobrecarga.

Elaborado por	
Nombre / Función: M. Asencio Dpto. Técnico	D: 21 M: 03 A: 13
Firma:	

Revisado por	
Nombre / Función: G. Cochachi J. D. Técnico	D: 21 M: 03 A: 13
Firma:	

Aprobado por	
Nombre / Función: A. Sierra G.D. Técnico	D: 21 M: 03 A: 13
Firma:	

Del análisis de la riostra MK-120 tenemos las reacciones y fuerzas internas en el elemento según se ven en los cuadros 09 y 10 respectivamente.

Cuadro 09. Reacciones en los puntos de apoyo.

TABLE: Joint Reactions				
Joint	OutputCase	CaseType	F3	Ancho Tributario
Text	Text	Text	Tonf	
31	COMB1	Combination	1.75	1.23
32	COMB1	Combination	1.8	



Figura N° 18. Ubicación de puntos de Apoyo - Riostra MK-120 - Ancho 1.23.

TABLE: Joint Reactions				
Joint	OutputCase	CaseType	F3	Ancho Tributario
Text	Text	Text	Tonf	
35	COMB1	Combination	1.69	1.18
36	COMB1	Combination	1.74	



Figura N° 19. Ubicación de puntos de Apoyo - Riostra MK-120 - Ancho 1.18.

TABLE: Joint Reactions				
Joint	OutputCase	CaseType	F3	Ancho Tributario
Text	Text	Text	Tonf	
39	COMB1	Combination	1.64	1.14
40	COMB1	Combination	1.69	

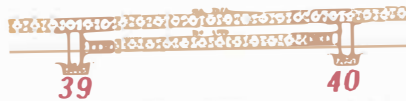


Figura N° 20. Ubicación de puntos de Apoyo - Riostra MK-120 - Ancho 1.14.

Elaborado por	
Nombre / Función: M. Asencio Dpto. Técnico	D: 21 M: 03 A: 13
Firma:	

Revisado por	
Nombre / Función: G. Cochachi J. D. Técnico	D: 21 M: 03 A: 13
Firma:	

Aprobado por	
Nombre / Función: A. Sierra G.D. Técnico	D: 21 M: 03 A: 13
Firma:	

Del análisis tenemos que la reacción máxima en los puntos de apoyo: 1.80 Ton.

Cuadro 10. Fuerza Cortante y Momento en Riostra MK-120.

TABLE: Element Forces - Frames		
Valores	V2	M3
	Tonf	Tonf-m
Maximos	0.94	0.15
Minimos	-0.92	-0.25

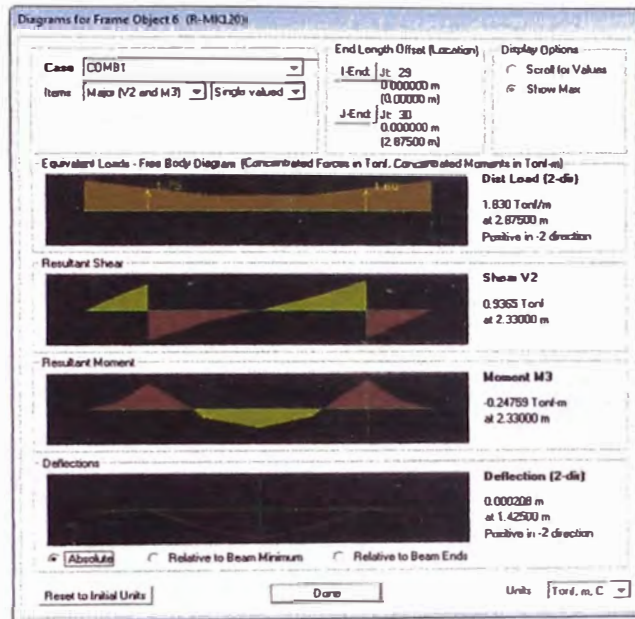


Figura N° 21. Riostra MK-120: @1.23 - Fuerza Cortante / Momento / Deflexión.

$$V_{MAX} = 0.94 \text{ Ton.}$$

$$M_{MAX} = 0.25 \text{ Ton}_m.$$

$$\delta_{MAX} = 0.21 \text{ mm.}$$

Elaborado por	
Nombre / Función: M. Asencio Dpto. Técnico	D: 21 M: 03 A: 13
Firma:	

Revisado por	
Nombre / Función: G. Cochachi J. D. Técnico	D: 21 M: 03 A: 13
Firma:	

Aprobado por	
Nombre / Función: A. Sierra G.D. Técnico	D: 21 M: 03 A: 13
Firma:	

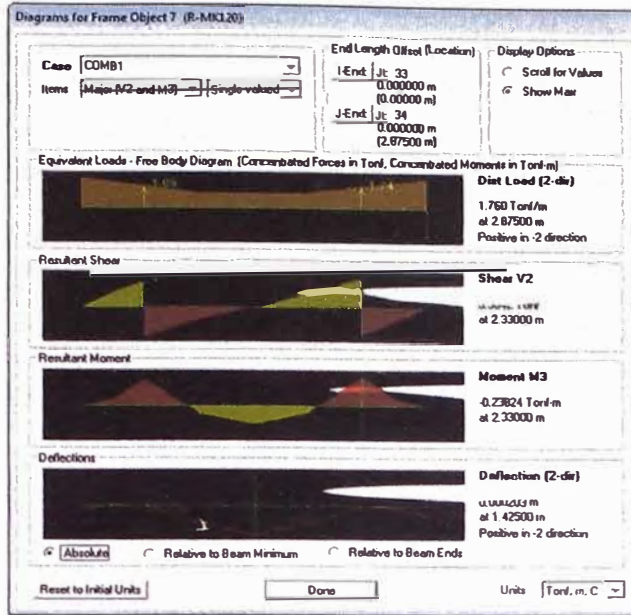


Figura N° 22. Riostra MK-120: @1.18 - Fuerza Cortante / Momento / Deflexión.

$$V_{MAX} = 0.90 \text{ Ton.}$$

$$M_{MAX} = 0.24 \text{ Ton}_m.$$

$$\delta_{MAX} = 0.20 \text{ mm.}$$

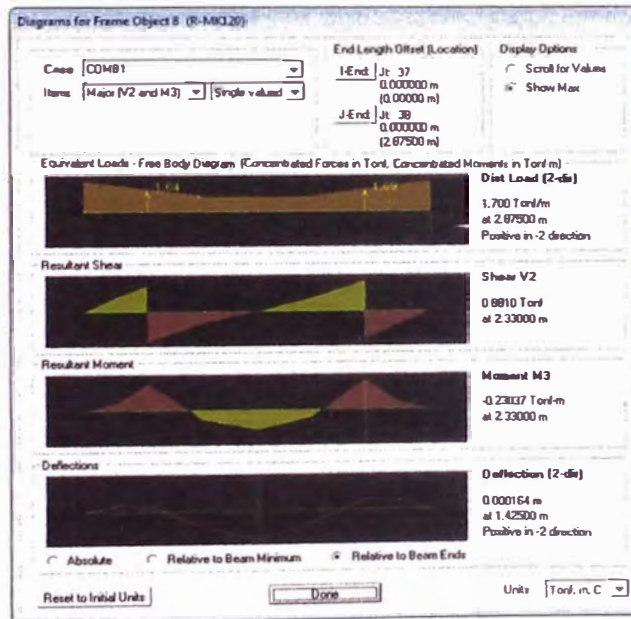


Figura N° 23. Riostra MK-120: @1.14 - Fuerza Cortante / Momento / Deflexión.

$$V_{MAX} = 0.88 \text{ Ton.}$$

$$M_{MAX} = 0.23 \text{ Ton}_m.$$

$$\delta_{MAX} = 0.16 \text{ mm.}$$

Elaborado por

Nombre / Función: M. Asencio Dpto. Técnico	D: 21 M: 03 A: 13
Firma:	

Revisado por

Nombre / Función: G. Cochachi J. D. Técnico	D: 21 M: 03 A: 13
Firma:	

Aprobado por

Nombre / Función: A. Sierra G.D. Técnico	D: 21 M: 03 A: 13
Firma:	

3.4 ANÁLISIS DE RIOSTRA MK-120 - LOSA SUPERIOR ALAS

En el análisis de las Riostras MK-120 (encofrado de Losa Superior Alas), determinaremos las cargas de análisis de la siguiente manera:

- Carga de Losa $e=0.55$ m: $w_1 = 0.55 \times 2.50 = 1.38 \text{ Ton/m}^2$.
- Carga de Losa $e=0.20$ m: $w_2 = 0.20 \times 2.50 = 0.50 \text{ Ton/m}^2$.
- Sobrecarga: $w_{s/c} = 0.10 \text{ Ton/m}^2$.
- Anchos Tributarios: 1.23 m. / 1.18 m. / 1.14 m.

Con lo cual las cargas de análisis son las siguientes:

- Ancho 1.23 m: $w_1 = 1.38 \times 1.23 = 1.70 \text{ Ton/m}$.
 $w_2 = 0.50 \times 1.23 = 0.62 \text{ Ton/m}$.
 $w_{s/c} = 0.10 \times 1.23 = 0.13 \text{ Ton/m}$.
- Ancho 1.18 m: $w_1 = 1.38 \times 1.18 = 1.63 \text{ Ton/m}$.
 $w_2 = 0.50 \times 1.18 = 0.59 \text{ Ton/m}$.
- Ancho 1.23 m: $w_1 = 1.38 \times 1.14 = 1.58 \text{ Ton/m}$.
 $w_2 = 0.50 \times 1.14 = 0.57 \text{ Ton/m}$.

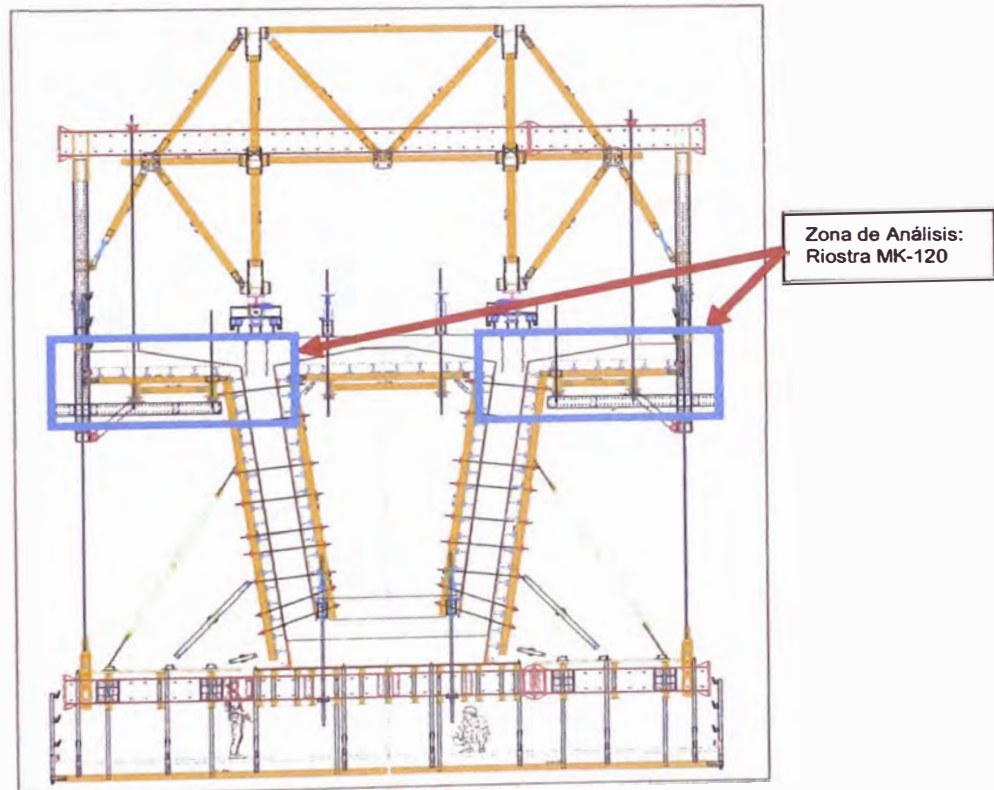


Figura N° 24. Zona de Análisis - Losa Superior Ala - MK-120.

Elaborado por		D: 21
Nombre / Función:	Dpto. Técnico	M: 03
M. Asencio		A: 13
Firma:		

Revisado por		D: 21
Nombre / Función:	J. D. Técnico	M: 03
G. Cochachi		A: 13
Firma:		

Aprobado por		D: 21
Nombre / Función:	G.D. Técnico	M: 03
A. Sierra		A: 13
Firma:		

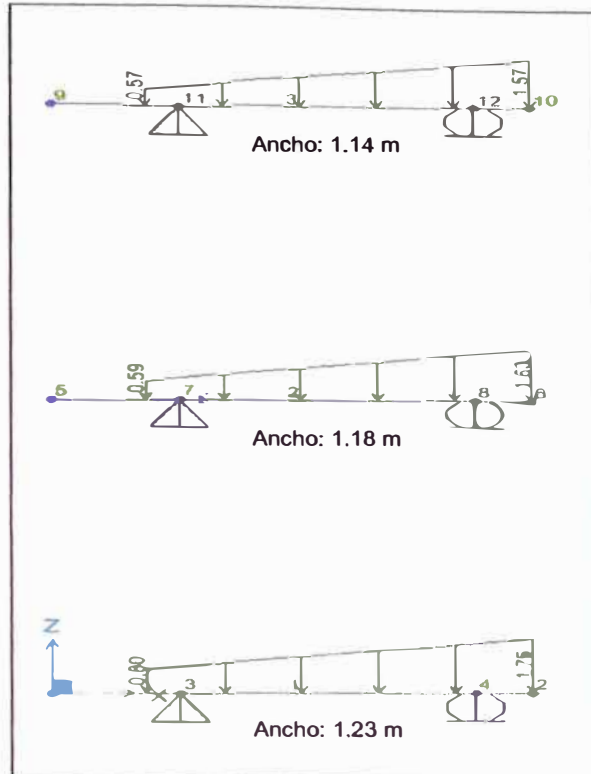


Figura N° 25. Riostra MK-120 - Concreto.

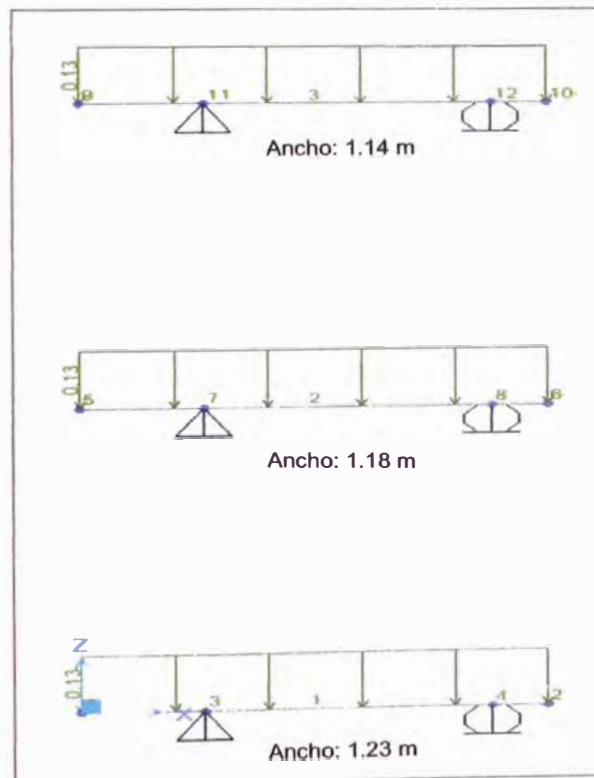


Figura N° 26. Riostra MK-120 - Sobrecarga.

Elaborado por	
Nombre / Función: M. Asencio Dpto. Técnico	D: 21 M: 03 A: 13
Firma:	

Revisado por	
Nombre / Función: G. Cochachi J. D. Técnico	D: 21 M: 03 A: 13
Firma:	

Aprobado por	
Nombre / Función: A. Sierra G.D. Técnico	D: 21 M: 03 A: 13
Firma:	

Del análisis de la riostra MK-120 tenemos las reacciones y fuerzas internas en el elemento según se ven en los cuadros 11 y 12 respectivamente.

Cuadro 11. Reacciones en los puntos de apoyo.

TABLE: Joint Reactions				
Joint	OutputCase	CaseType	F3	Ancho Tributario
Text	Text	Text	Tonf	
3	COMB1	Combination	1	1.23
4	COMB1	Combination	1.47	

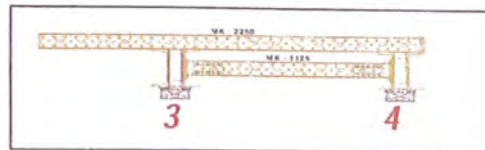


Figura N° 27. Ubicación de puntos de Apoyo - Riostra MK-120 - Ancho 1.23.

TABLE: Joint Reactions				
Joint	OutputCase	CaseType	F3	Ancho Tributario
Text	Text	Text	Tonf	
7	COMB1	Combination	0.85	1.18
8	COMB1	Combination	1.33	

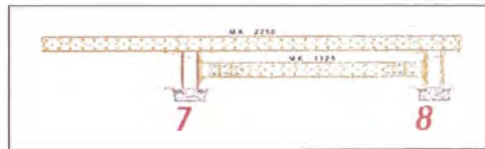


Figura N° 28. Ubicación de puntos de Apoyo - Riostra MK-120 - Ancho 1.18.

TABLE: Joint Reactions				
Joint	OutputCase	CaseType	F3	Ancho Tributario
Text	Text	Text	Tonf	
11	COMB1	Combination	0.83	1.14
12	COMB1	Combination	1.28	

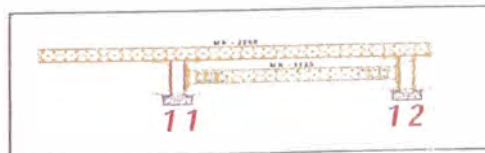


Figura N° 29. Ubicación de puntos de Apoyo - Riostra MK-120 - Ancho 1.14.

Del análisis tenemos que la reacción máxima en los puntos de apoyo: 1.47 Ton.

Elaborado por	
Nombre / Función: M. Asencio Dpto. Técnico	D: 21 M: 03 A: 13
Firma:	

Revisado por	
Nombre / Función: G. Cochachi J. D. Técnico	D: 21 M: 03 A: 13
Firma:	

Aprobado por	
Nombre / Función: A. Sierra G.D. Técnico	D: 21 M: 03 A: 13
Firma:	

Cuadro 12. Fuerza Cortante y Momento en Riostra MK-120.

TABLE: Element Forces - Frames		
Valores	V2	M3
	Tonf	Tonf-m
Maximos	1.01	0.22
Minimos	-0.80	-0.06

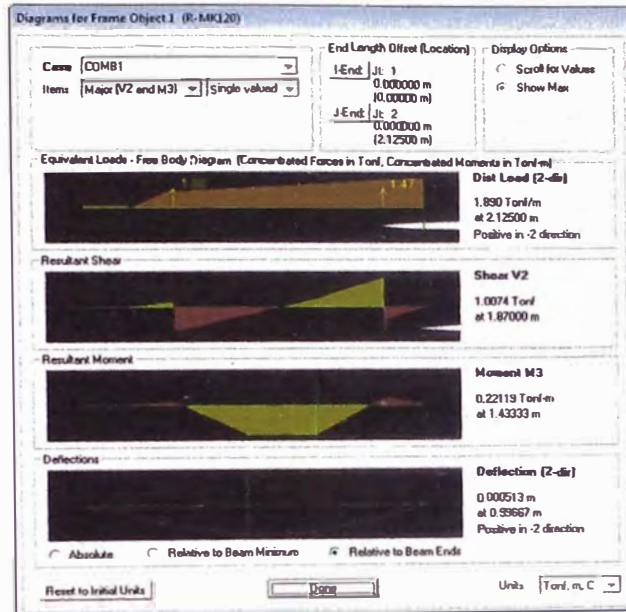


Figura N° 30. Riostra MK-120: @1.23 - Fuerza Cortante / Momento / Deflexión.

$$V_{MAX} = 1.01 \text{ Ton.}$$

$$M_{MAX} = 0.22 \text{ Ton}_m.$$

$$\delta_{MAX} = 0.51 \text{ mm.}$$

Elaborado por	
Nombre / Función: M. Asencio Dpto. Técnico	D: 21 M: 03 A: 13

Revisado por	
Nombre / Función: G. Cochachi J. D. Técnico	D: 21 M: 03 A: 13

Aprobado por	
Nombre / Función: A. Sierra G.D. Técnico	D: 21 M: 03 A: 13

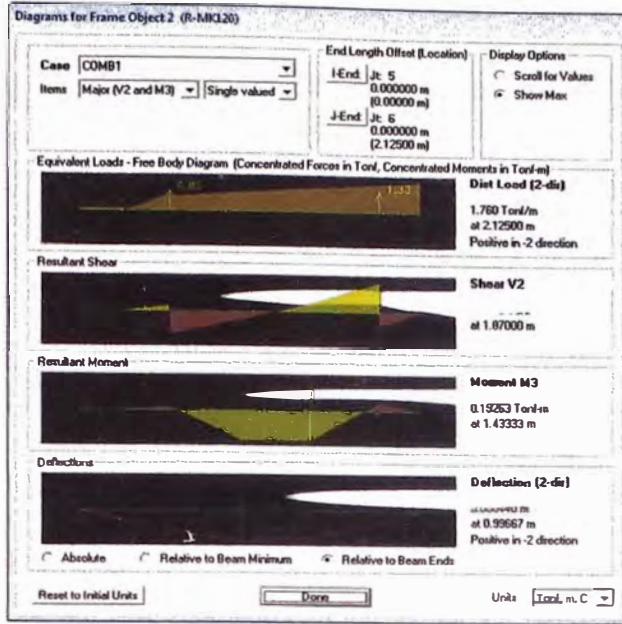


Figura N° 31. Riostra MK-120: @1.18 - Fuerza Cortante / Momento / Deflexión.

$$V_{MAX} = 0.90 \text{ Ton.}$$

$$M_{MAX} = 0.19 \text{ Ton}_m.$$

$$\delta_{MAX} = 0.44 \text{ mm.}$$

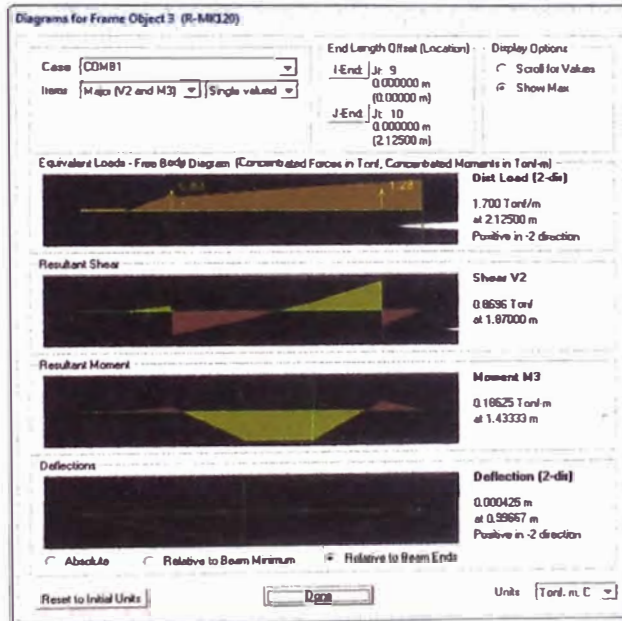


Figura N° 32. Riostra MK-120: @1.14 - Fuerza Cortante / Momento / Deflexión.

$$V_{MAX} = 0.87 \text{ Ton.}$$

$$M_{MAX} = 0.19 \text{ Ton}_m.$$

$$\delta_{MAX} = 0.42 \text{ mm.}$$

Elaborado por	
Nombre / Función: M. Asencio Dpto. Técnico	D: 21 M: 03 A: 13
Firma:	

Revisado por	
Nombre / Función: G. Cochachi J. D. Técnico	D: 21 M: 03 A: 13
Firma:	

Aprobado por	
Nombre / Función: A. Sierra G.D. Técnico	D: 21 M: 03 A: 13
Firma:	

3.5 ANÁLISIS DE VIGA UPN-300 - LOSA SUPERIOR INTERIOR

En el análisis de las Vigas UPN-300 (encofrado de Losa Superior Interior), determinaremos las cargas de análisis de la siguiente manera:

Peso propio de encofrado:

$$w = \frac{9.50}{8 \times 2} = 0.60 \text{ Ton/m}$$

Cargas por Anchos Tributarios: 1.23 m. / 1.18 m. / 1.14 m.

1.80 Ton / 1.74 Ton / 1.69 Ton.

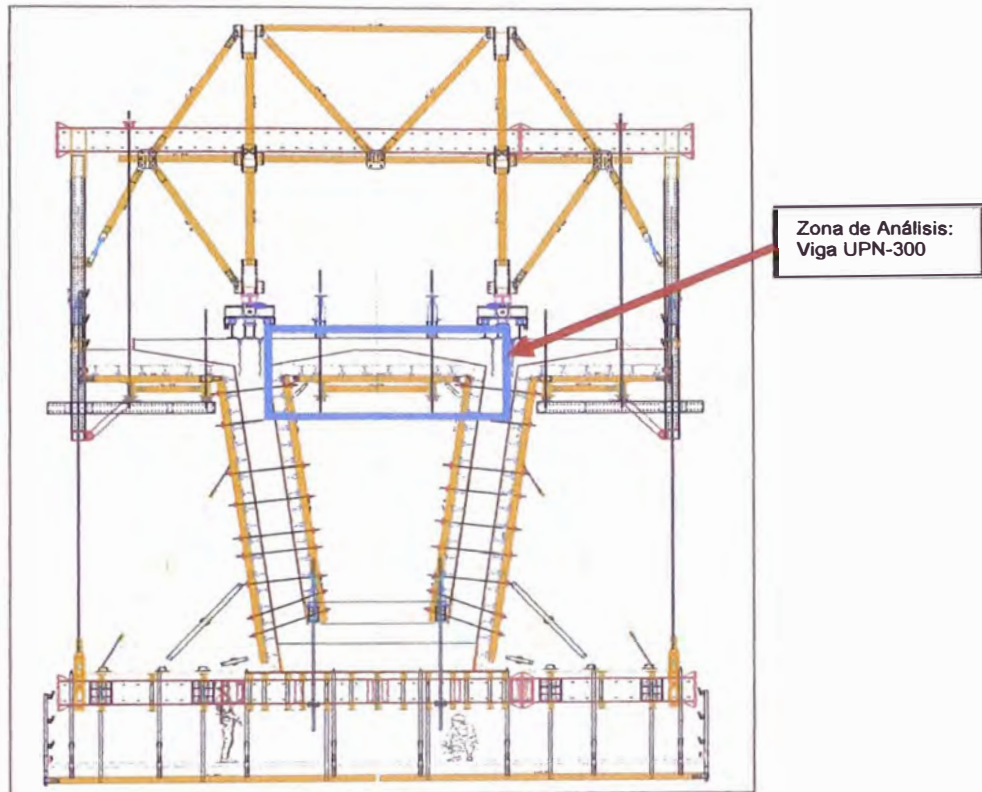


Figura N° 33. Zona de Análisis - Losa Superior Interior - Viga UPN-300.

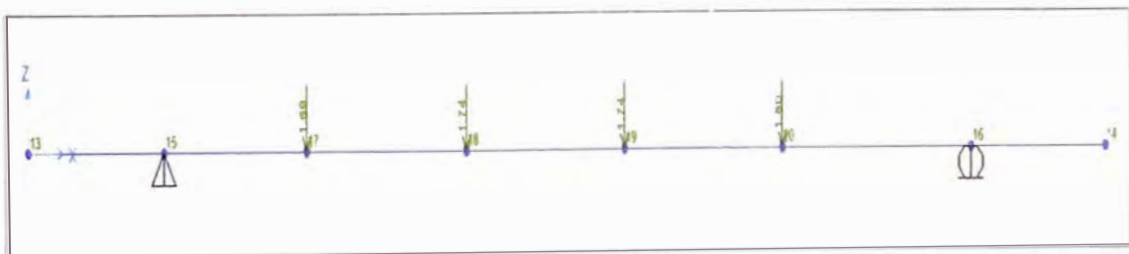


Figura N° 34. Viga UPN-300 - Concreto.

Elaborado por	
Nombre / Función: M. Asencio	Dpto. Técnico
D: 21	M: 03
A: 13	

Revisado por	
Nombre / Función: G. Cochachi	J. D. Técnico
D: 21	M: 03
A: 13	

Aprobado por	
Nombre / Función: A. Sierra	G.D. Técnico
D: 21	M: 03
A: 13	

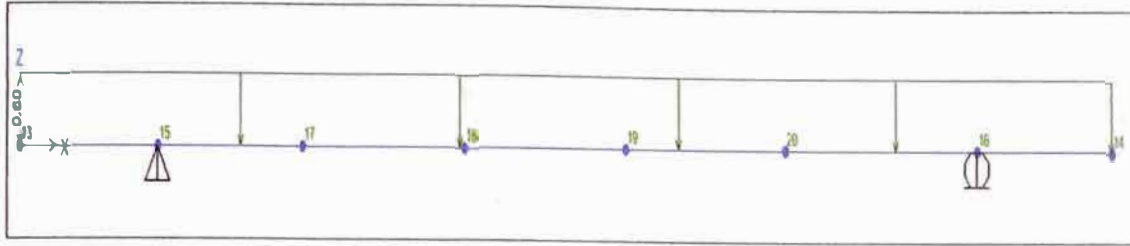


Figura N° 35. Viga UPN-300 - Materiales.

Del análisis de la Viga UPN-300 tenemos las reacciones y fuerzas internas en el elemento según se ven en los cuadros 13 y 14 respectivamente.

Cuadro 13. Reacciones en los puntos de apoyo.

TABLE: Joint Reactions			
Joint Text	OutputCase Text	CaseType Text	F3 Tonf
15	COMB1	Combination	6.06
16	COMB1	Combination	5.71

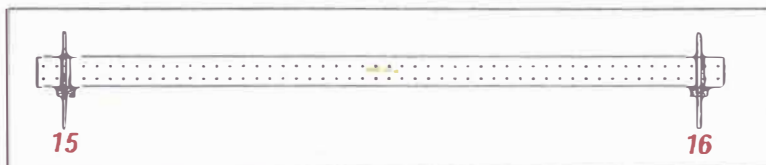


Figura N° 36. Ubicación de puntos de Apoyo - Viga UPN-300.

Del análisis tenemos que las reacciones máximas en los puntos de apoyo: 6.06 Ton (Zona Posterior) y 5.71 Ton (Zona Delantera).

Cuadro 14. Fuerza Cortante y Momento en Viga UPN-300.

TABLE: Element Forces - Frames		
Valores	V2 Tonf	M3 Tonf-m
Maximos	5.11	8.79
Minimos	-5.46	-0.30

Elaborado por		D: 21
Nombre / Función: M. Asencio	Dpto. Técnico	M: 03
Firma:		A: 13

Revisado por		D: 21
Nombre / Función: G. Cochachi	J. D. Técnico	M: 03
Firma:		A: 13

Aprobado por		D: 21
Nombre / Función: A. Sierra	G.D. Técnico	M: 03
Firma:		A: 13

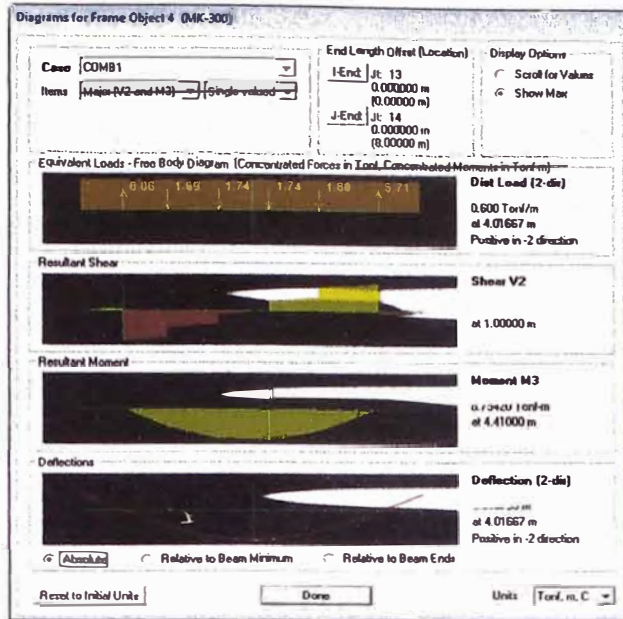


Figura N° 37. Viga UPN-300 Losa Sup. Interior. - Fuerza Cortante / Momento / Deflexión.

$$V_{MAX} = 5.46 \text{ Ton.}$$

$$M_{MAX} = 8.79 \text{ Ton}_m.$$

$$\delta_{MAX} = 10.73 \text{ mm.}$$

3.6 ANÁLISIS DE VIGA UPN-300 - LOSA SUPERIOR ALAS

En el análisis de las Vigas UPN-300 (encofrado de Losa Superior Alas), determinaremos las cargas de análisis de la siguiente manera:

Peso propio de encofrado:

$$w = \frac{13}{8 \times 2} = 0.82 \text{ Ton/m}$$

(esta carga deberá distribuirse entre las dos Vigas UPN que trabajan en la zona de la ala, la proporción empleada para el análisis fue la siguiente: 75% la Viga Interior y 25% la Viga Exterior).

$$w_{INTERIOR} = 0.82 \times 0.75 = 0.61 \text{ Ton/m.}$$

$$w_{EXTERIOR} = 0.82 \times 0.25 = 0.21 \text{ Ton/m.}$$

Cargas por Anchos Tributarios: 1.23 m. / 1.18 m. / 1.14 m.

1.00 Ton y 1.47 Ton / 0.85 Ton y 1.33 Ton / 0.83 Ton y 1.23 Ton

Elaborado por	
Nombre / Función: M. Asencio Dpto. Técnico	D: 21 M: 03 A: 13

Revisado por	
Nombre / Función: G. Cochachi J. D. Técnico	D: 21 M: 03 A: 13

Aprobado por	
Nombre / Función: A. Sierra G.D. Técnico	D: 21 M: 03 A: 13

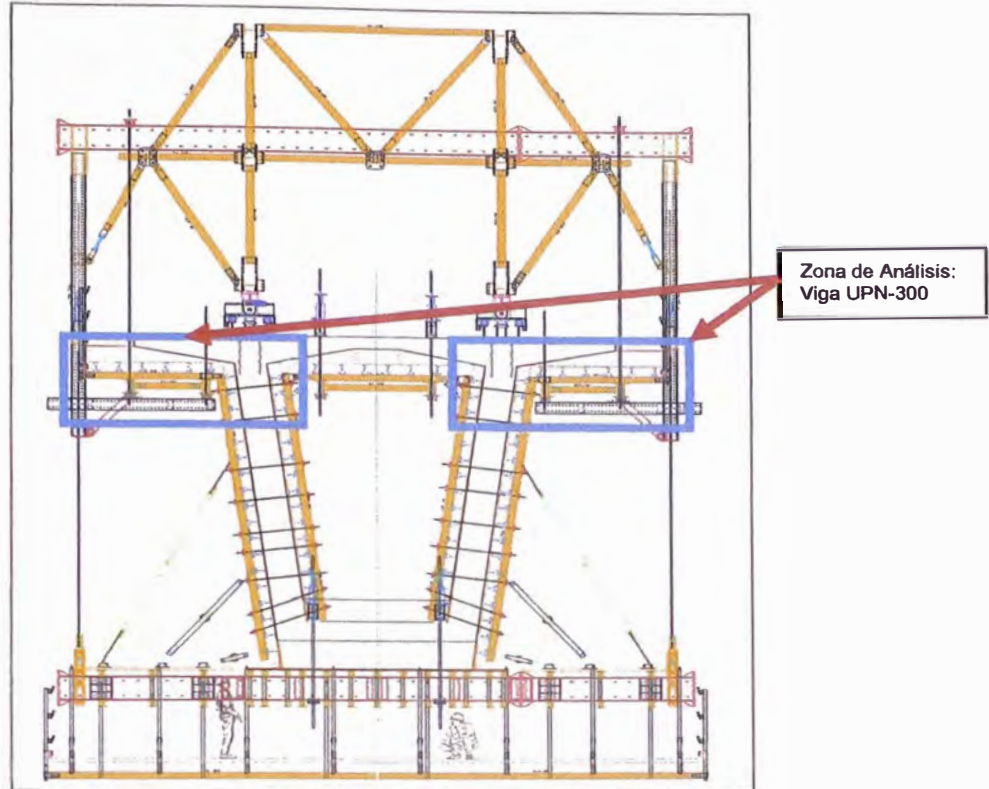


Figura N° 38. Zona de Análisis - Losa Superior Alas - Viga UPN-300.

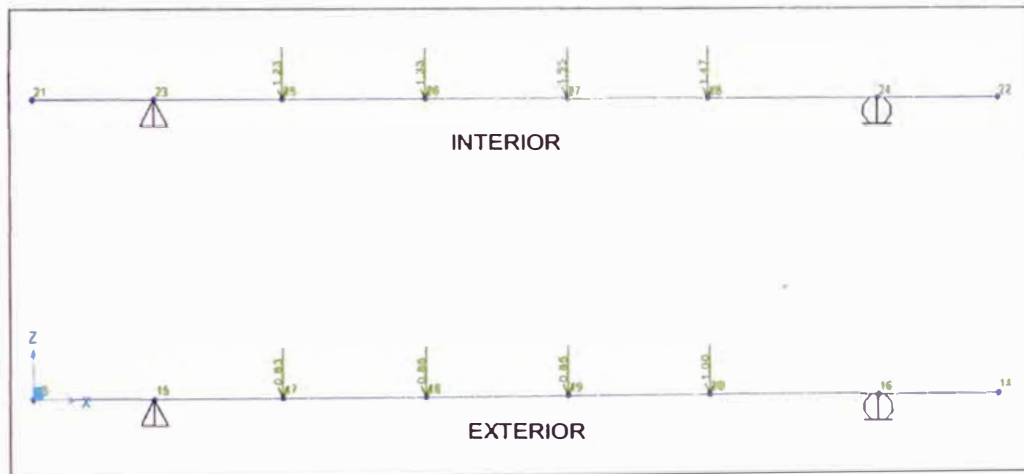


Figura N° 39. Viga UPN-300 - Concreto.

Elaborado por	
Nombre / Función: M. Asencio	D: 21 M: 03 A: 13
Dpto. Técnico	

Revisado por	
Nombre / Función: G. Cochachi	D: 21 M: 03 A: 13
J. D. Técnico	
Firma:	

Aprobado por	
Nombre / Función: A. Sierra	D: 21 M: 03 A: 13
G.D. Técnico	
Firma:	

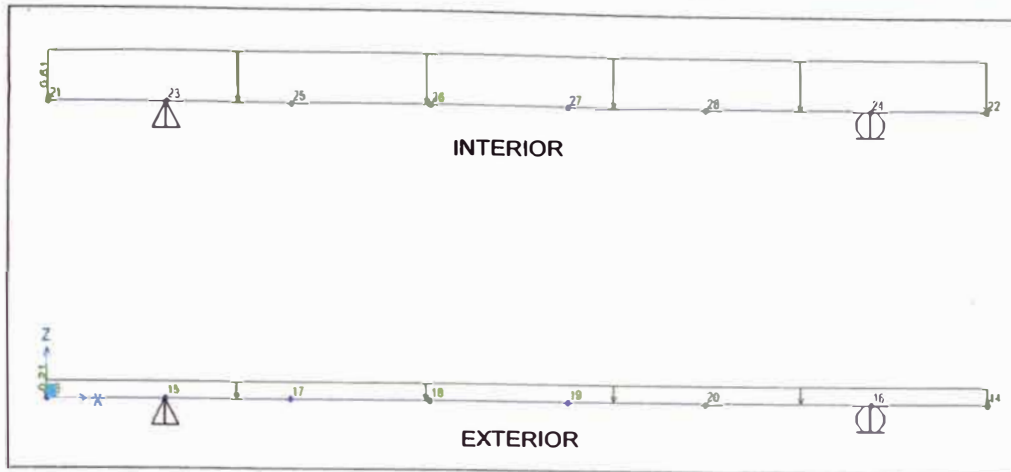


Figura N° 40. Viga UPN-300 - Materiales.

Del análisis de la Viga UPN-300 tenemos las reacciones y fuerzas internas en el elemento según se ven en los cuadros 15 y 16 respectivamente.

Cuadro 15. Reacciones en los puntos de apoyo.

TABLE: Joint Reactions				
Joint Text	OutputCase Text	CaseType Text	F3 Tonf	Ubicación Viga UPN-300
15	COMB1	Combination	2.66	EXTERIOR
16	COMB1	Combination	2.55	

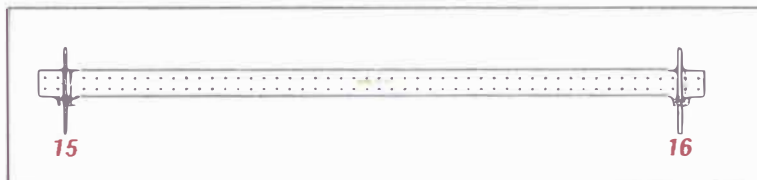


Figura N° 41. Ubicación de puntos de Apoyo - Viga UPN-300 - Exterior.

TABLE: Joint Reactions				
Joint Text	OutputCase Text	CaseType Text	F3 Tonf	Ubicación Viga UPN-300
23	COMB1	Combination	5.21	INTERIOR
24	COMB1	Combination	5.03	

Elaborado por		
Nombre / Función:	D: 21	
A. Asencio Dpto. Técnico	M: 03	
	A: 13	

Revisado por		
Nombre / Función:	D: 21	
G. Cochachi J. D. Técnico	M: 03	
Firma:	A: 13	

Aprobado por		
Nombre / Función:	D: 21	
A. Sierra G.D. Técnico	M: 03	
Firma:	A: 13	

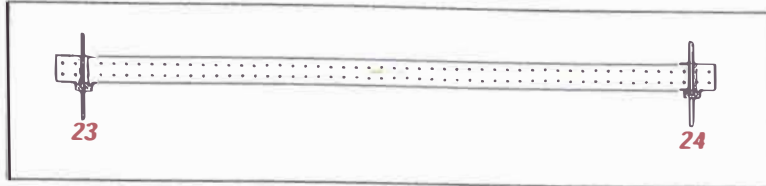


Figura N° 42. Ubicación de puntos de Apoyo - Viga UPN-300 - Interior.

Del análisis tenemos que las reacciones máximas en los puntos de apoyo: 2.66 Ton y 5.21 Ton (Zona Posterior) y 2.55 Ton y 5.03 Ton (Zona Delantera).

Cuadro 16. Fuerza Cortante y Momento en Viga UPN-300.

TABLE: Element Forces - Frames		
Valores	V2	M3
	Tonf	Tonf-m
Maximo	4.42	7.36
Minimo	-4.60	-0.31

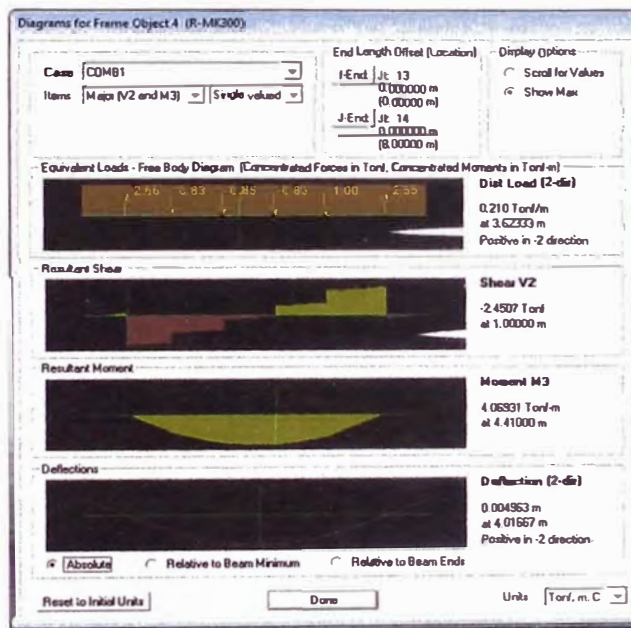


Figura N° 43. Viga UPN-300 Losa Sup. Ala (Exterior) - Fuerza Cortante / Momento / Deflexión.

$$V_{MAX} = 2.45 \text{ Ton.}$$

$$M_{MAX} = 4.07 \text{ Ton}_m.$$

$$\delta_{MAX} = 4.96 \text{ mm.}$$

Elaborado por	
Nombre / Función: M. Asencio Dpto. Técnico	D: 21 M: 03 A: 13

Revisado por	
Nombre / Función: G. Cochachi J. D. Técnico	D: 21 M: 03 A: 13

Aprobado por	
Nombre / Función: A. Sierra G.D. Técnico	D: 21 M: 03 A: 13

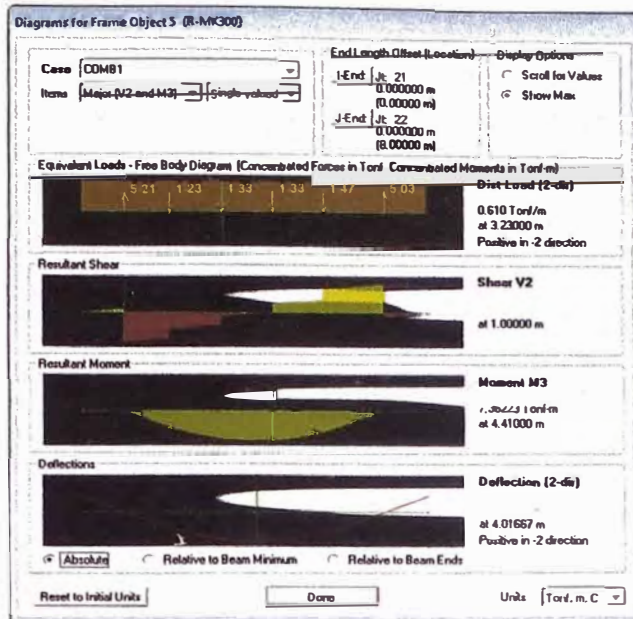


Figura N° 44. Viga UPN-300 Losa Sup. Ala (Interior) - Fuerza Cortante / Momento / Deflexión.

$$V_{MAX} = 4.60 \text{ Ton.}$$

$$M_{MAX} = 7.36 \text{ Ton}_m.$$

$$\delta_{MAX} = 8.98 \text{ mm.}$$

3.7 ANÁLISIS DE ESTRUCTURA PRINCIPAL

Para el análisis de la estructura principal, presentamos el cuadro resumen con las cargas a aplicar sobre el carro de encofrado.

Elaborado por	
Nombre / Función: Asencio Dpto. Técnico	D: 21 M: 03 A: 13

Revisado por	
Nombre / Función: G. Cochachi J. D. Técnico	D: 21 M: 03 A: 13

Aprobado por	
Nombre / Función: A. Sierra G.D. Técnico	D: 21 M: 03 A: 13

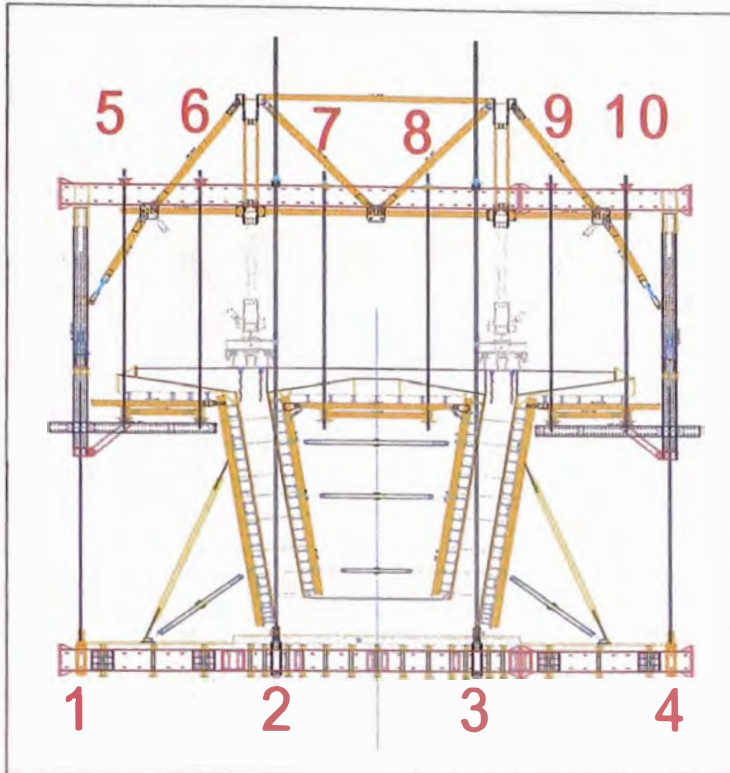


Figura N° 45: Ubicación de Cargas aplicadas a Carro - Sección Delantera

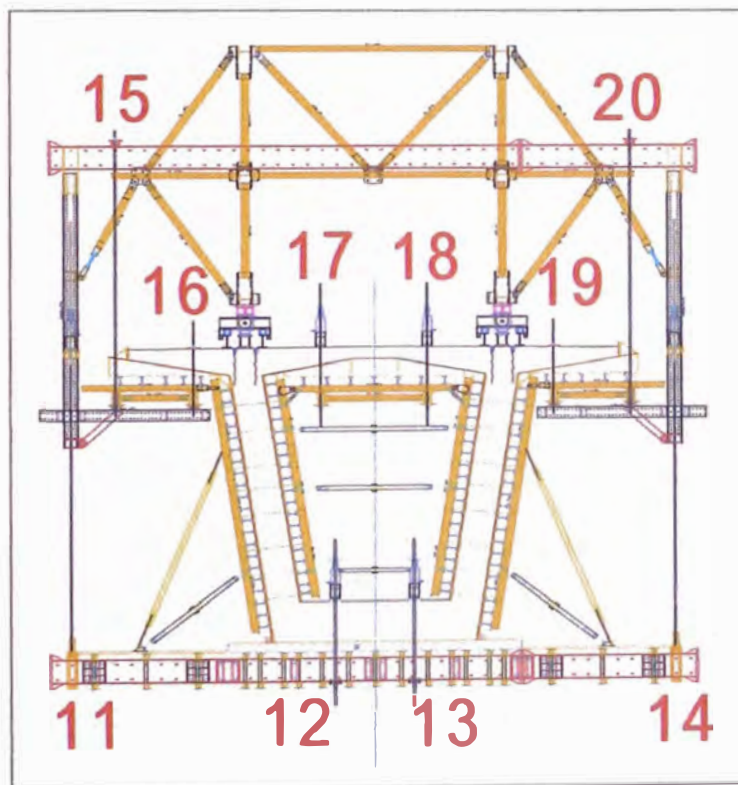


Figura N° 46: Ubicación de Cargas aplicadas a Carro y a Losa de Dovela anterior - Sección Posterior.

Elaborado por

Nombre / Función:
M. Asencio Dpto. Técnico

D: 21
M: 03
A: 13

Revisado por

Nombre / Función:
G. Cochachi J. D. Técnico

Firma:

D: 21
M: 03
A: 13

Aprobado por

Nombre / Función:
A. Sierra G.D. Técnico

Firma:

D: 21
M: 03
A: 13

De la figura 45, observamos que las cargas que se aplicaran sobre el carro en la parte delantera son del numero 1 al 10, mientras que de la figura 46 las cargas que se aplicaran sobre el carro en la parte posterior son: 11, 14, 15 y 20. Las cargas restantes (12, ,13, 16, 17, 18 y 19) son aplicadas en las losas de la dovela previa.

El cuadro 17, muestra los valores de las cargas a aplicar en el carro.

Cuadro 17. Cargas a Aplicar a Carro de Avance.

REACCION	CARGA (Ton)	Ubicación
1	0.17	Viga U-500 (Delantera)
2	29.06	
3	29.06	
4	0.17	
5	2.55	Ala Delantera
6	5.03	
7	5.71	Losa Interior (Delantera)
8	5.71	
9	5.03	Ala Delantera
10	2.55	
11	3.82	Viga U-500 (Posterior)
14	3.82	
15	2.66	Ala Posterior
20	2.66	

Para el análisis de la estructura principal (Carro), los casos de carga, no serán los mismos descritos en el acápite 3.1, en lugar de emplear el caso de carga Materiales para aplicar el peso de los elementos de encofrado, emplearemos el caso de carga DEAD y mantendremos como caso de carga la de Concreto y no sin aplicar sobrecarga alguna sobre la estructura, debido a que los elementos analizados anteriormente ya contemplan dicha acción sobre todo el conjunto.

- **DEAD:** Este tipo de carga corresponden a las fuerzas que resultan del propio peso de la estructura principal. Este tipo de carga es calculado automáticamente por el programa. Para equilibrar la diferencia de peso que proporciona el programa SAP, con el peso real proveniente del metrado, esta carga se amplificara por un factor de 1.78.

Elaborado por	
Nombre / Función: M. Asencio Dpto. Técnico	D: 21 M: 03 A: 13
Firma:	

Revisado por	
Nombre / Función: G. Cochachi J. D. Técnico	D: 21 M: 03 A: 13
Firma:	

Aprobado por	
Nombre / Función: A. Sierra G.D. Técnico	D: 21 M: 03 A: 13
Firma:	

- **CONCRETO:** Este tipo de carga corresponde a las cargas provenientes del análisis de cada uno de los elementos que han de ser soportados por la estructura principal.

La combinación de cargas será la siguiente:

: 1.78 DEAD + CONC

La figura 47 muestra el modelo a analizar.

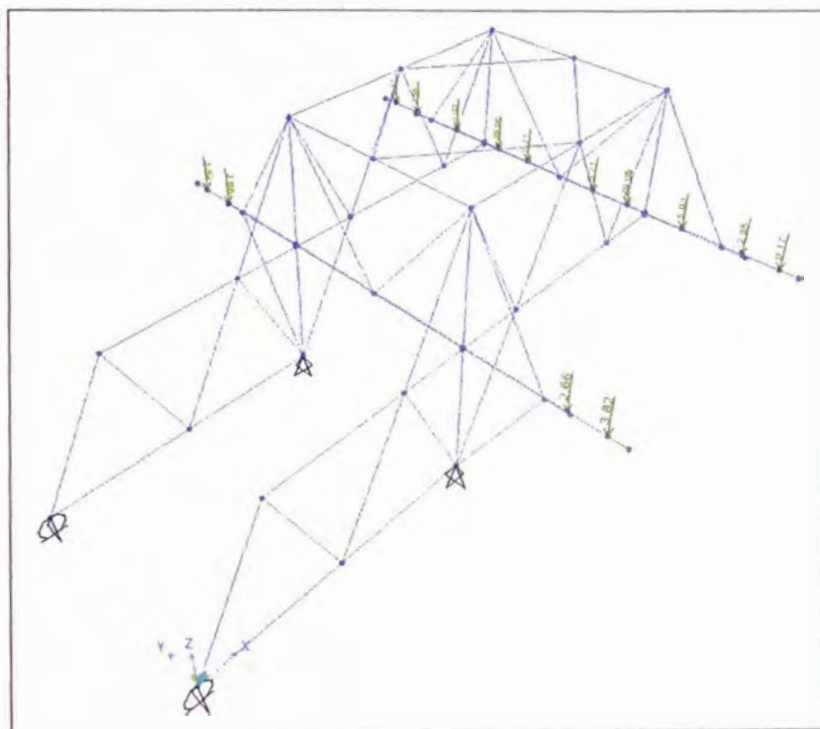


Figura N° 47: Estructura Principal - Concreto.

Del análisis de la estructura principal tenemos las reacciones en los puntos de apoyo de la misma así como las fuerzas internas en las vigas HEA-240, estos valores se muestran en los cuadros 18 y 19, mientras que en el cuadro 20, se muestran las fuerzas internas en las vigas U-500.

Elaborado por		
Nombre / Función:	D: 21	
M. Asencio Dpto. Técnico	M: 03	
Firma:	A: 13	

Revisado por		
Nombre / Función:	D: 21	
G. Cochachi J. D. Técnico	M: 03	
Firma:	A: 13	

Aprobado por		
Nombre / Función:	D: 21	
A. Sierra G.D. Técnico	M: 03	
Firma:	A: 13	

Cuadro 18. Reacciones en los puntos de apoyo.

TABLE: Joint Reactions				
Joint Text	OutputCase Text	CaseType Text	F3 Tonf	Ubicación de Cargas
1	COMB1	Combination	-45.26	Posterior
5	COMB1	Combination	105.24	Delantera
12	COMB1	Combination	-45.26	Posterior
16	COMB1	Combination	105.24	Delantera

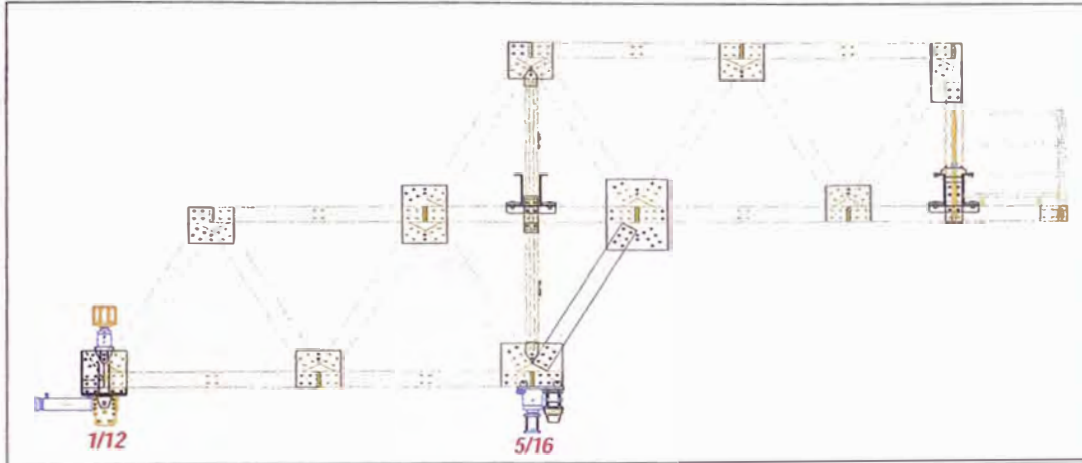


Figura N° 48: Puntos de Apoyo de Estructura Principal.

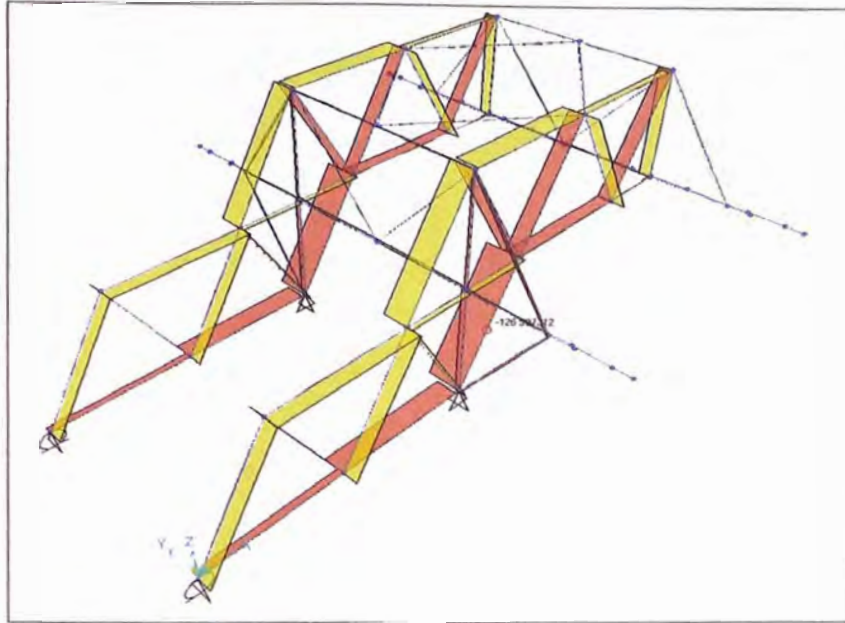
Cuadro 19. Fuerza Axial, Cortante y Momento en Viga HEA-240.

TABLE: Resumen Element Forces - Frames					
VALORES	P Tonf	V2 Tonf	V3 Tonf	M2 Tonf-m	M3 Tonf-m
MAXIMOS	86.39	7.76	1.69	1.49	0.15
MINIMOS	-126.72	-7.76	-42.70	-1.35	-0.15

Elaborado por	
Nombre / Función: M. Asencio Dpto. Técnico	D: 21 M: 03 A: 13
Firma:	

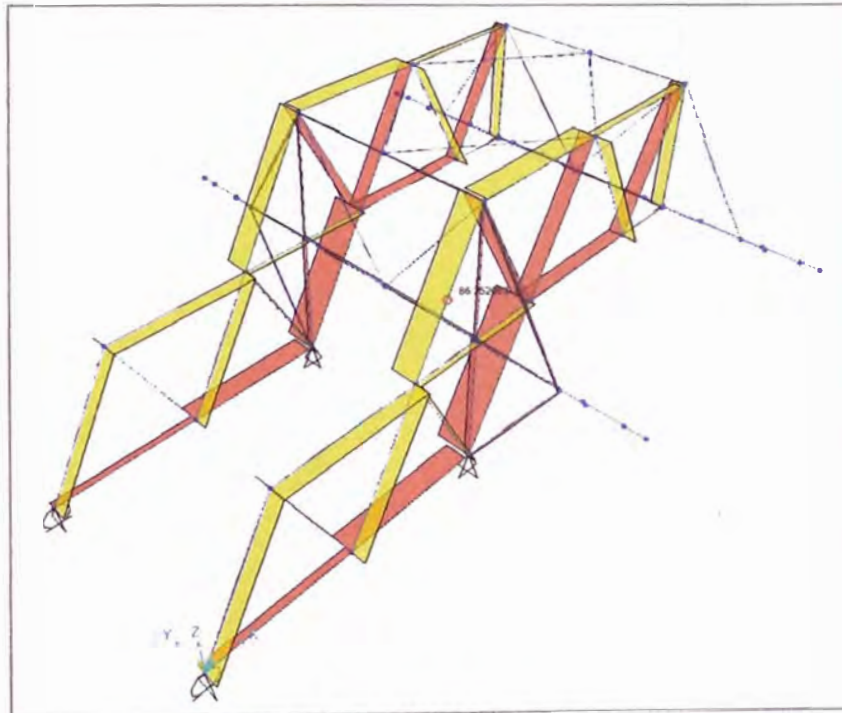
Revisado por	
Nombre / Función: G. Cochachi J. D. Técnico	D: 21 M: 03 A: 13
Firma:	

Aprobado por	
Nombre / Función: A. Sierra G.D. Técnico	D: 21 M: 03 A: 13
Firma:	



$A_{MAX} = -126.72 \text{ Ton}$

Figura N° 49: Diagrama de Fuerzas Axiales a Compresion en Vigas HEA-240.



$A_{MAX} = 86.39 \text{ Ton}$

Figura N° 50: Diagrama de Fuerzas Axiales a Tracción en Vigas HEA-240.

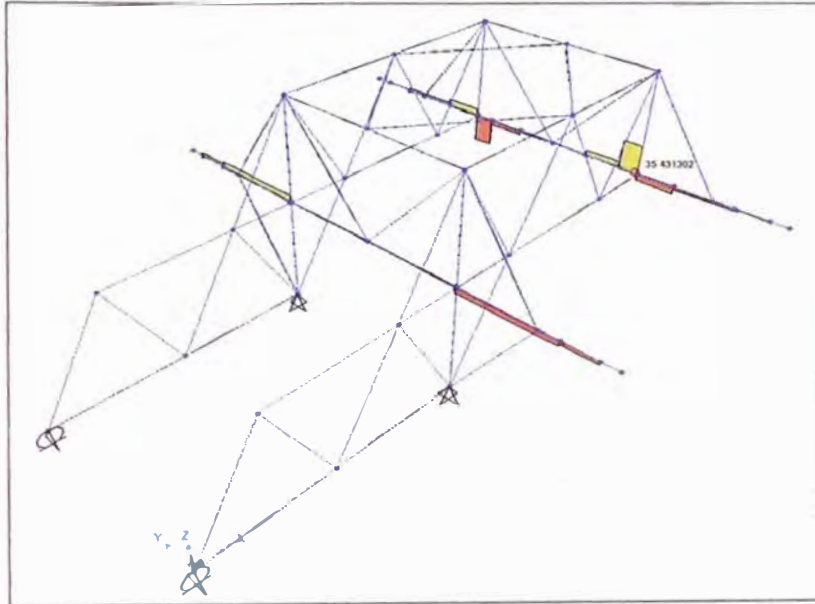
Elaborado por	
Nombre / Función:	D: 21
M. Asencio Dpto. Técnico	M: 03
Firma:	A: 13

Revisado por	
Nombre / Función:	D: 21
G. Cochachi J. D. Técnico	M: 03
Firma:	A: 13

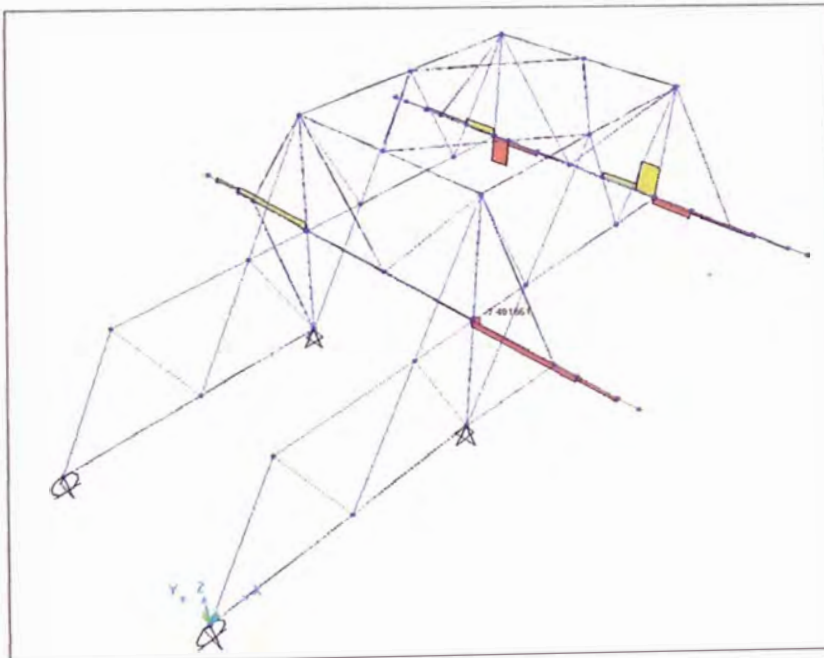
Aprobado por	
Nombre / Función:	D: 21
A. Sierra G.D. Técnico	M: 03
Firma:	A: 13

Cuadro 20. Fuerza Cortante y Momento en Viga U-500.

TABLE: Element Forces - Frames		
Valores	V2 Tonf	M3 Tonf-m
Maximos	35.45	8.59
Minimos	-35.45	-18.74



(a)



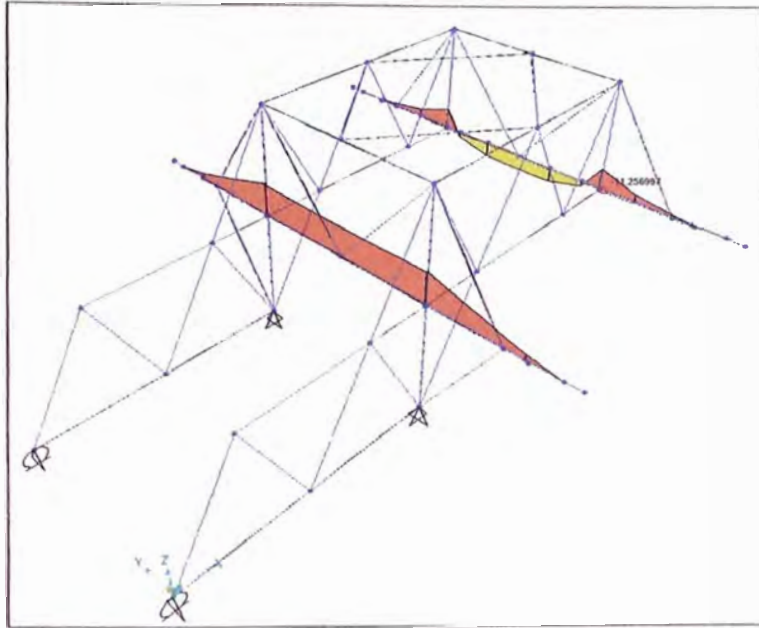
(b)

Figura N° 51 (a)/ (b): Diagrama de Fuerzas Cortantes en Vigas UPN - 500.

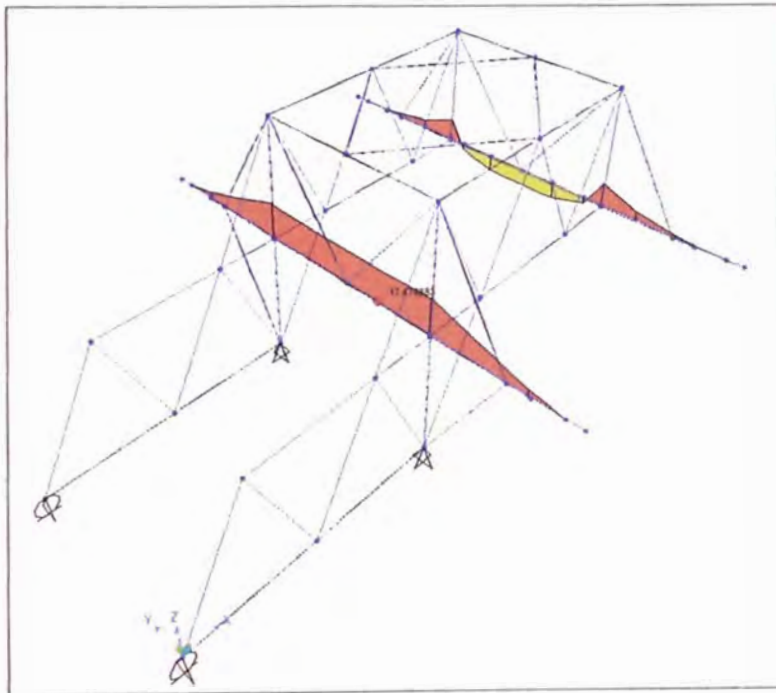
Elaborado por	
Nombre / Función: M. Asencio Dpto. Técnico	D: 21 M: 03 A: 13
Firma:	

Revisado por	
Nombre / Función: G. Cochachi J. D. Técnico	D: 21 M: 03 A: 13
Firma:	

Aprobado por	
Nombre / Función: A. Sierra G.D. Técnico	D: 21 M: 03 A: 13
Firma:	



(a)



(b)

Figura N° 52 (a)/ (b): Diagrama de Momentos en Vigas UPN - 500.

Elaborado por	
Nombre / Función:	D: 21
M. Asencio Dpto. Técnico	M: 03
	A: 13

Revisado por	
Nombre / Función:	D: 21
G. Cochachi J. D. Técnico	M: 03
Firma:	A: 13

Aprobado por	
Nombre / Función:	D: 21
A. Sierra G.D. Técnico	M: 03
Firma:	A: 13

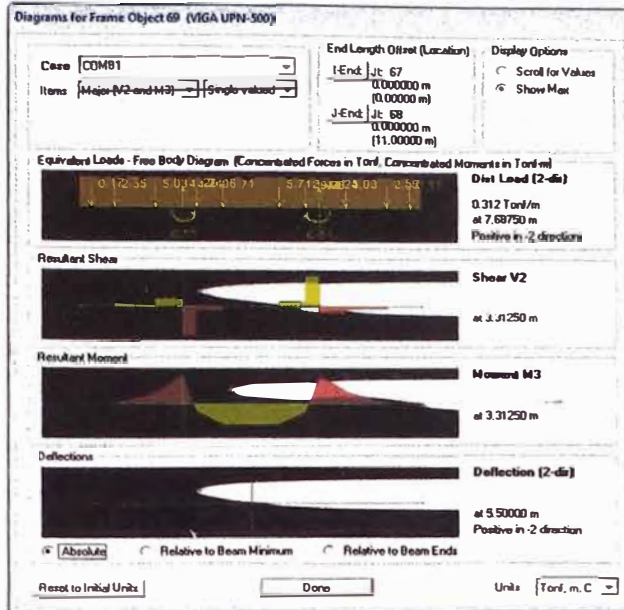


Figura N° 53. Viga U-500 Estructura Principal - Viga Delantera - Fuerza Cortante / Momento / Deflexión.

$$V_{\text{Max}} = 35.45 \text{ Ton}$$

$$M_{\text{MAX}} = 12.22 \text{ Ton}_m.$$

$$\delta_{\text{MAX}} = 30.35 \text{ mm.}$$

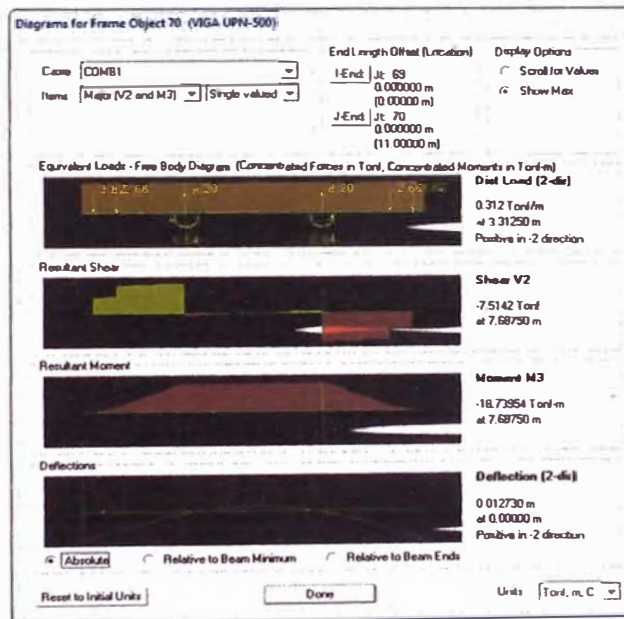


Figura N° 54. Viga U-500 Estructura Principal - Viga Posterior - Fuerza Cortante / Momento / Deflexión.

$$V_{\text{Max}} = 7.51 \text{ Ton}$$

$$M_{\text{MAX}} = 18.74 \text{ Ton}_m.$$

$$\delta_{\text{MAX}} = 12.73 \text{ mm.}$$

Elaborado por	
Nombre / Función: M. Asencio Dpto. Técnico	D: 21 M: 03 A: 13
Firma:	

Revisado por	
Nombre / Función: G. Cochachi J. D. Técnico	D: 21 M: 03 A: 13
Firma:	

Aprobado por	
Nombre / Función: A. Sierra G.D. Técnico	D: 21 M: 03 A: 13
Firma:	

• **ESTRUCTURA PRINCIPAL: REACCIONES Y DEFLEXIONES EN DOVELAS**

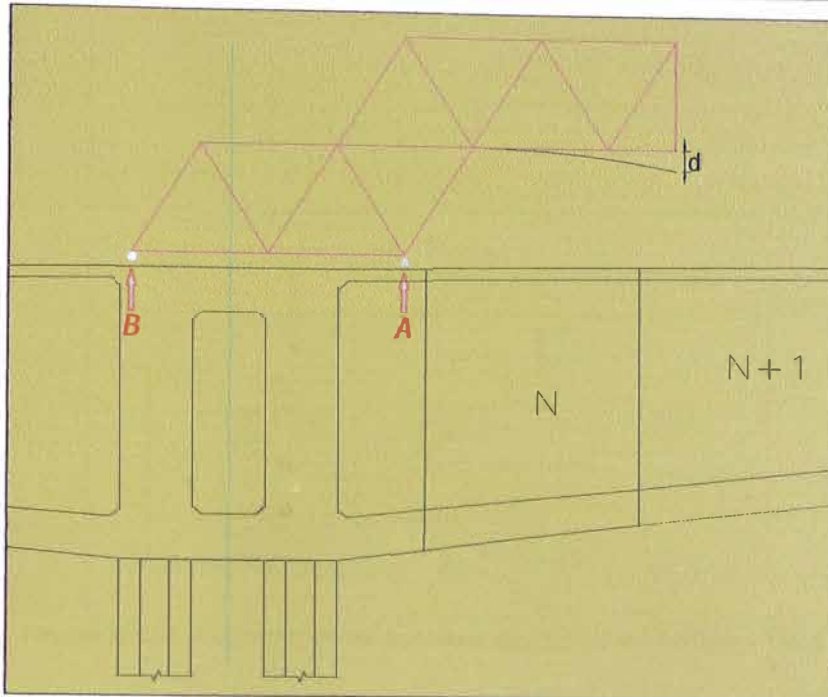


Figura N° 55: Esquema de Reacciones y Deflexiones.

Cuadro 21. Deflexiones y Reacciones por Dovela.

VIGA HEA-240			
DOVELA	Deformaciones	Reacciones (Ton)	
	d (mm)	Delantera (A)	Posterior (B)
1	29.13	105.24	-45.26
2	28.32	102.64	-44.00
3	27.50	100.12	-42.70
4	26.83	98.09	-41.65
5	25.75	94.58	-39.92
6	24.84	92.86	-38.27
7	24.24	90.95	-37.32
8	23.59	88.86	-36.29
9	23.15	87.43	-35.59
10	22.71	85.05	-34.89
11	22.41	85.02	-34.41
12	22.30	84.67	-34.24

Elaborado por		
Nombre / Función:	D: 21	
M. Asencio Dpto. Técnico	M: 03	
Firma:	A: 13	

Revisado por		
Nombre / Función:	D: 21	
G. Cochachi J. D. Técnico	M: 03	
Firma:	A: 13	

Aprobado por		
Nombre / Función:	D: 21	
A. Sierra G.D. Técnico	M: 03	
Firma:	A: 13	

• **REACCIONES EN PUNTOS DE ANCLAJE EN DOVELAS**

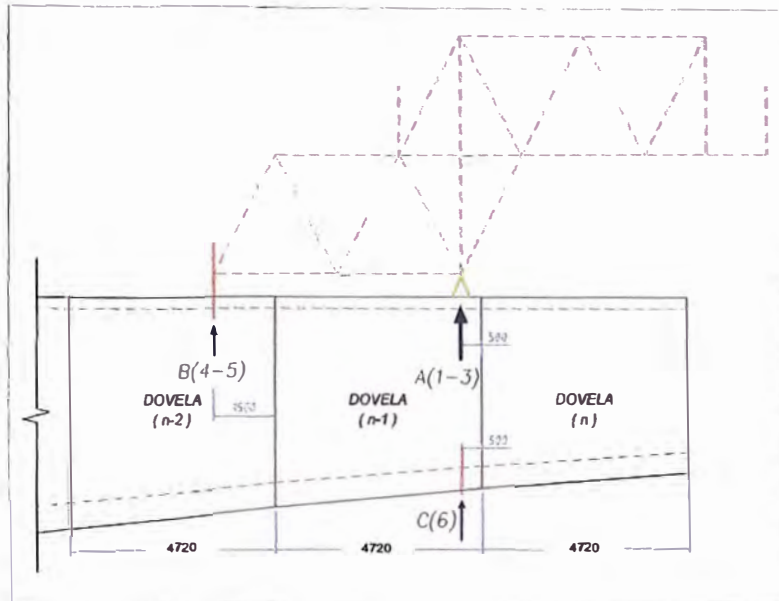


Figura N° 56: Esquema de Reacciones en Puntos de Anclaje - Vista Lateral.

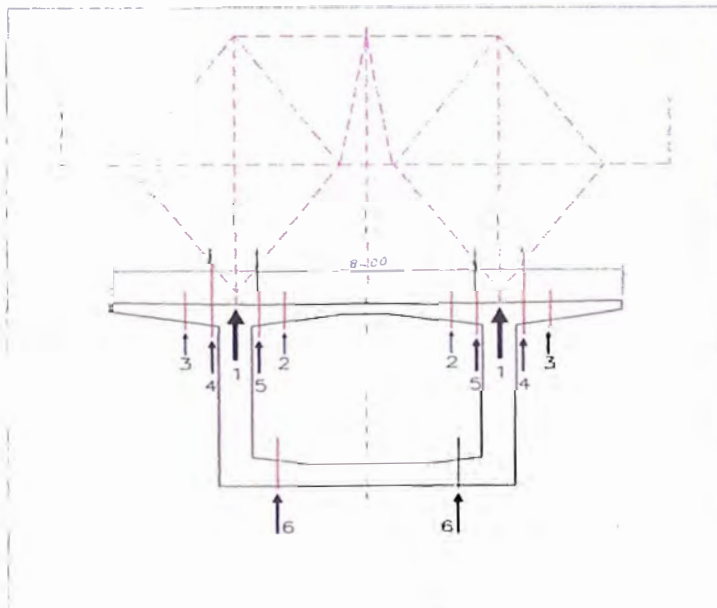


Figura N° 57: Esquema de Reacciones en Puntos de Anclaje - Sección (Esquema Referencial).

Elaborado por	
Nombre / Función: M. Asencio Dpto. Técnico	D: 21 M: 03 A: 13
Firma:	

Revisado por	
Nombre / Función: G. Cochachi J. D. Técnico	D: 21 M: 03 A: 13
Firma:	

Aprobado por	
Nombre / Función: A. Sierra G.D. Técnico	D: 21 M: 03 A: 13
Firma:	

Cuadro 22. Reacciones en puntos de Anclaje en Dovelas.

REACCIONES (Ton)						
DOVELA	A1	A2	A3	B4	B5	C6
1	105.24	6.06	5.21	-22.63	-22.63	25.60
2	102.64	6.06	5.21	-22.00	-22.00	23.91
3	100.12	6.06	5.21	-21.35	-21.35	22.63
4	98.08	6.06	5.21	-20.83	-20.83	21.56
5	94.58	6.06	5.21	-19.96	-19.96	19.75
6	92.86	6.06	5.21	-19.14	-19.14	18.41
7	90.95	6.06	5.21	-18.66	-18.66	17.51
8	88.86	6.06	5.21	-18.15	-18.15	16.52
9	87.43	6.06	5.21	-17.80	-17.80	15.84
10	85.05	6.06	5.21	-17.45	-17.45	15.12
11	85.02	6.06	5.21	-17.21	-17.21	14.68
12	84.67	6.06	5.21	-17.12	-17.12	14.51

Elaborado por		D: 21
Nombre / Función:	Dpto. Técnico	M: 03
M. Asencio		A: 13
Firma:		

Revisado por		D: 21
Nombre / Función:	J. D. Técnico	M: 03
G. Cochachi		A: 13
Firma:		

Aprobado por		D: 21
Nombre / Función:	G.D. Técnico	M: 03
A. Sierra		A: 13
Firma:		

4. ANÁLISIS POR DESPLAZAMIENTO DEL CARRO DE AVANCE

Un segundo caso de análisis para la estructura principal es al momento de realizar la maniobra de avance para posicionarse en la siguiente dovela. Para este análisis solo actúa sobre el carro de avance las cargas provenientes de los elementos de encofrado, llámense: Encofrado de Fondo, Encofrado de Alas + Hastial Exterior, Encofrado Losa Interior + Hastial Interior.

Del análisis de la estructura principal bajo estas cargas obtenemos las reacciones para el momento del avance.

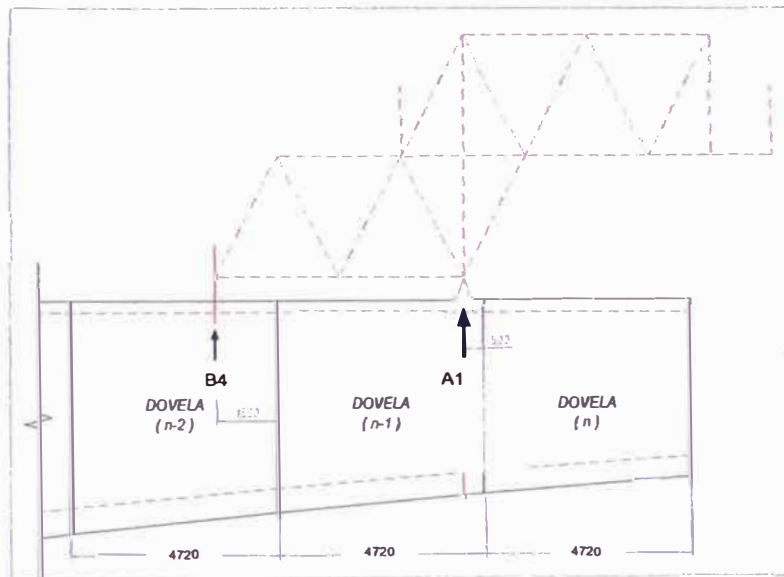


Figura N° 58: Esquema de Reacciones sobre Viga Carril.

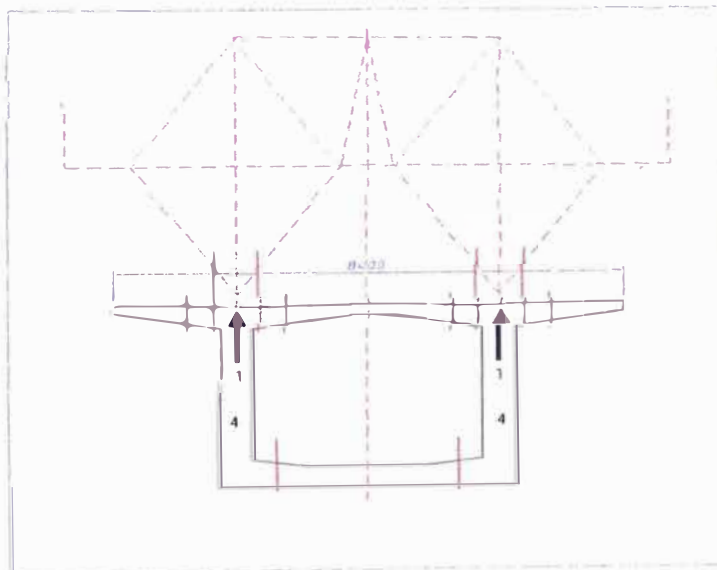


Figura N° 59: Esquema de Reacciones sobre Viga Carril - Sección (Esquema Referencial).

Elaborado por	
Nombre / Función: M. Asencio Dpto. Técnico	D: 21 M: 03 A: 13
Firma:	

Revisado por	
Nombre / Función: G. Cochachi J. D. Técnico	D: 21 M: 03 A: 13
Firma:	

Aprobado por	
Nombre / Función: A. Sierra G.D. Técnico	D: 21 M: 03 A: 13
Firma:	

Cuadro 23. Reacciones en los puntos de apoyo.

TABLE: Joint Reactions				
Joint Text	OutputCase Text	CaseType Text	F3 Tonf	Ubicación de Carga
B4	COMB1	Combination	-11.65	Posterior
A1	COMB1	Combination	33.39	Delantera
B4	COMB1	Combination	-11.65	Posterior
A1	COMB1	Combination	33.39	Delantera

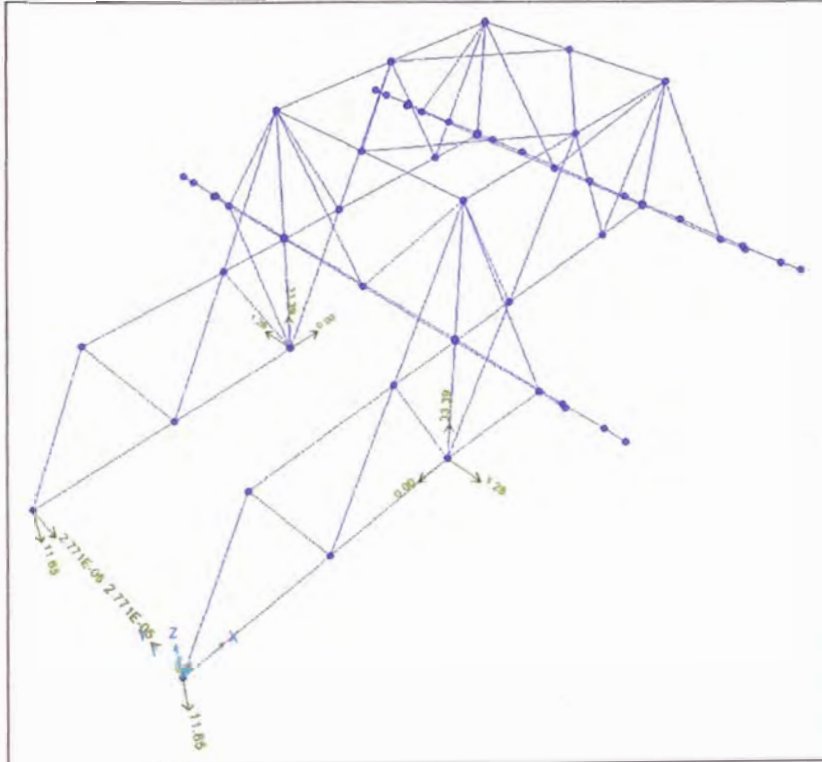


Figura N° 60: Reacciones en etapa de avance.

4.1 VERIFICACIÓN DE LOS CARRILES DURANTE EL AVANCE

VIGA HEA-240

Elemento que sirve para el traslado de la estructura principal del Carro de Avance, para la siguiente etapa de vaciado, esta forjado en acero S 355 JR. La figura 59, muestra la sección de la viga carril.

Elaborado por	
Nombre / Función: M. Asencio Dpto. Técnico	D: 21 M: 03 A: 13
Firma:	

Revisado por	
Nombre / Función: G. Cochachi J. D. Técnico	D: 21 M: 03 A: 13
Firma:	

Aprobado por	
Nombre / Función: A. Sierra G.D. Técnico	D: 21 M: 03 A: 13
Firma:	

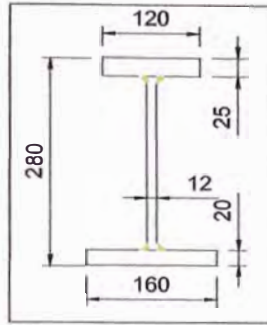


Figura N° 61: Viga Carril - Sección (mm).

Con las dimensiones procederemos a calcular los valores característicos de la sección.

$$I = \frac{120 \times 25^3}{12} + 120 \times 25 \times 127.50^2 + \frac{12 \times 235^3}{12} + \frac{160 \times 20^3}{12} + 160 \times 20 \times 130^2$$

$$I = 116089541.70 \text{ mm}^4$$

$$S = \frac{116089541.70}{140} = 829211.01 \text{ mm}^3 = 829.21 \text{ cm}^3$$

$$A_c = 280 \times 12 = 3360 \text{ mm}^2 = 33.60 \text{ cm}^2.$$

Calculo de la capacidad a Corte:

$$V = \frac{0.6 * f_y * A_c}{1.50}$$

$$V = \frac{0.6 * 3550 * 33.60}{1.50} = 47712 \text{ Kg} = 47.71 \text{ Ton (Resistencia a Corte)}$$

Calculo de la capacidad a Momento:

$$M = 0.6 * f_y * S_x$$

$$M = 0.6 * 3550 * 829.21 = 1766217.3 \text{ Kg}_m = 17.66 \text{ Ton}_m \text{ (Resistencia a Momento)}$$

Elaborado por		
Nombre / Función:	D: 21	
M. Asencio Dpto. Técnico	M: 03	
Firma:	A: 13	

Revisado por		
Nombre / Función:	D: 21	
G. Cochachi J. D. Técnico	M: 03	
Firma:	A: 13	

Aprobado por		
Nombre / Función:	D: 21	
A. Sierra G.D. Técnico	M: 03	
Firma:	A: 13	

Cuadro 24. Capacidades admisibles Viga Carril

Elemento	Corte Admisible (Ton)	Momento Admisible (Ton_m)
Viga Carril	47.71	17.66

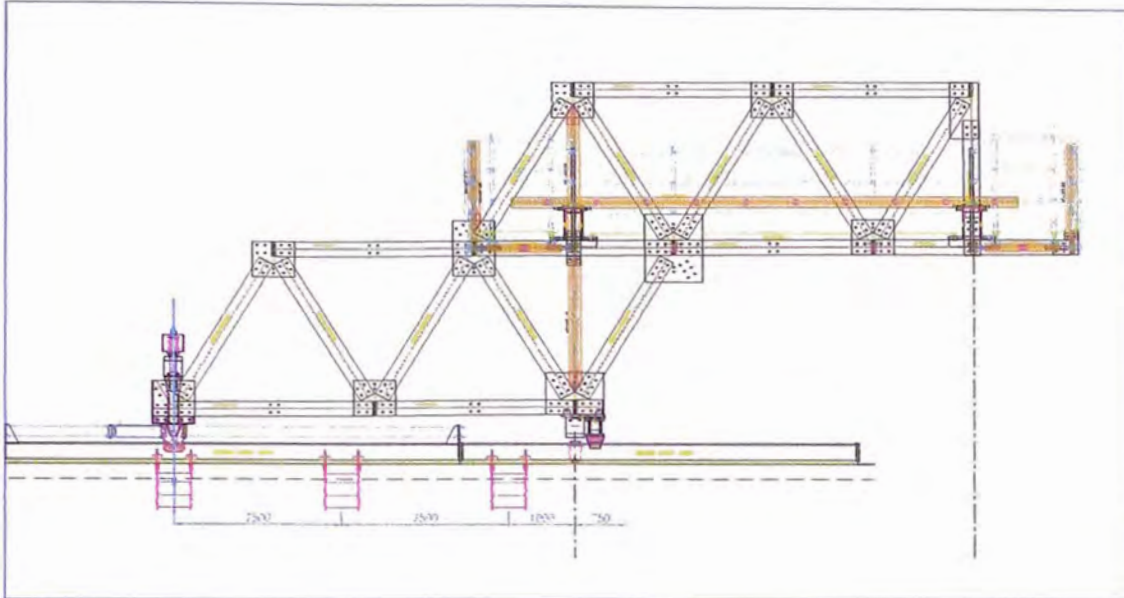


Figura N° 62: Elevación - Carro de Avance.

Durante la etapa de avance las cargas actuantes sobre el carril (cuadro 23) son:

- Carga en Tracción: 11.65 Ton.
- Carga en Compresión: 33.39 Ton.

Para la verificación de este elemento amplificaremos estas cargas por un factor de 1.50, para considerar el efecto de cargas variables. Por lo tanto las cargas quedan de la siguiente manera:

- Carga en Tracción: 17.48 Ton.
- Carga en Compresión: 50.09 Ton. (El carril delantero es doble, por lo tanto, la carga en cada carril será 25.05 Ton).

El esquema de cargas será el que se muestra en la figura 63.

Elaborado por	
Nombre / Función: M. Asencio	Dpto. Técnico
D: 21	M: 03
A: 13	

Revisado por	
Nombre / Función: G. Cochachi	J. D. Técnico
D: 21	M: 03
Firma:	A: 13

Aprobado por	
Nombre / Función: A. Sierra	G.D. Técnico
D: 21	M: 03
Firma:	A: 13

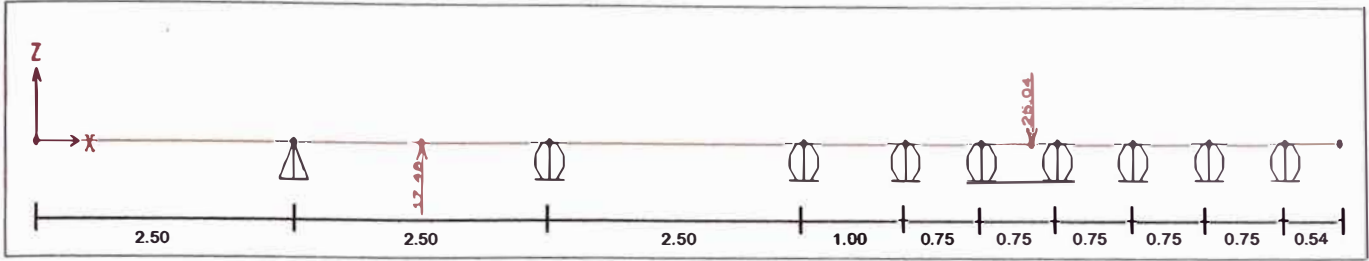


Figura N° 63: Modelo de análisis - Viga Carril.

Del análisis obtenemos los valores mostrados en los siguientes gráficos.

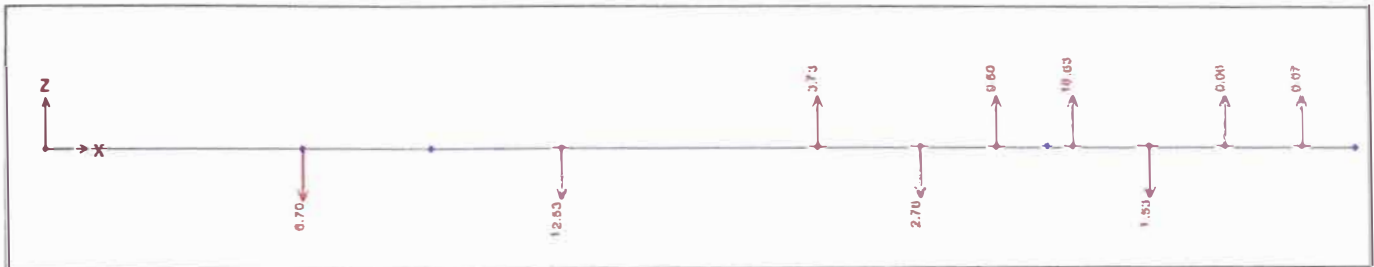


Figura N° 64: Reacciones (Ton).

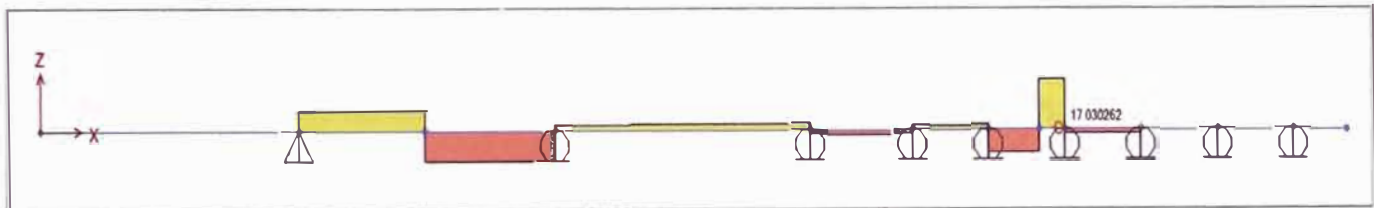


Figura N° 65: Diagrama de Fuerzas Cortantes (Ton).
 $V_{max} = 17.03$ Ton

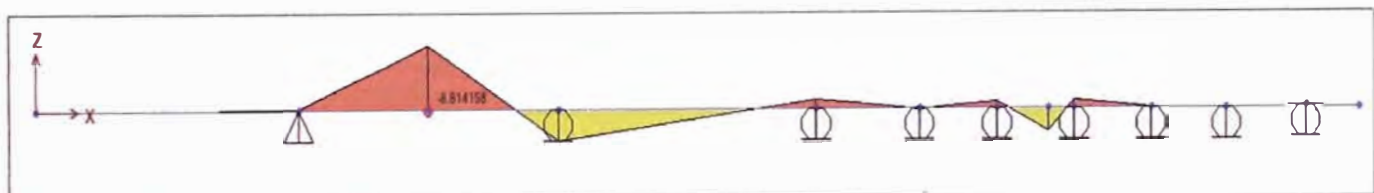


Figura N° 66: Diagrama de Momentos (Ton_m).
 $M_{max} = 8.88$ Ton_m

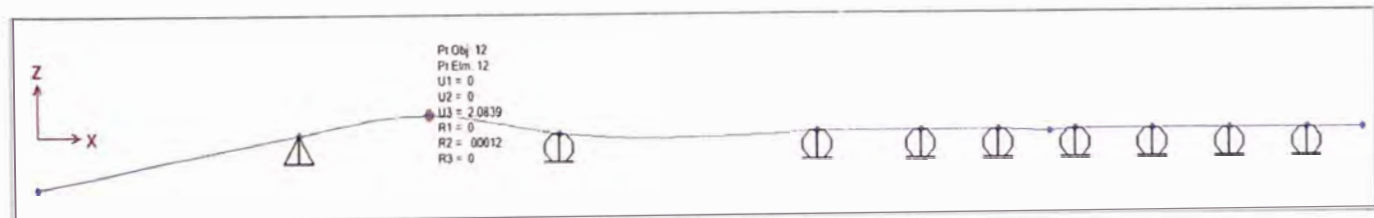


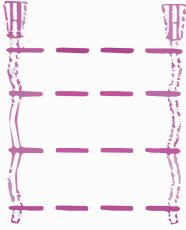
Figura N° 67: Deformaciones (mm).
 $\delta_{max} = 2.08$ mm.

Elaborado por		
Nombre / Función:	D: 21	
M. Asencio	Dpto. Técnico	M: 03
Firma:		A: 13

Revisado por		
Nombre / Función:	D: 21	
G. Cochachi	J. D. Técnico	M: 03
Firma:		A: 13

Aprobado por		
Nombre / Función:	D: 21	
A. Sierra	G.D. Técnico	M: 03
Firma:		A: 13

La reacción máxima corresponde al paso de la retenida trasera por el sistema de anclaje, con un valor mayorado de 17.48 Ton.



Wobble Anchor 20 FS 2080, fitting to Steel-Plastic-Cone 20 F 3037
Embedment depth inclusively Cone = 763 mm
Concrete grade C 20/25 with $f_w \geq 25 \text{ N/mm}^2$, in cracked concrete¹

Data	Force
N_U	190 kN
$N_{R,k}$	133 kN
N_{Rd} (with $\gamma_M = 1,5$)	89 kN

Los datos proporcionados por DSI indican una carga de servicio de 8.9 Ton para un cono embebido en el concreto. En nuestro caso están dispuestos 4 conos.

Para mejorar las condiciones de contorno es necesario disponer de un zunchado exterior a las barras del anclaje para mejorar las condiciones de contorno ya que éstas se encuentran en sentido transversal muy próximas al borde.

La resistencia de la barra ondulada también está indicada por DSI.

a) Steel failure of MUKUSOL Anchor bar 20 FS 0000

Tensile Force

$N_R = 275 \text{ kN}$

$N_{Rd} = 183 \text{ kN}$ (with $\gamma_{Ms} = 1,5$)

Shear Force

$V_{a,R} = 165 \text{ kN}$

$V_{a,Rd} = 138 \text{ kN}$ (with $\gamma_M = 1,25$)

Combined loading, (as an interaction of tensile and shear force), can be evaluated using the following formula:

$$V_a/V_{a,Rd} + N_d/N_{Rd} \leq 1,2$$

Las indicaciones de DSI a este respecto son las siguientes:

- Se recomienda un recubrimiento mínimo de 50 mm.
- Cuando el recubrimiento sea de 50 mm, el elemento de hormigón debe tener cercos horizontales correctamente anclados de diámetro mínimo $\varnothing 12 \text{ mm}$ y con una separación máxima de 100 mm. Estos cercos se deben situar en al menos en una longitud de 600 mm. Es decir, prácticamente en toda la longitud embebida de la barra. Evidentemente la barra debe quedar dentro del área reforzada por los cercos.

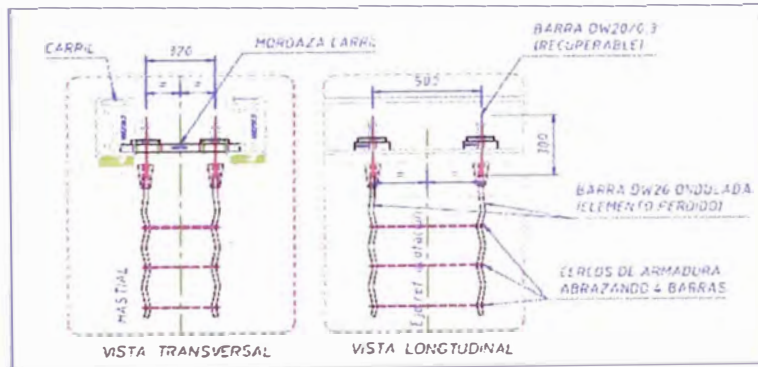


Figura N° 68: Anclaje Carril.

Elaborado por	
Nombre / Función: M. Asencio Dpto. Técnico	D: 21 M: 03 A: 13
Firma:	

Revisado por	
Nombre / Función: G. Cochachi J. D. Técnico	D: 21 M: 03 A: 13
Firma:	

Aprobado por	
Nombre / Función: A. Sierra G.D. Técnico	D: 21 M: 03 A: 13
Firma:	

5. VERIFICACIÓN DE LOS ELEMENTOS

RESISTENCIA DE VIGAS U-500

De la aplicación de las cargas provenientes del vaciado de la losa inferior, hastiales y reacciones aplicadas en la estructura principal, tenemos que los valores de corte y momento son: 34.33 Ton y 17.15 Ton_m respectivamente. La capacidad admisible de esta viga según se muestran en el cuadro 01 son mayores a estos valores ($V_{adm}=213.00$ Ton, $M_{adm}= 63.94$ Ton_m). Por lo que se concluye que las Vigas U-500 **cumplen** con los requerimientos de cargas actuantes aplicadas por el vaciado de la dovela.

RESISTENCIA DE LAS VIGAS UPN-300

De la aplicación de las cargas provenientes del vaciado de la losa superior (alas e interior), tenemos que los valores de corte y momento son: 5.46 ton y 8.79 ton_m respectivamente. La capacidad admisibles de esta viga según se muestran en el cuadro 02 son mayores a estos valores ($V_{adm}=66.00$ ton, $M_{adm}=17.02$ ton_m). Por lo que se concluye que las vigas UPN-300 **cumplen** con los requerimientos de cargas actuantes aplicadas por el vaciado de la dovela.

RESISTENCIA DE LAS RIOSTRAS MK-120

De la aplicación de las cargas provenientes del vaciado de la losa superior (alas e interior), tenemos que los valores de corte y momento son: 1.01 ton y 0.25 ton_m respectivamente. La capacidad admisibles de esta viga según se muestran en el cuadro 03 son mayores a estos valores ($V_{adm}=14.00$ ton, $M_{adm}=1.89$ ton_m). Por lo que se concluye que las riostras MK-120 **cumplen** con los requerimientos de cargas actuantes aplicadas por el vaciado de la dovela.

RESISTENCIA DE LAS BARRAS DW36

De la aplicación de las cargas provenientes del vaciado de la losa inferior y hastiales, tenemos que los valores de carga axial en las barras son: 27.94 Ton . La capacidad admisibles de estas barras según se indica en el acápite 2.4 es de 85.60 Ton. Por lo que se concluye que las barras DW36 **cumplen** con los requerimientos de cargas actuantes aplicadas por el vaciado de la dovela.

Elaborado por		
Nombre / Función:	D: 21	
M. Asencio Dpto. Técnico	M: 03	
Firma:	A: 13	

Revisado por		
Nombre / Función:	D: 21	
G. Cochachi J. D. Técnico	M: 03	
Firma:	A: 13	

Aprobado por		
Nombre / Función:	D: 21	
A. Sierra G.D. Técnico	M: 03	
Firma:	A: 13	

RESISTENCIA DE LAS BARRAS DW26.50

De la aplicación de las cargas provenientes del vaciado de la losa inferior, hastiales y losa superior (alas e interior), tenemos que los valores de carga axial en las barras son: 6.06 Ton . La capacidad admisibles de estas barras según se indica en el acápite 2.5 es de 46.40 Ton. Por lo que se concluye que las barras DW26.50 **cumplen** con los requerimientos de cargas actuantes aplicadas por el vaciado de la dovela.

RESISTENCIA DE LAS BARRAS DW20.00

De la aplicación de las cargas provenientes del vaciado de la losa superior (alas), tenemos que los valores de carga axial en las barras son: 5.21 Ton . La capacidad admisibles de estas barras según se indica en el acápite 2.6 es de 16.00 Ton. Por lo que se concluye que las barras DW20.00 **cumplen** con los requerimientos de cargas actuantes aplicadas por el vaciado de la dovela.

RESISTENCIA DE LAS VIGAS HEA-240

De la aplicación de las cargas provenientes del vaciado de la losa inferior, hastiales y losa superior (alas e interior), tenemos que los valores de carga axial a compresión es: 123.70 Ton. La capacidad admisible de esta viga según se muestran en el cuadro 05 es mayor a este valor ($A_{adm}=155.94$ ton). Por lo que se concluye que las Vigas HEA-240 **cumplen** con los requerimientos de cargas actuantes aplicadas por el vaciado de la dovela.

RESISTENCIA DE LOS TORNILLOS M30

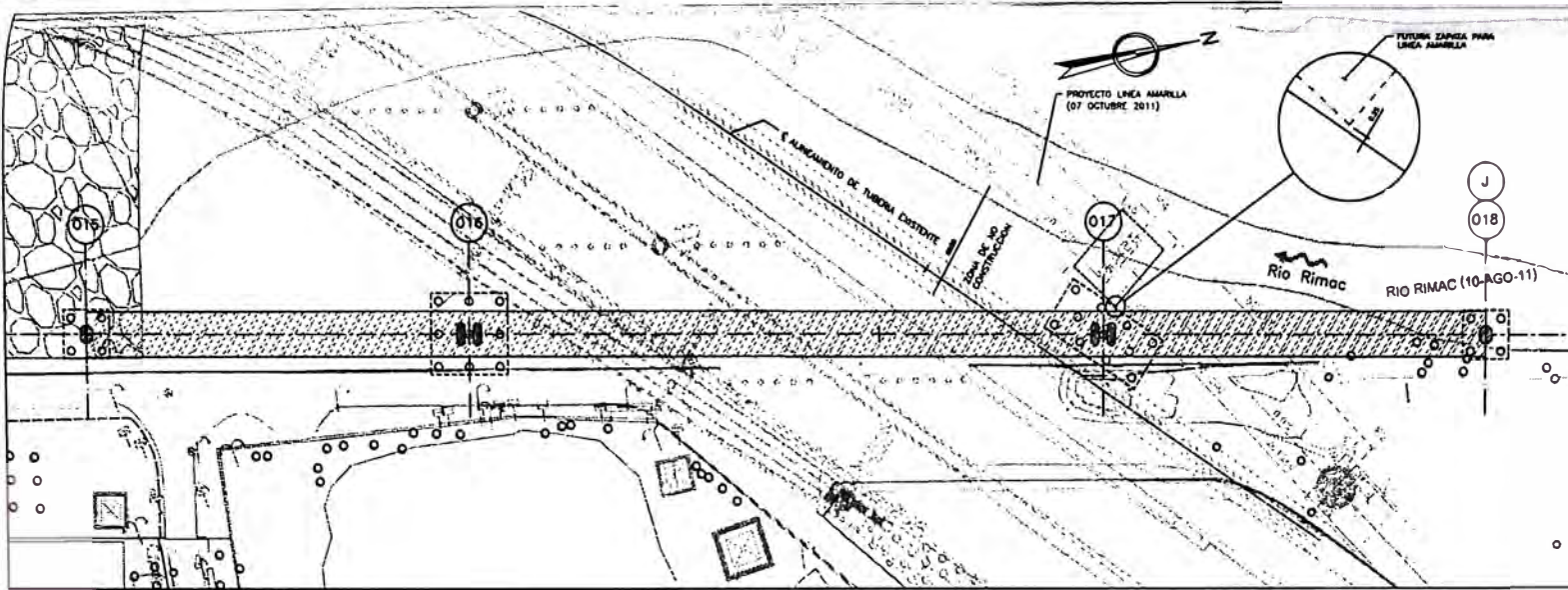
De la aplicación de las cargas provenientes del vaciado de la losa inferior, hastiales y losa superior (alas e interior), tenemos que el valor máximo de corte es: 123.70 ton. La capacidad admisibles de este tornillo se indica en el acápite 2.8 y para una conexión con 12 tornillos ($T_{adm}=17.95 \times 12 = 215.40$ Ton). Por lo que se concluye que los tornillos M30 **cumplen** con los requerimientos de cargas actuantes aplicadas por el vaciado de la dovela.

Elaborado por	
Nombre / Función: M. Asencio Dpto. Técnico	D: 21 M: 03 A: 13
Firma:	

Revisado por	
Nombre / Función: G. Cochachi J. D. Técnico	D: 21 M: 03 A: 13
Firma:	

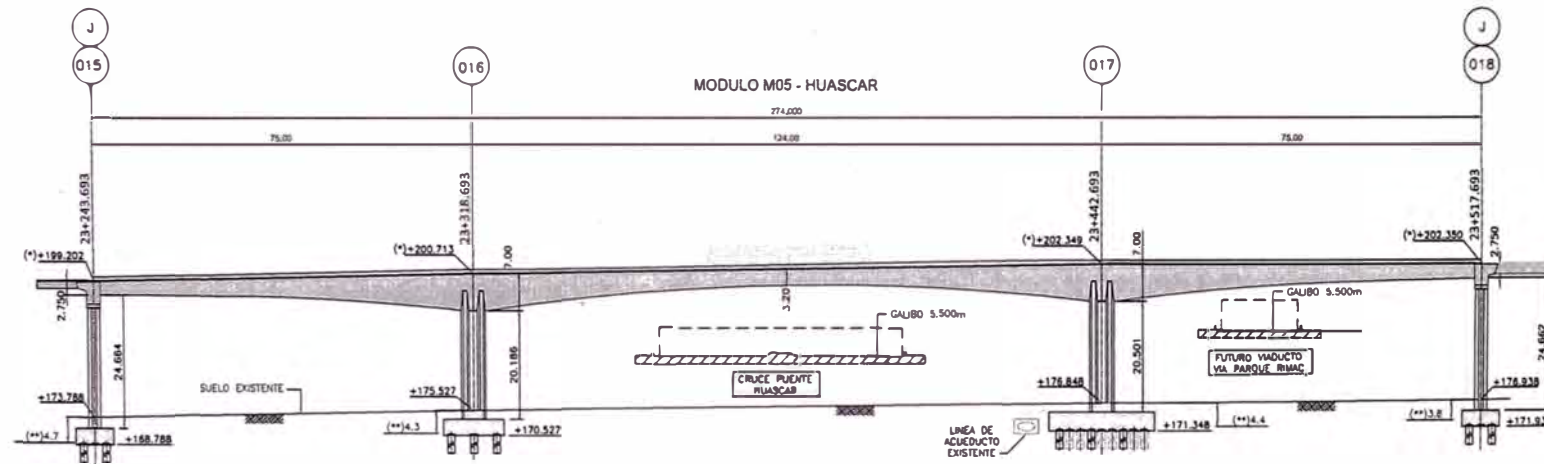
Aprobado por	
Nombre / Función: A. Sierra G.D. Técnico	D: 21 M: 03 A: 13
Firma:	

ANEXO 3:
PLANOS DEL PUENTE SOBRE LA VÍA
EVITAMIENTO



PLANO DE LAS FUNDACIONES

ESC: 1:500



ELEVACION LONGITUDINAL

ESC: 1:500

TABLA DE UBICACION DE LAS COLUMNAS			
COLUMNAS	E	N	AZIMUT
O15	280875.889	8858417.081	284° 03' 09"
O16	280894.100	8868469.837	284° 03' 09"
O17	280924.208	8868610.128	284° 03' 09"
O18	280942.419	8868682.881	284° 03' 09"

- (*) = COTA DE RASANTE
- (*) = ELEVACION AL CENTRO DE LA PLACA DEL PUENTE
- (**) = PROFUNDIDAD DE SOCAVACION CALCULADA PARA 500 AÑOS



LEYENDA

- NAS = NIVEL DE AGUA SUPERIOR
- NAI = NIVEL DE AGUA INFERIOR

- Notas:
- REFERENCIA AL TRAMO DEL ALINEAMIENTO "0" PARA LOS DATOS DE LA CURVA.
 - LAS PENDIENTES MOSTRADAS EN EL PRESENTE PLANO SERAN CONTROLADAS DURANTE EL PROCESO CONSTRUCTIVO DE LA SUPERESTRUCTURA.

Supervisor:	APROBADO POR CONSTRUCCION	Cal. 1	Princ.
*****	APROBADO POR CONSTRUCCION	Cal. 2	
*****	REVISAR Y REBARRA	Cal. 3	

Rev.	Fecha	Descripción de la revisión	PREP.	REV.	VERIF.	APROB.
O1	25-Jun-12	APROBADO PARA CONSTRUCCION	TYL	TYL	MCO	MM
DA	07-May-12	EMITIDO PARA REVISION	TYL	TYL	MCO	MM

EJECUCION DE LAS OBRAS CIVILES Y ELECTROMECANICAS DEL SISTEMA ELECTRICO DE TRANSPORTE MASIVO DE LIMA Y CALLAO LINEA 1. TRAMO 2. AV. GRAU - SAN JUAN DE LURIGANCHO

C.T.E.L.T.Y.L.P.V.E.E.S.T.D.W.G.3.2.5.0.01.1

PUENTE SOBRE VIA EVITAMIENTO PLANTA Y ELEVACION GENERAL

INDICADA

INDICE DE PLANOS:

CODIGO DE HOJAS

CTEL-TYL-PVE-EST-DWG-32500_01
 CTEL-TYL-PVE-EST-DWG-32501_02
 CTEL-TYL-PVE-EST-DWG-32502_02
 CTEL-TYL-PVE-EST-DWG-32503_02
 CTEL-TYL-PVE-EST-DWG-32504_01
 CTEL-TYL-PVE-EST-DWG-32505_01
 CTEL-TYL-PVE-EST-DWG-32506_02
 CTEL-TYL-PVE-EST-DWG-32507_02
 CTEL-TYL-PVE-EST-DWG-32508_02
 CEEL-TYL-PVE-EST-DWG-32509_02
 CEEL-TYL-PVE-EST-DWG-32510_02
 CEEL-TYL-PVE-EST-DWG-32511_02
 CTEL-TYL-PVE-EST-DWG-32513_01
 CTEL-TYL-PVE-EST-DWG-32514_01
 CTEL-TYL-PVE-EST-DWG-32515_01
 CTEL-TYL-PVE-EST-DWG-32516_01
 CTEL-TYL-PVE-EST-DWG-32517_01
 CTEL-TYL-PVE-EST-DWG-32518_01
 CTEL-TYL-PVE-EST-DWG-32519_02
 CTEL-TYL-PVE-EST-DWG-32520_02
 CTEL-TYL-PVE-EST-DWG-32521_02
 CTEL-TYL-PVE-EST-DWG-32522_02
 CTEL-TYL-PVE-EST-DWG-32523_02
 CTEL-TYL-PVE-EST-DWG-32524_02
 CTEL-TYL-PVE-EST-DWG-32525_02
 CTEL-TYL-PVE-EST-DWG-32526_02
 CTEL-TYL-PVE-EST-DWG-32527_02
 CTEL-TYL-PVE-EST-DWG-32528_01
 CTEL-TYL-PVE-EST-DWG-32529_01

NOMBRE DE PLANO:

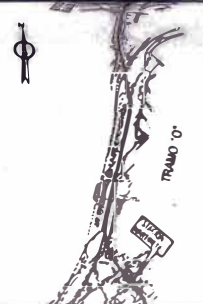
PLANTA Y ELEVACION GENERAL
 INDICE DE PLANOS
 NOTAS GENERALES
 PLANTA DE PUENTE 1
 SECCIONES TÍPICAS DE PUENTE
 DETALLES DE FUNDACIONES 1
 DETALLES DE FUNDACIONES 2
 DETALLES DE FUNDACIONES 3
 DETALLES DE FUNDACIONES 4
 DETALLES DE FUNDACIONES 5
 DETALLES DE FUNDACIONES 6
 DETALLES DE FUNDACIONES 7
 DETALLES DE PILA 1
 DETALLES DE PILA 2
 DETALLES DE PILAS 3
 DETALLES DE PILAS 4
 DETALLES DE PILA 5
 SECCION TIPICA 1
 SECCION TIPICA 2
 SECCION TIPICA 3
 PLANO DE TENDEON EN VOLADIZO 1
 PLANO DE TENDEON EN VOLADIZO 2
 PLANO DE TENDEONES EN EL CLARO 1
 PLANO DE TENDEONES EN EL CLARO 2
 PLANO DE TENDEONES EN EL CLARO 3
 PLANOS DE TENDEONES FUTUROS
 DETALLES DE TENDEONES EN VOLADIZO
 DETALLES DE TENDEONES EN EL CLARO
 DETALLES DE TENDEONES FUTURO

CODIGO DE HOJAS:

CTEL-TYL-PVE-EST-DWG-32530_02
 CTEL-TYL-PVE-EST-DWG-32531_02
 CTEL-TYL-PVE-EST-DWG-32532_01
 CTEL-TYL-PVE-EST-DWG-32533_01
 CTEL-TYL-PVE-EST-DWG-32534_02
 CTEL-TYL-PVE-EST-DWG-32535_01
 CTEL-TYL-PVE-EST-DWG-32536_01
 CTEL-TYL-PVE-EST-DWG-32537_01
 CTEL-TYL-PVE-EST-DWG-32538_02
 CTEL-TYL-PVE-EST-DWG-32539_02
 CTEL-TYL-PVE-EST-DWG-32540_01
 CTEL-TYL-PVE-EST-DWG-32541_02
 CTEL-TYL-PVE-EST-DWG-32542_01
 CTEL-TYL-PVE-EST-DWG-32544_01
 CTEL-TYL-PVE-EST-DWG-32545_01
 CTEL-TYL-PVE-EST-DWG-32546_01

NOMBRE DE PLANO:

DETALLE DE REFUERZO DE LA SECCION TIPICA
 DIAFRAGMA FINAL DETALLE 1
 DIAFRAGMA FINAL DETALLE 2
 DIAFRAGMA FINAL DETALLE 3
 DIAFRAGMA FINAL DETALLE 4
 DIAFRAGMA DE LA PILA DETALLE 1
 DIAFRAGMA DE LA PILA DETALLE 2
 DIAFRAGMA DE LA PILA DETALLE 3
 DIAFRAGMA DE LA PILA DETALLE 4
 SECUENCIA DE CONSTRUCCION 1
 SECUENCIA DE CONSTRUCCION 2
 DETALLES MISCELANEOS 1
 DETALLES MISCELANEOS 2
 DETALLES MISCELANEOS 3
 DETALLES MISCELANEOS 4
 DETALLES MISCELANEOS 5



LEYENDA

Notas:
 PARA 32512 Y 32543 VER COMANDO DE LOS DIBUJOS DE LOS PLANOS.

Referencias:

Supedita:	APROBADO SIN COMPROBES	Cal. 1	Finis:
.....	APROBADO CON COMPROBES	Cal. 2	
CELEST	REVISAR + REVISAR	Cal. 3	

02	27-Jul-12	APROBADO PARA CONSTRUCCION	TYL	TYL	MCO	WVI
01	25-Jun-12	APROBADO PARA CONSTRUCCION	TYL	TYL	MCO	WVI
0A	07-May-12	EMITIDO PARA REVISAR	TYL	TYL	MCO	WVI

Proyecto: EJECUCION DE LAS OBRAS CIVILES Y ELECTROMECANICAS DEL SISTEMA ELECTRICO DE TRANSPORTE MASIVO DE LIMA Y CALLAO LINEA 1, TRAMO 2, AV. GRAU - SAN JUAN DE LURIGANCHO

Conte:	Rep:
C,T,E,L,T,Y,L,P,V,E,E,S,T,D,W,G,3,2,5,0,1,0,2	
Plan:	Estado:
PUENTE SOBRE VIA EVITAMIENTO INDICE DE PLANOS	INDICADA

CONTENIDO DE PROYECTO ESPECIFICADO PARA EL GRUPO DE PLANOS:

CARGA MUERTA

CONCRETO REFORZADO	28.00	KN/m ²
CONCRETO SEGMENTADO POSTENSIONADO	25.00	KN/m ²
ACERO ESTRUCTURAL	78.50	KN/m ²
CARGA MUERTA SUPERFICIE		
a. CAJA CENTRAL DE CABLES	6.50	KN/m
b. PASADIZO	14.52	KN/m
c. BARRANDILLA/ PARED DE INSULACION		
DOS EN CADA CAJA, DW	11.80	KN/m
d. BALASTRE	71.12	KN/m
e. RIELES	5.89	KN/m
f. SELLO	1.96	KN/m
g. CUARTO DE SERVICIOS	4.22	KN/m
h. CATENARIA Y COMPONENTES		
VER CRITICO DE DISEÑO DEL PROYECTO		

CARGA VIVA

TREN A - 2 VAGONES



TREN A - 4 VAGONES



TREN A - 6 VAGONES

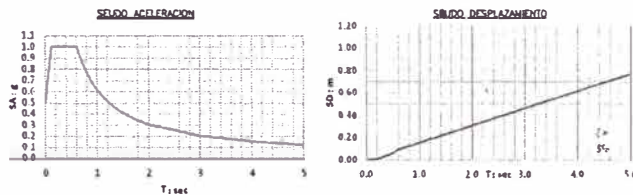


TREN B



CARGA SISMICA

ESPECTRO DE RESPUESTA PARA EL SITO ESPECIFICADO POR ALVA ET AL



MATERIALES:

ZAPATAS DE CONCRETO	f'c=28 = 21	MPa
COLUMNAS DE CONCRETO	f'c=28 = 28	MPa
PILOTES DE CONCRETO	f'c=28 = 28	MPa
VIGAS DE CAJON DE CONCRETO (EXCEPTAS BELOW)	f'c=28 = 42	MPa
LA VIGA CAJON DE CONCRETO DE CIERRE DEL TRAMO PRINCIPAL Y 4 SEGMENTOS ADYACENTES PARA NUMERO DE SEGMENTO VER "SECCION TIPICA" EN PLANOS.	f'c=28 = 55	MPa
ACERO DE REFORZO GRADO 80	f _y = 420	MPa
ACERO POS-TENSIONADO GRADO 270-BAJA RELAJACION	f _{pu} = 1860	MPa
VARRILLAS ROSCADAS (DINIDAD)	f _{pu} = 1050	MPa
RESISTENCIA MINIMA DEL CONCRETO ANTES DE POST-TENSIONAR	f'ci = 25	MPa
RESISTENCIA MINIMA DEL CONCRETO ANTES DE LA REMOCION DE LA FORMALETA PARA EL CIERRE	f'ci = 17.5	MPa
RESISTENCIA MINIMA DEL CONCRETO ANTES DE LA REMOCION PARA OTROS COMPONENTES DE LA SUPERESTRUCTURA	f'ci = 17.5	MPa
CANALES Y CUBIERTAS DE CONCRETO	f'c=28 = 21	MPa
CANALES DE CONCRETO - BORDOS TIPICOS LATIRALES	f'c=28 = 28	MPa

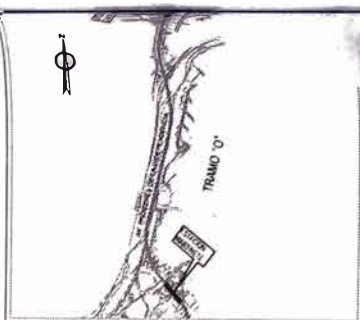
ABREVIACIONES:
 PT - PRE-ESFUERZO O PUNTO DE TANGENCIA
 Symm - SIMETRICO
 WP - PUNTO DE TRABAJO
 TOT - TOTAL
 TODAS LAS DIMENSIONES ESTAN EN MILIMETROS



TREN A - 2-VAGONES

NOTAS DE PRETENSADO

1. CARACTERISTICAS DE POSTENSIONAMIENTO ASUMIDAS PARA DISEÑO:
 CABLE PRETENSADO LONGITUDINAL: LOS CONDUCTOS PARA LA INSTALACION DE LOS TENDONES DEBEN SER DE METAL CORRUGADOS Y GALVANIZADOS
 COEFICIENTE DE FRICCION DE CURVATURA : 0.20
 COEFICIENTE DE FRICCION OSCILANTE : 0.0007/m
 ANCLAJE DE SERIE : 6 mm
 EL ACERO DE POSTENSIONAMIENTO DEBE DE AJUSTARSE A LA NORMA ASTM A418, BAJA RELAJACION, CON 7 ALAMBRES POR CABLE
 ULTIMA RESISTENCIA GARANTIZADA = 1860 MPa
 LAS VARRILLAS DE PRETENSIONAMIENTO DEBEN DE AJUSTARSE A LA NORMA ASTM A722, GRADO 1030
 ULTIMA RESISTENCIA GARANTIZADA = 1030 MPa
2. EL MINIMO ESFUERZO DE COMPRESION DE 25 MPa DEBE DE SER OBTENIDO EN EL CONCRETO ANTES DE APLICAR EL PRE-ESFUERZO.
3. LA SECUENCIA DE ESTRAMIENTO DE LOS CABLES DEBE SER PROPORCIONADA POR EL CONTRATISTA PARA SER REVISADA POR EL INGENIERO.
4. CADA TENDON SERA TENSIONADO SIMETRICAMENTE CON RESPECTO A LA LINEA CENTRAL DEL PUENTE, PARA EVITAR CARGAS EXCENTRICAS. CARGAS MAXIMAS EXCENTRICAS SERA LA FUERZA DE UN TENDON ESTRESADO FUERA DEL BALANCE AL CENTRO DE LA SECCION DE CONCRETO.
5. EL MORTERO NO SERA SUJETO A CARGAS HASTA QUE HAYA ALCANZADO EL SIGUIENTE ESFUERZO:
 20 MPa PARA REMOCION DE FORMALETA DE VAJE.
 30 MPa POR CARGAS SUBSECUENTES.
6. DESPUES DE COMPLETAR TODO EL POSTENSADO Y LAS OPERACIONES DE MORTERO, EL REFUERZO PARA EL CERRAMIENTO SERA DOBLADO EN SITO SOBRE LOS CABEZALES DE LOS ANCLAJES Y EL BLOQUE RELLENADO CON MORTERO QUE NO SE CONTRAGA.
7. DESPUES DE COMPLETAR LA OPERACION DE VOLADIZO, SI EL DUCTO AUXILIAR NO ES USADO, SERA RELLENADO POR COMPLETO CON MORTERO.
8. DUCTOS PREVENTIVOS SERAN USADOS EL PRETENSADO DE TENDONES CON RADIO MENOR A 6 m.
9. UN TENDON EXTENDIDO EN CADA ALJIA CRUZANDO EL CERRAMIENTO CENTRAL SERA TENSIONADO AL 50% DE LA FUERZA DE TENSIONADO, 12 HORAS DESPUES DEL CIERRE DEL VACIADO.
10. TENDONES MENORES A 80 m DE LARGO PODRIAN SER TENSIONADOS DESDE UNO DE LOS EXTREMOS, TENDONES DE 80 m DE LONGITUD O MAYORES, SERAN TENSIONADOS DESDE LOS DOS EXTREMOS, A MENOS QUE SE INDIQUE LO CONTRARIO. EN EL CASO DE INACCESIBILIDAD FISICA PARA USAR GATOS A UNO DE LOS EXTREMOS, TAL TENDON DEBE SER TENSIONADO POR EL OTRO EXTREMO SOLO CON LA APROBACION DEL INGENIERO.
11. TODOS LOS TENDONES (EXCEPTO COMO SE INDICA EN LA NOTA 6 & 7) Y BARRAS LOS CUALES SEAN ANCLADOS EN UN SEGMENTO PARTICULAR SERAN COMPLETAMENTE TENSIONADOS ANTES DE REMOVER LA FORMALETA DE VAJE.
12. LAS JUNTAS DE CONSTRUCCION ENTRE LOS SEGMENTOS FUNDIDOS "IN SITU" DEBEN TENER UNA RUGOSIDAD DE 6mm DE RELIEVE O EXPOSICION DEL AGREGADO GRUESO.



LEYENDA

Notas:

Referencias:

Supervisión:	APROBADO SIN COMENTARIOS	Col. 1	Firma:
*****	APROBADO POR COMENTARIOS	Col. 2	
*****	REVISAR Y REFORZAR	Col. 3	

02	27-Jul-12	APROBADO PARA CONSTRUCCION	TYL	TYL	MCO	MM
01	25-Jun-12	APROBADO PARA CONSTRUCCION	TYL	TYL	MCO	MM
DA	07-May-12	EMITIDO PARA REVISION	TYL	TYL	MCO	MM

Rev. Fecha (DIA/MES/AÑO) Descripción de la revisión: PAPEL REV. VERB. APROB.

Clientes: **MTCA** **TRENT ELECTRIC** **ODERBRIGHT**

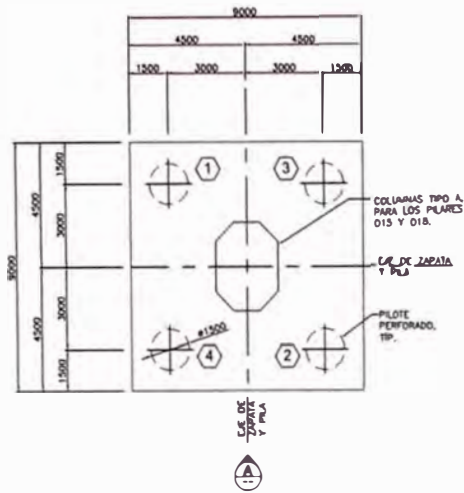
Proyecto: EJECUCION DE LAS OBRAS CIVILES Y ELECTROMECHANICAS DEL SISTEMA ELECTRICO DE TRANSPORTE MASIVO DE LIMA Y CALLAO LINEA 1, TRAMO 2, AV. GRAU - SAN JUAN DE LURIGANCHO

Plan: C.T.E.L.T.Y.L.P.V.E.E.S.T.D.W.G.3.2.5.0.2.0.2

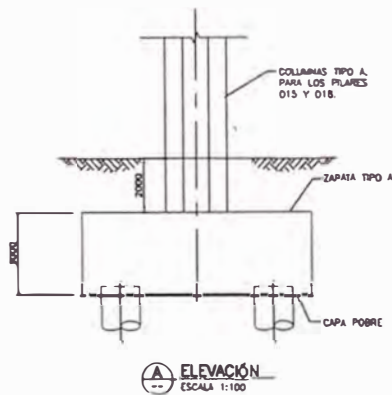
Fecha: PUNTE SOBRE VIA EVITAMIENTO NOTAS GENERALES

Escala: INDICADA

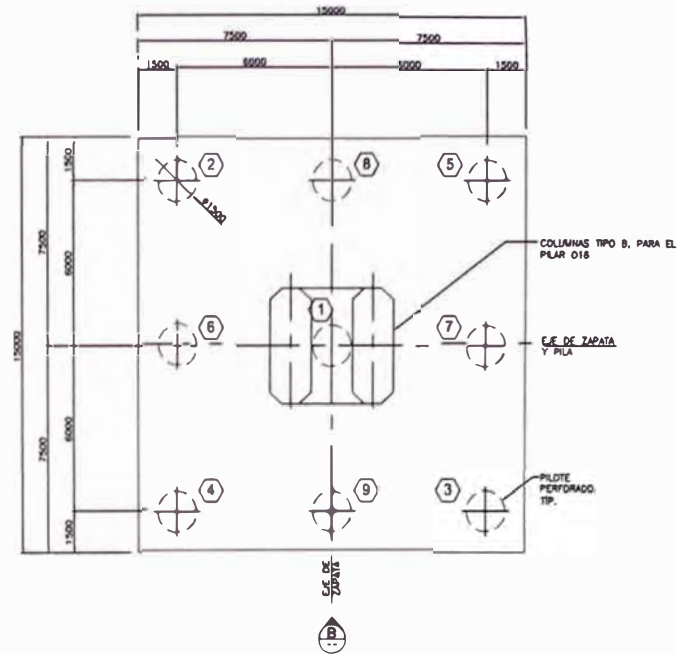
- 1.- LOS DIMENSIONES PLAZO DE EJECUCION SON LAS DE HORAS DESPUES DE TERMINAR EL VIGILADO DEL PILOTE
- 2.- PARA LA ZAPATA TIPO B, LA NOTA 2 APLICA ENTRE (1), (2) Y (3)



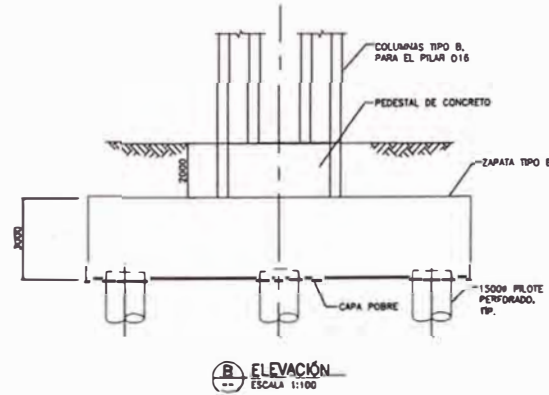
PLANTA DE LAS ZAPATAS TIPO A=9000x9000x3000
ESC. 1:100



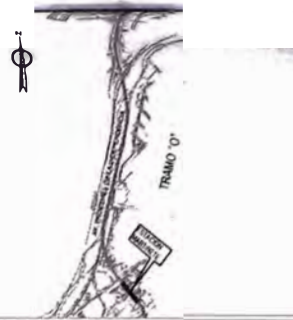
A ELEVACION
ESCALA 1:100



PLANTA DE LAS ZAPATAS TIPO B=15000x15000x3000
ESC. 1:100



B ELEVACION
ESCALA 1:100



LEYENDA

- ESTE PLANO ES VALIDO PARA LOS SIGUIENTES PILARES:
- ZAPATA Y COLLARINAS TIPO A: 015 Y 018
 - ZAPATA Y COLLARINAS TIPO B: 016

- Notas:
- 1.- MEDIDAS Y NIVELES EN MILIMETROS.
 - 2.- CONCRETO $f_c=21MPa$ PARA ZAPATAS.
 - 3.- CONCRETO $f_c=25MPa$ PARA PILOTES, COLLARINAS Y VIGAS CARRETALES.
 - 4.- CONCRETO $f_c=10MPa$ PARA CAPA POBRE (SEM. BAJO CIMENTACIONES).
 - 5.- LAS CIMENTACIONES DEBERAN SER LIBERADAS POR EL INGENIERO ESPECIALISTA.
 - 6.- LA PROFUNDIDAD MINIMA ESTIMADA DE LA COTA DE APOYO DE LAS ZAPATAS TIPO A Y B ES DE 3.0 m.
 - 7.- LA LONGITUD FINAL DE LOS PILOTES DEBERA SER DETERMINADA POR EL INGENIERO GEOTECNICO DE CIMENTACIONES.
 - 8.- EL DISEÑO DE LA SUBESTRUCTURA ES VALIDO PARA LA PROFUNDIDAD MINIMA INDICADA EN LOS PLANOS.

Referencias:

Supervisión:	OPERA OBRAS	Cal. 1	Forma
.....	OPERA OBRAS	Cal. 2	
.....	REBAR Y REBAR	Cal. 3	

0125-Jun-12	AFRIBADO PARA CONSTRUCCION	TYL	TYL	MCO	MM
DA 07-May-12	ENTRADO PARA REVISION	TYL	TYL	MCO	MM

Rev. Fecha: 04-ABR-11 Descripción de la revisión: MPRP REV. VERIF. APRB

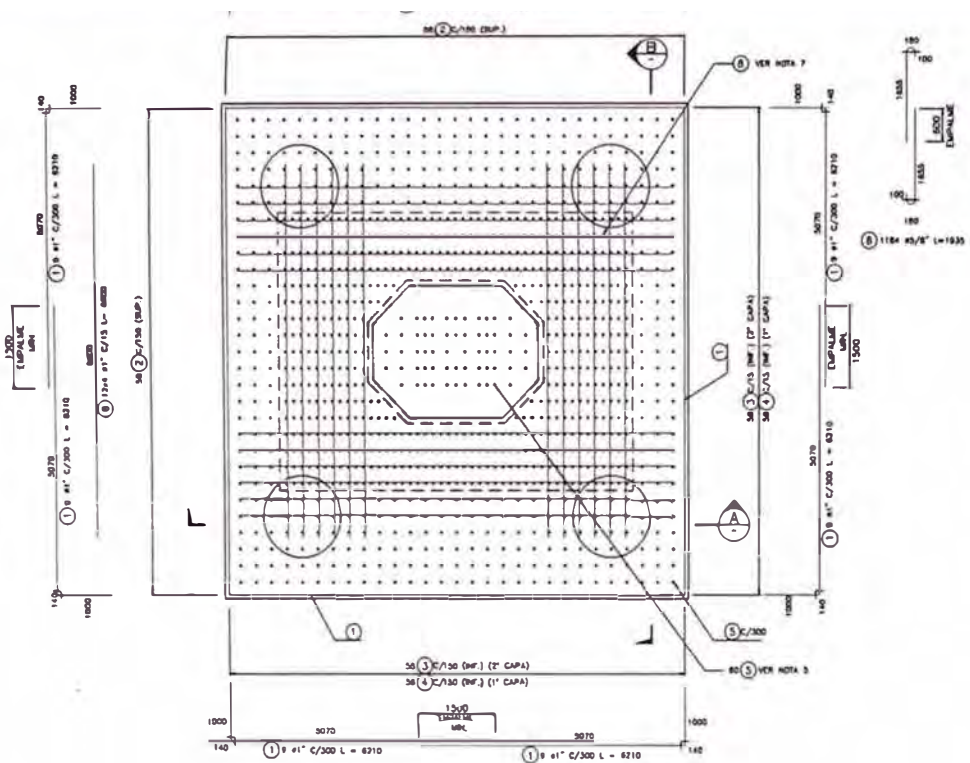
Cliente: MTC
 Compañía: FREN ELECTRICO
 Proyecto: ODEBRECHT
 FREN ELECTRICO
 ingeniería | planeación | instalación

Proyecto: EJECUCION DE LAS OBRAS CIVILES Y ELECTROMECANICAS DEL SISTEMA ELECTRICO DE TRANSPORTE MASIVO DE LIMA Y CALLAO LINEA 1, TRAMO 2, AV. GRAU - SAN JUAN DE LURIGANCHO

Plan: C, T, E, L, T, Y, L, P, V, E, E, S, T, D, W, G, 3, 2, 5, 0, S, D, 1

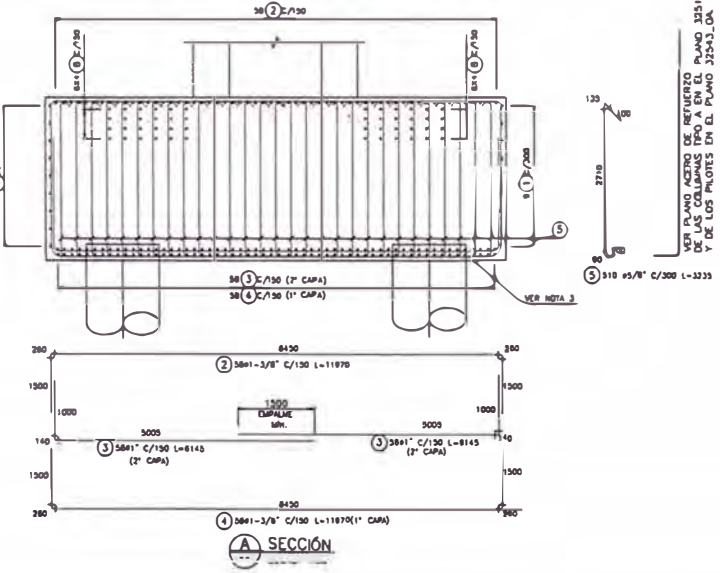
Detalle de Fundaciones 1

INDICAD



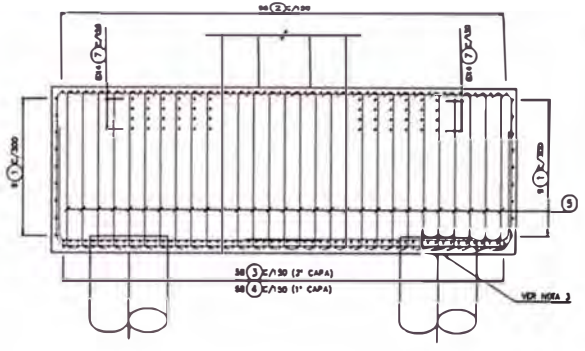
ACERO DE REFUERZO ZAPATA-TIPO A 9000x9000x3000

ESC. 1:30

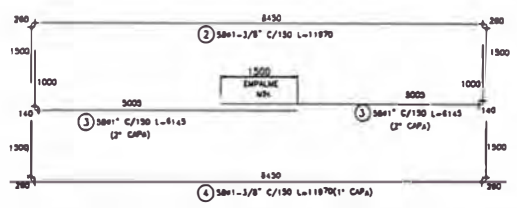


SECCION A-A

VER PLANO ACERO DE REFUERZO DE LAS COLUMNAS TIPO A EN EL PLANO 3251.3.0A Y DE LOS PILOTES EN EL PLANO 3254.3.0A



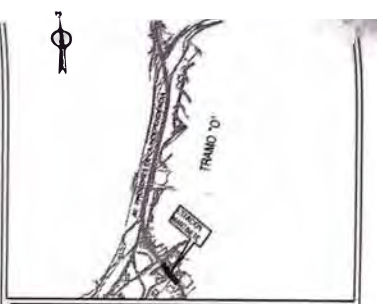
SECCION B-B



SECCION C-C

POS.	#	CANT.	UNIDAD	TOTAL
1	1	70	8210	574,700
2	1/2"	138	11,870	1,637,860
3	3/8"	232	6,145	1,423,640
4	1/2"	138	11,870	1,643,270
5	3/8"	153	3,235	1,649,850
6	1"	88	6,800	595,200
7	1"	88	6,400	563,200
8	3/8"	1,164	1,935	2,271,240

GANCHOS			ESQUEMA			ESTRIBOS			ESQUEMA		
N°	Ø (pulg)	lc (cm)	lc (cm)	Ø1 (cm)	doblez=90°	N°	Ø (pulg)	lc (cm)	lc (cm)	Ø1 (cm)	doblez=90°
1	3/8"	8.0	8.0	4.0	90°	1	3/8"	8.0	8.0	4.0	90°
4	1/2"	7.0	8.0	4.0	90°	2	3/8"	8.0	8.0	4.0	90°
5	3/8"	8.0	7.0	4.0	90°	4	1/2"	5.0	5.0	4.0	90°
6	3/8"	11.0	8.0	5.0	90°	5	3/8"	7.0	5.0	4.0	90°
7	7/8"	13.0	8.0	5.0	90°	6	3/4"	11.0	8.0	4.0	90°
8	1"	14.0	11.0	5.0	90°	7	7/8"	13.0	8.0	4.0	90°
10	1 1/4"	13.0	18.0	8.0	90°	8	1"	14.0	11.0	4.0	90°
11	1 3/8"	28.0	18.0	8.0	90°	9	1 1/4"	14.0	11.0	4.0	90°



LEYENDA

ESTE PLANO ES VÁLIDO PARA LOS SIGUIENTES PLANES:
015 Y 018.

- Notas:
1. TODAS LAS MEDIDAS ESTÁN EXPRESADAS EN MILIMETROS. LOS DIÁMETROS EN PULGADAS.
 2. MATERIALES: CONCRETO $f_c = 21\text{MPa}$ (210 kgf/cm^2) PARA ZAPATAS. CONCRETO $f_c = 28\text{MPa}$ (280 kgf/cm^2) PARA PILOTES. ACERO (ARMADURA PASIVA) $f_y = 420\text{MPa}$ (4200 kgf/cm^2)
 3. REEMPLAZAMIENTO: 7.5m
 4. LAS MEDIDAS INDICADAS EN LOS DETALLES DE LAS BARRAS ESTÁN REFERIDAS AL LADO EXTERIOR DE LAS MISMAS.
 5. AMARRAR LAS BARRAS PRINCIPALES DE LA COLUMNA A LA ARMADURA SUPERIOR DE LA ZAPATA Y AL REPLIEGUE DE CORTE.
 6. NO SE MUESTRAN TODAS LAS BARRAS DE LA POSICIÓN MÁS PARA MÁS CLARIDAD EN EL DIBUJO.
 7. LAS BARRAS Ø ESTÁN PRESENTES SOLAMENTE DENTRO DEL ÁREA MOSTRADA CON LÍNEAS PUNTEADAS ALREDEDOR DE LA COLUMNA.

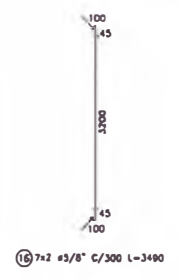
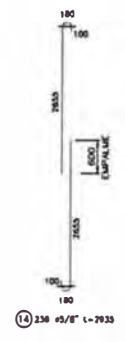
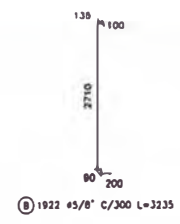
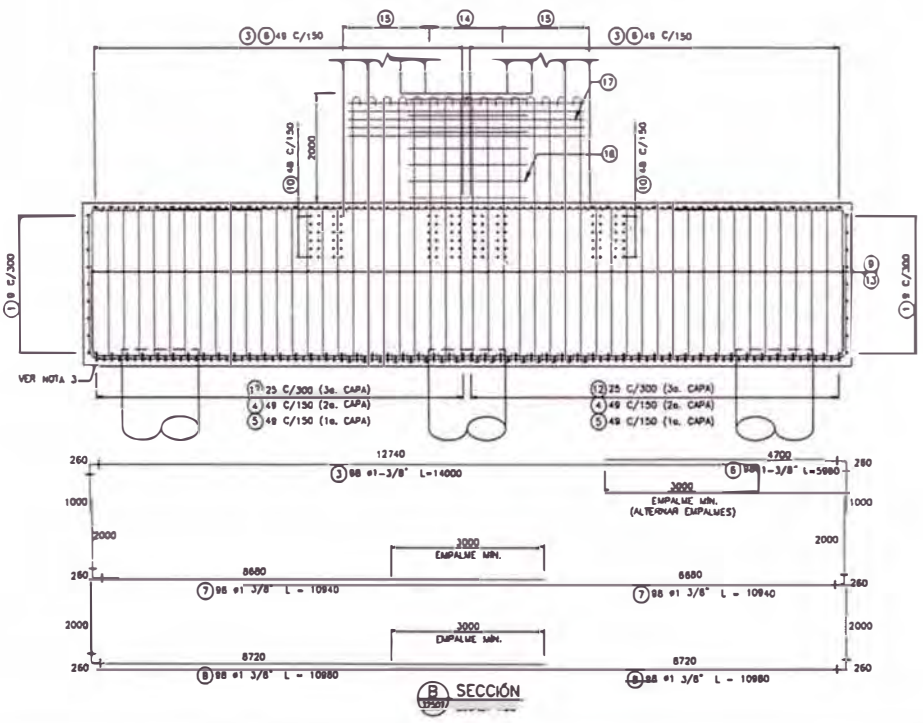
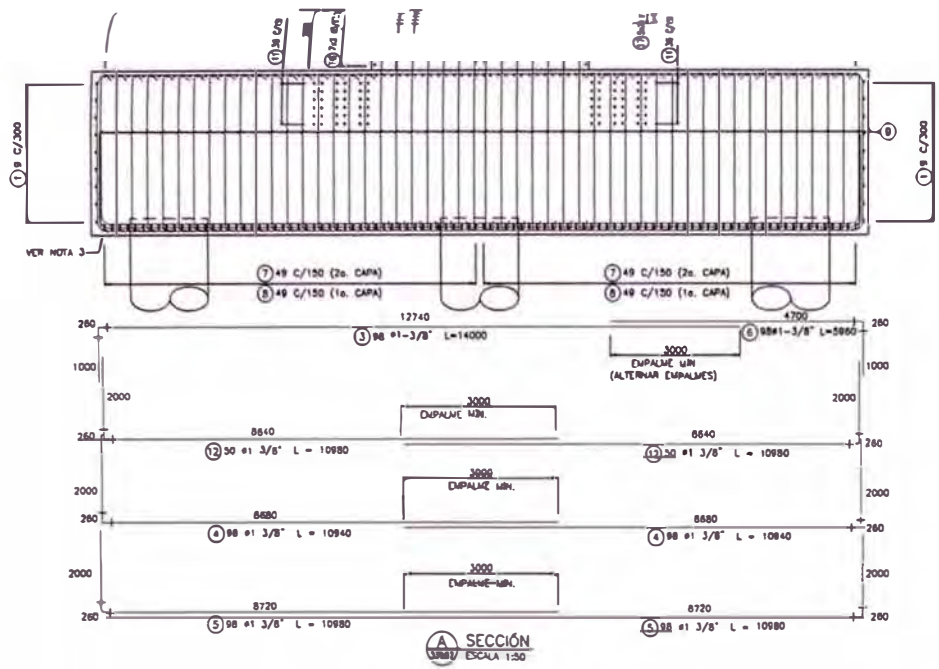
Revisión:	APROBADO CON COMENTARIOS	Col. 2
Revisión:	REVISAR Y REDISENAR	Col. 3

Revisión	Descripción	Col. 1	Col. 2	Col. 3
02	27-Jun-12	APC (REVISIÓN GENERAL)	TYL	TYL MCO WW
01	25-Jun-12	APROBADO PARA CONSTRUCCIÓN	TYL	TYL MCO WW
0A	27-May-12	ENTRADO PARA REVISIÓN	TYL	TYL MCO WW
Prep.	PREP. DESARROLLO DE LA REVISIÓN	PREP.	REV.	VEAT/ APROB.

Logos of MTC, TREN ELÉCTRICO, and ODEBRECHT.

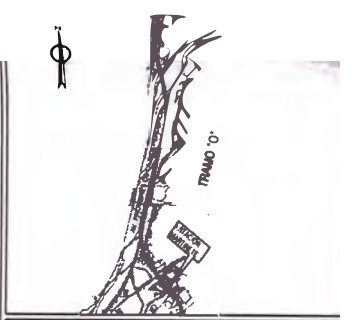
EJECUCIÓN DE LAS OBRAS CIVILES Y ELECTROMECÁNICAS DEL SISTEMA ELÉCTRICO DE TRANSPORTE MASIVO DE LIMA Y CALLAO
LINEA 1, TRAMO 2, AV. GRAU - SAN JUAN DE LURIGANCHO

Detalle de Fundaciones 2



PIL.	Ø"	CANT.	LONGITUD (mm)	
			UNIL.	TOTAL
1	1	72	8443	607.607
2	1	36	9000	324.000
3	1-3/8	150	14700	2,205.000
4	1-3/8	186	12940	2,414.240
5	1-3/8	194	10940	2,132.660
6	1-3/8	196	2360	462.560
7	1-3/8	196	10940	2,144.240
8	1-3/8	198	10980	2,174.040
9	5/8	1023	3235	3,331.470
10	1	90	12300	1,107.000
11	1	72	9000	648.000
12	1-3/8	100	15900	1,590.000
13	5/8	1442	1935	2,804.970
14	5/8	234	2935	693.660
15	5/8	130	3235	420.550
16	5/8	14	3490	48.860
17	1	100	4875	487.500

GANCHOS ESQUEMA			ESTRIBOS ESQUEMA				
DIÁMETRO N° # (pulg)	lc (cm) dobléz=90°	ø1 (cm) dobléz=90°	DIÁMETRO N° # (pulg)	lc (cm) dobléz=90°	ø1 (cm) dobléz=90°		
3	3/8	6.0	1.0	3	3/8	4.0	3.0
4	1/2	7.8	6.0	4	1/2	5.0	4.0
5	3/8	9.5	7.8	5	3/8	6.0	5.0
6	3/4	11.2	9.5	6	3/4	7.0	6.0
7	7/8	13.0	11.2	7	7/8	8.0	7.0
8	1	14.8	13.0	8	1	9.0	8.0
9	1 1/4	23.0	18.0	9	1 1/4	14.0	11.0
10	1 3/8	28.0	23.0	10	1 3/8	18.0	14.0



LEYENDA

ESTE PLANO ES VÁLIDO PARA LA ZAPATA DEL PILAR 018

- ZAPATA TIPO B

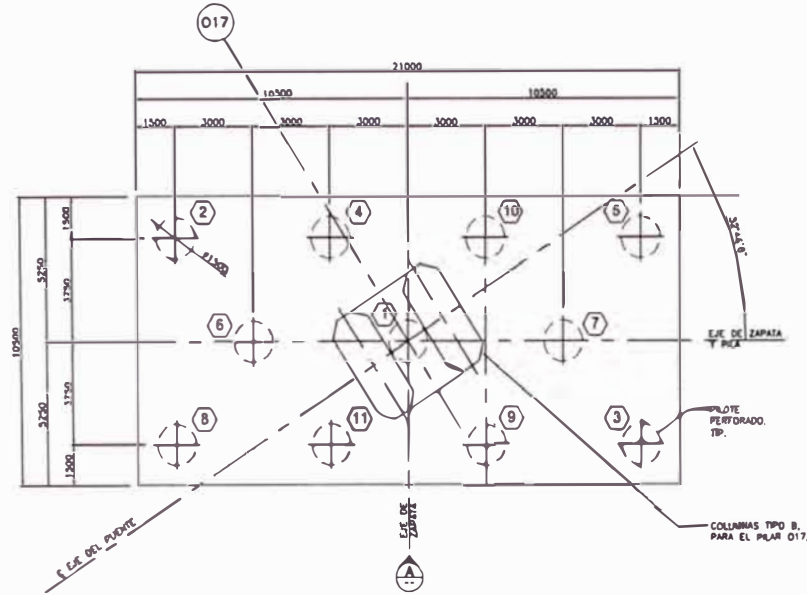
NOTAS:

- TOODAS LAS MEDIDAS ESTÁN EXPRESADAS EN MILÍMETROS. LOS DIÁMETROS EN PULGADAS.
- MATERIALES: CONCRETO f'c= 21MPa (210 kgf/cm²) PARA ZAPATAS. CONCRETO f'c= 28MPa (280 kgf/cm²) PARA PILES. ACERO (ARMADURA PASIVA) fy= 420 MPa (4200 kgf/cm²)
- REVOCAMIENTO: 7.5cm
- LAS MEDIDAS INDICADAS EN LOS DETALLES DE LAS BARRAS ESTÁN REFERIDAS AL LADO INTERIOR DE LAS NORMAS.
- NO SE MUESTRAN TODAS LAS BARRAS DE LA POSICIÓN MÁS Y MÁS 1.3 PARA MÁS CLARIDAD EN EL DIBUJO.

Supervisor:	APROBADO EN COMENTARIOS	Cad. 1	Fecha
EDER	APROBADO CON COMENTARIOS	Cad. 2	
	REVISAR Y REVISAR	Cad. 3	

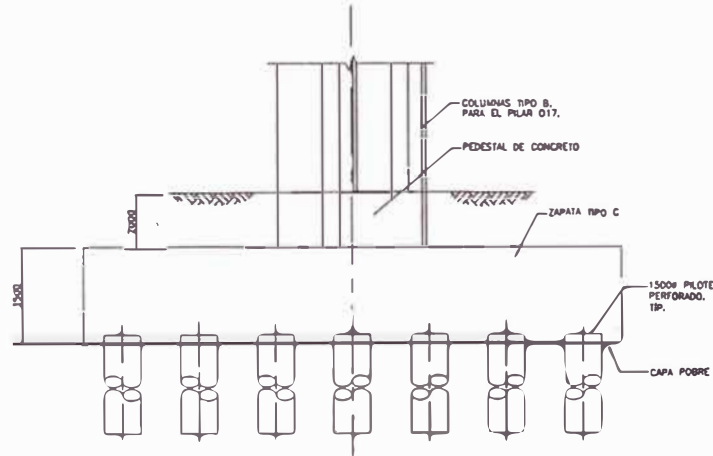
Fecha:	Descripción de la revisión:	PREP.	REV.	VERIF. APROB.
02-27-Jul-12	APC (REVISIÓN GENERAL)	TYL	TYL	MCO WM
01-25-Jun-12	APROBADO PARA CONSTRUCCIÓN	TYL	TYL	MCO WM
04-07-May-12	EMITIDO PARA REVISIÓN	TYL	TYL	MCO WM

EJECUCIÓN DE LAS OBRAS CIVILES Y ELECTROMECÁNICAS DEL SISTEMA ELÉCTRICO DE TRANSPORTE MASIVO DE LIMA Y CALLAO
 LINEA 1, TRAMO 2, AV. GRAU - SAN JUAN DE LURIGANCHO
 Código: **C.T.E.L.I.T.Y.L.P.V.E.E.S.T.D.W.G.3.2.5.0.8.0.2**
 Fecha: **PUENTE SOBRE VIA EVITAMIENTO**
DETALLES DE FUNDACIONES 4
 INDICADA

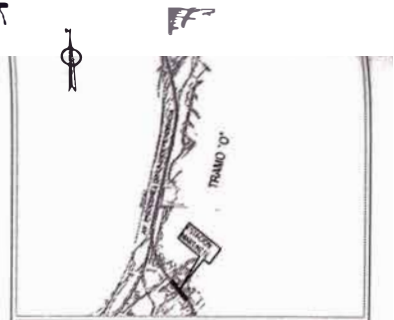


PLANTA DE LAS ZAPATAS TIPO C-21000x10500x3500

ESC. 1:100



ELEVACION
ESCALA 1:100



LEYENDA

ESTE PLANO ES VALIDO PARA LA ZAPATA DEL PILAR O17.
 * ZAPATA TIPO C.
 * COLUMNA TIPO B.

- Notas:
- 1- MEDIDAS Y NIVELES EN MILIMETROS
 - 2- CONCRETO $f_c=21\text{MPa}$ PARA ZAPATAS.
 - 3- CONCRETO $f_c=28\text{MPa}$ PARA PILOTES, COLUMNAS Y VIGAS CARBONALES.
 - 4- CONCRETO $f_c=18\text{MPa}$ PARA CAPA POBRE (SOPORTE BAJO CIMENTACIONES).
 - 5- LAS CIMENTACIONES DEBERAN SER LIBERADAS POR EL INGENIERO ESPECIALISTA.
 - 6- LA PROFUNDIDAD MINIMA ESTIMADA DE LA COTA DE APOYO DE LA ZAPATA TIPO C ES DE 5.5 m.
 - 7- LA LONGITUD FINAL DE LOS PILOTES DEBERA SER DETERMINADA POR EL INGENIERO GEOTECNICO DE CIMENTACIONES.
 - 8- EL DISEÑO DE LA SUBESTRUCTURA ES VALIDO PARA LA PROFUNDIDAD MINIMA INDICADA EN LOS PLANOS.

APROBADO EN CONSTRUCCION	Cal. 1	Fecha
APROBADO CON OBSERVACIONES	Cal. 2	
REVISAR Y REVISAR	Cal. 3	

02/27-Jul-12	APROBADO PARA CONSTRUCCION	TYL	TYL	MCO	WV
01/25-Jun-12	APROBADO PARA CONSTRUCCION	TYL	TYL	MCO	WV
04/07-May-12	EMITIDO PARA REVISION	TYL	TYL	MCO	WV
Fecha	Descripción de la revisión	PREP.	REV.	VERIF.	APROB.

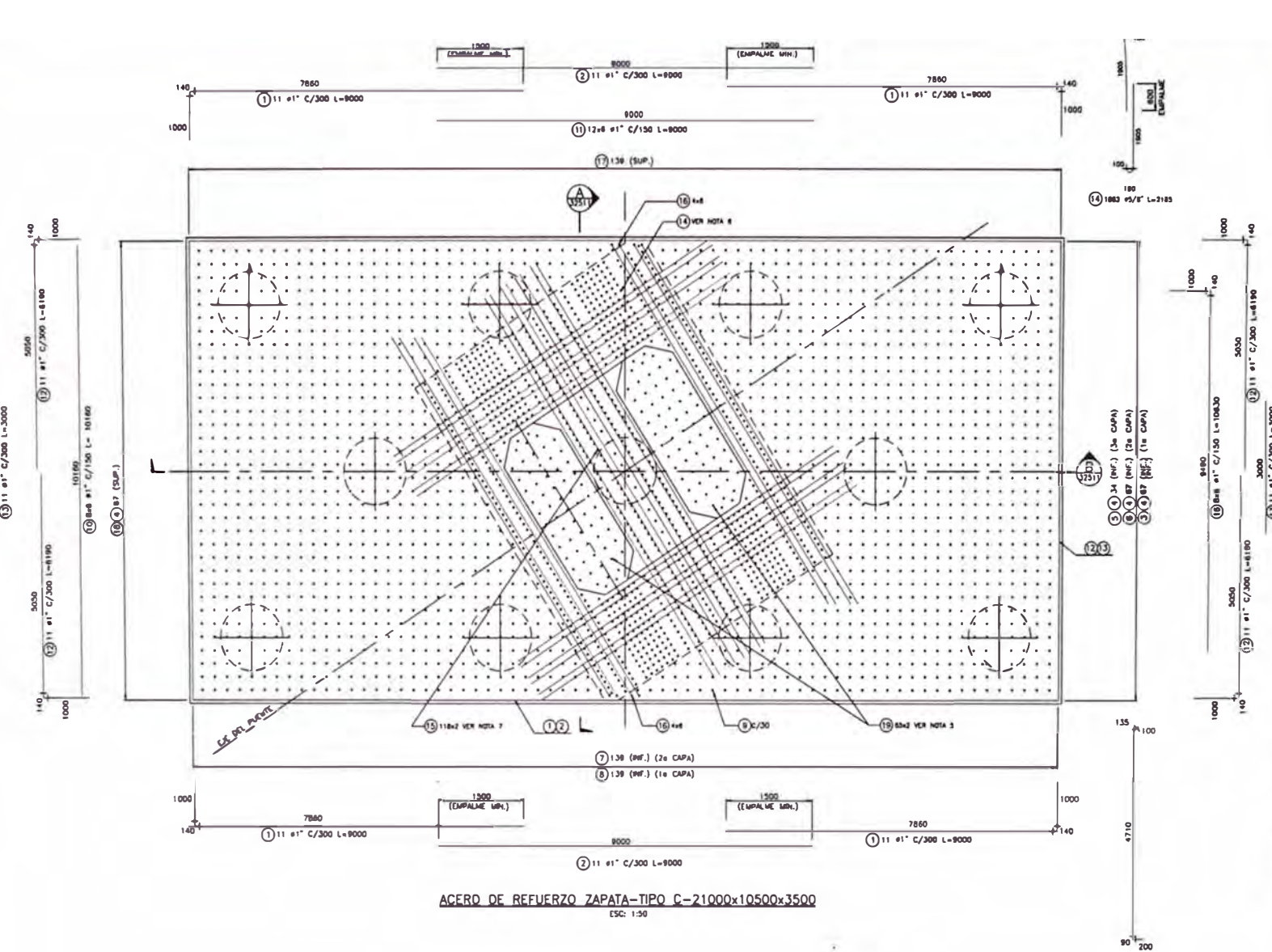
Proyecto: EJECUCIÓN DE LAS OBRAS CIVILES Y ELECTROMECÁNICAS DEL SISTEMA ELÉCTRICO DE TRANSPORTE MASIVO DE LIMA Y CALLAO
 LINEA 1, TRAMO 2, AV. GRAU - SAN JUAN DE LURIGANCHO

Código: C.T.E.L.T.Y.L.P.V.E.E.S.T.D.W.G.3.2.5.0.9.0.2

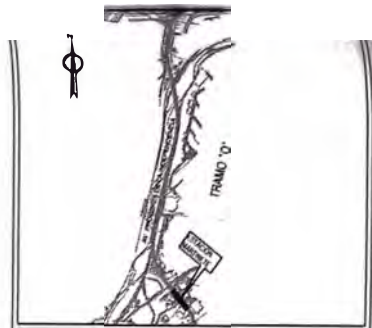
Nombre: PUENTE SOBRE VIA DE EVITAMIENTO
 Detalle de FUNDACIONES 5

INDICADA

V:\33115426\Plan Detalle Limpier Tema 2\1000 Borrador\Plan Detalle Limpier Tipo C\ACERO DE REFUERZO ZAPATA TIPO C.dwg - 2014-06-12 10:00:00



ACERO DE REFUERZO ZAPATA-TIPO C-21000x10500x3500
ESC: 1:50



LEYENDA

ESTE PLANO ES VALIDO PARA LA ZAPATA DEL PILAR 017.
 • ZAPATA TIPO C

- NOTAS:**
1. TODAS LAS MEDIDAS ESTAN EXPRESADAS EN MILIMETROS, LOS DIAMETROS EN PULGADAS.
 2. MATERIALES: CONCRETO $f_c = 2100$ (210 kg/cm²) PARA ZAPATAS. CONCRETO $f_c = 2800$ (280 kg/cm²) PARA PLATAS. ACERO (ARMADURA PASIVA) $f_y = 420$ MPa (4200 kg/cm²).
 3. REBOLINDO: 7.5cm.
 4. LAS MEDIDAS NOMINALES EN LOS DETALLES DE LAS BARRAS ESTAN REFERIDAS AL LADO EXTERIOR DE LAS MESAS.
 5. MARCAR LAS BARRAS PRINCIPALES DE LA COLUANA A LA ARMADURA SUPERIOR DE LA ZAPATA Y AL REPLIEGO DE CORTE.
 6. LAS BARRAS (2) ESTAN RESERVADES EXACTAMENTE CENTRO DEL AREA MOSTRADA CON LINEAS PUNTEADAS ALDEBERA DE LAS COLUARNAS.
 7. LAS BARRAS (3) ESTAN ENTRE LAS COLUARNAS.

Referencias:

Supervision:

APROBADO POR COMENTARIOS	Cod. 1	Firma:
APROBADO CON COMENTARIOS	Cod. 2	
REVISAR FRECUENTE	Cod. 3	

02	27-Jul-12	APC (REVISION COTEA)	TYL	TYL	MCO	WH
D1	25-Jun-12	APROBADO PARA CONSTRUCCION	TYL	TYL	MCO	WH
DA	07-May-12	EMITIDO PARA REVISION	TYL	TYL	MCO	WH

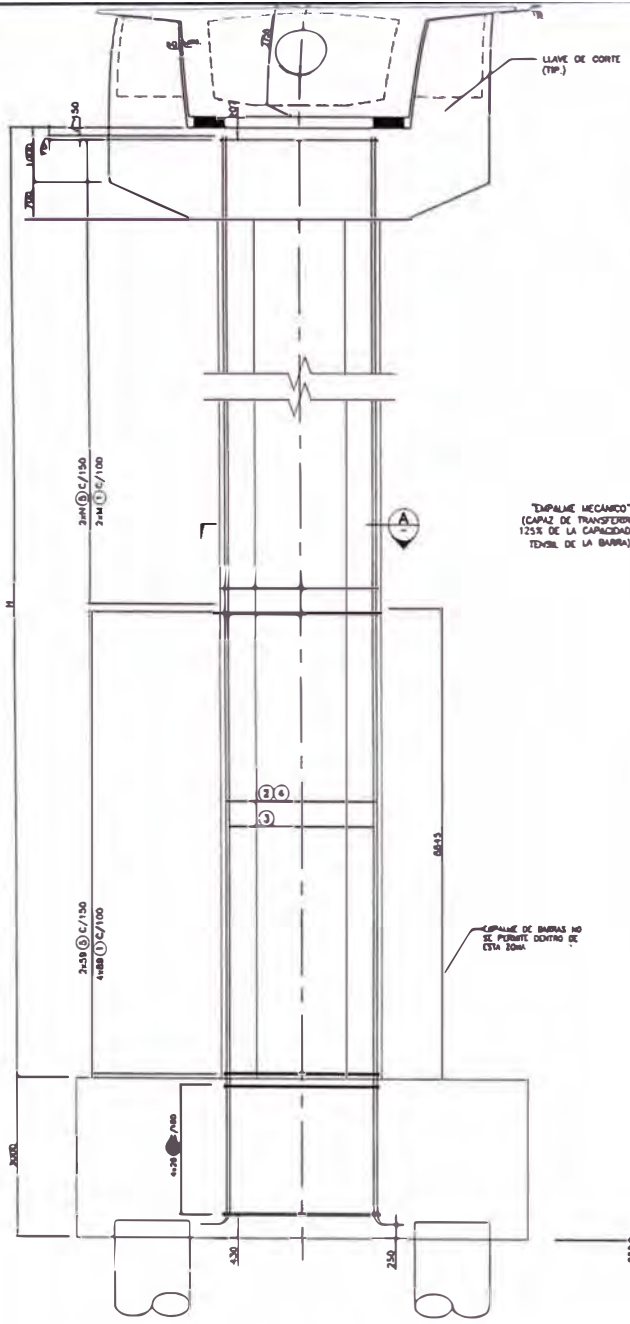
EJECUCION DE LAS OBRAS CIVILES Y ELECTROMECANICAS DEL SISTEMA ELECTrico DE TRANSPORTE MASIVO DE LIMA Y CALLAO
 LINEA 1, TRAMO 2, AV. GRAU - SAN JUAN DE LURIGANCHO

Proyecto: **C.T.E.L.T.Y.L.P.V.E.E.S.T.D.W.G.3.2.5.1.0.0.2**
 Fecha: **2014-06-12**
 Escala: **INDICADA**
 Detalle: **DETALLES DE FUNDACIONES 6**

TABLA DE DOBLECES - ACERO fy 4200

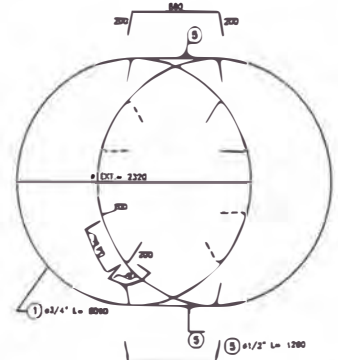
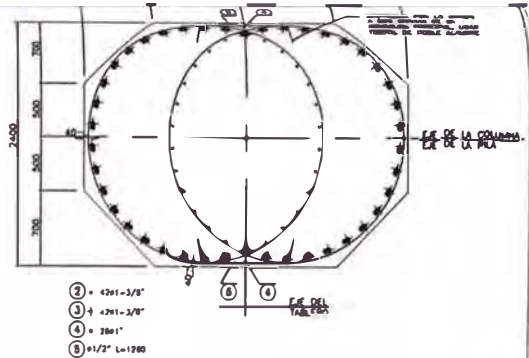
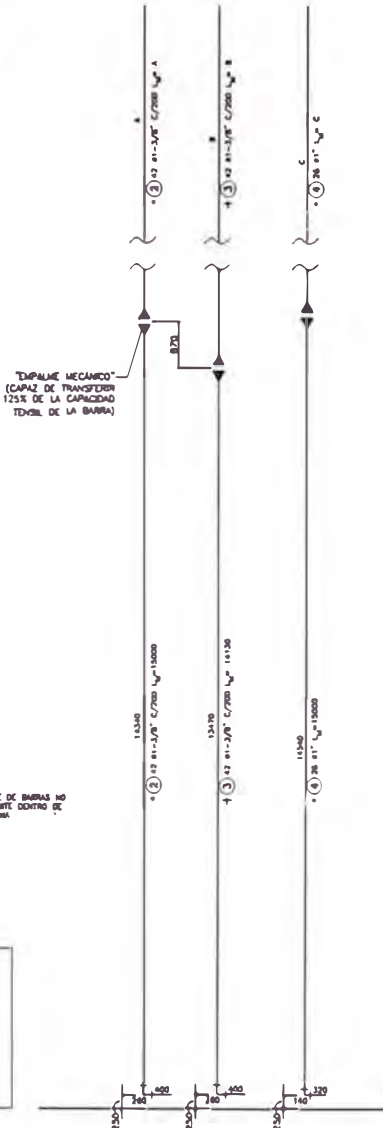
GANCHOS			ESTRIBOS			E SOQUE MA		
DIAMETRO N° a (pulg)	E SOQUE MA		DIAMETRO N° a (pulg)	ESTRIBOS		DIAMETRO N° a (pulg)	E SOQUE MA	
	lc (cm) doblez=90°	al (cm) doblez=90°		lc (cm) doblez=90°	al (cm) doblez=90°		lc (cm) doblez=90°	al (cm) doblez=90°
3	3.0	1.5	3	3.0	1.5	3	3.0	1.5
4	4.0	2.0	4	4.0	2.0	4	4.0	2.0
5	5.0	2.5	5	5.0	2.5	5	5.0	2.5
6	6.0	3.0	6	6.0	3.0	6	6.0	3.0
7	7.0	3.5	7	7.0	3.5	7	7.0	3.5
8	8.0	4.0	8	8.0	4.0	8	8.0	4.0
9	9.0	4.5	9	9.0	4.5	9	9.0	4.5
10	10.0	5.0	10	10.0	5.0	10	10.0	5.0
11	11.0	5.5	11	11.0	5.5	11	11.0	5.5

ITEM	DESCRIPCION	M	U	P	VALOR	VALOR
001	24.417	11.207	8.587	4.702	204	281
002	24.485	24.888	9.135	4.702	154	107

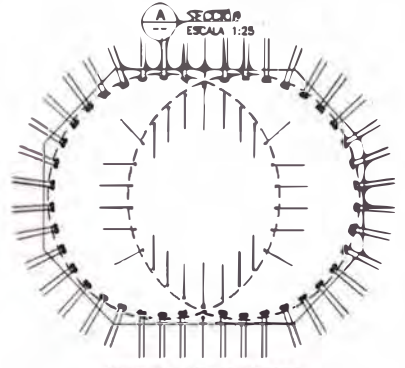


ACERO DEL REFUERZO TIP - COLUMNAS EXTERNAS
ESC: 1:50

NOTA: EL CONTRATISTA TIENE LA OPCIÓN DE AMBIAR EN PROYECTOS LOS ESTRIBOS DE LAS COLUMNAS PARA INCREMENTAR EL ESPACIAMIENTO.



NOTA: ALTERNAR LAS TERMINACIONES DE GANCHO DE LOS ESTRIBOS.



ACOMODO DEL REFUERZO DE LA COLUMNA EN LA ZAPATA
ESC: 1:25

TABLA DE DOBLECES - ACERO fy 4200

GANCHOS		ESQUEMA		ESTRIBOS		ESQUEMA	

LISTA DE MATERIALES PARA OIS

POS.	Ø"	GANE.	LONGITUD (m)	TOTAL	DIAMETRO		DIAMETRO	lc (cm)	ø1 (cm)
					Nº	Ø (pulg)			
1	1/4	7nd	4.567	4.567	1	3/8"	8.0	4.9	3.0
2	1-3/8	Ø2	79.816	1.253	2	3/4"	8.0	7.0	3.5
3	1-3/8	Ø2	17.135	1.550	7	3/4"	11.0	8.0	3.5
4	1	2d	39.705	773	7	3/8"	13.0	11.0	8.0
5	1/2	3dA	1.268	408	10	1/2"	23.0	18.0	13.0
6	1/2	3dA	1.268	408	11	1/2"	28.0	18.0	13.0



LEYENDA

ESTE PLANO ES VALIDO PARA LOS SIGUIENTES PILARES: 015 y 018.

Notas:
1- TODAS LAS MEDIDAS ESTAN EXPRESADAS EN METRICOS, LOS DIAMETROS EN PULGADAS Y LAS TABLAS EN METROS.
2- LAS MEDIDAS INDICADAS EN LOS DETALLES DE LAS BARRAS ESTAN ROTUNDAS AL LADO INTERIOR DE LAS MEDIDAS.
3- CONCRETO fy = 28000 (280 kg/cm²).
4- ACERO fy = 420 MPa (4200 kg/cm²).
5- REFORZAMIENTO PARA LOS ESTRIBOS = Ø4mm, EXCEPTO DONDE SE INDICA.
6- EL ACERO DE TODAS LAS BARRAS DEBE SER ASTM A 706.
7- SE DEBE CUIDAR EL PROBLEMA DE LOS VALORES DE A, B, C, M Y N PARA HACER LA LETA DE BARRAS.

Revisión:	Elaborado:	Revisado:	Cal. 1	Cal. 2	Cal. 3

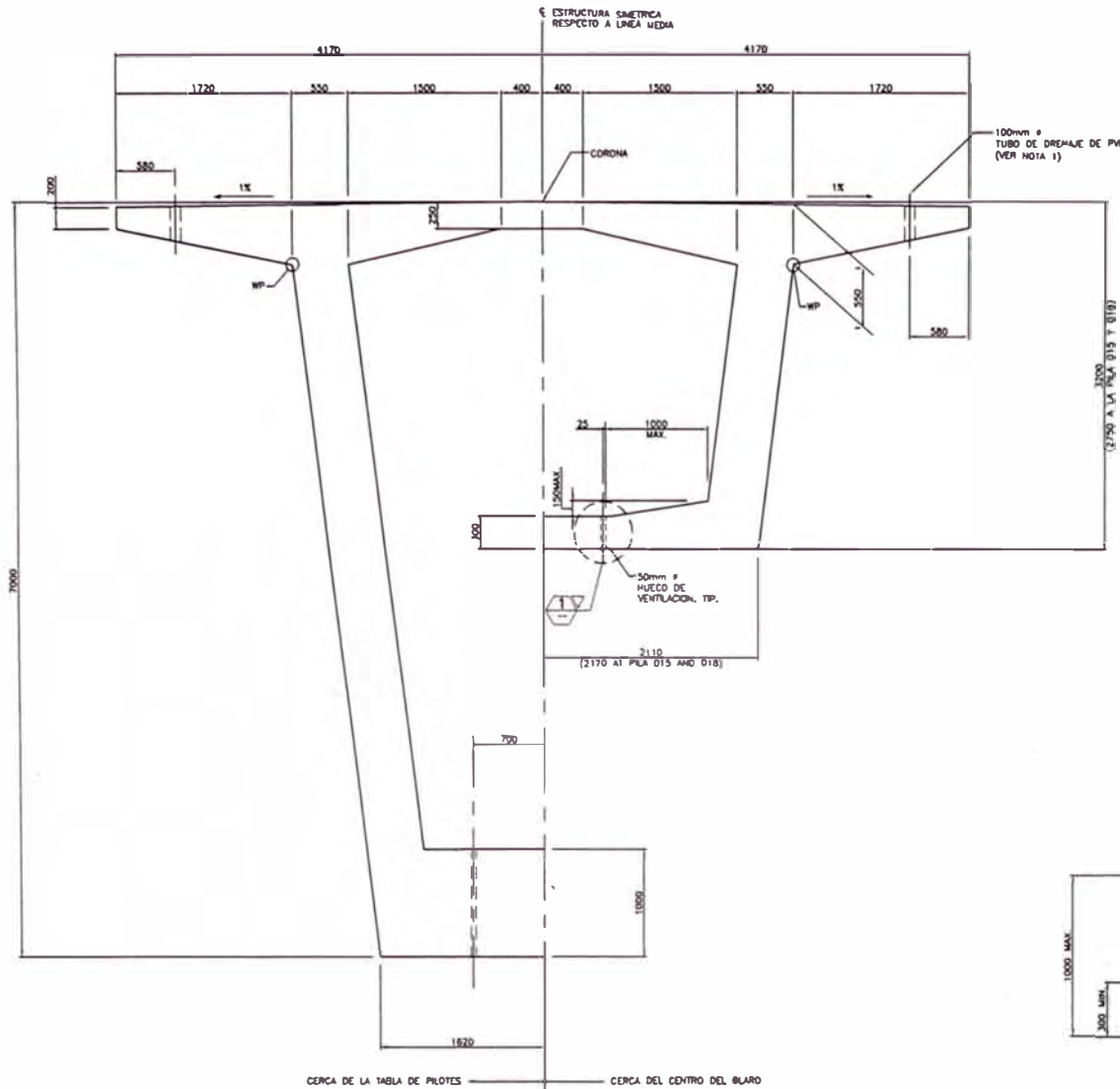
Fecha:	Descripción de la revisión:	PREP.	REV.	VERIF.	APROB.
01-25-Jul-12	APROBADO PARA CONSTRUCCIÓN	TYL	TYL	MCO	WVI
04-07-May-12	EMITIDO PARA REVISIÓN	TYL	TYL	MCO	WVI

Logos for MTC (Ministerio de Transportes y Comunicaciones), PUNTE INTERNACIONAL, and other project partners.

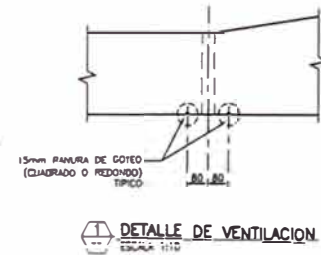
EJECUCIÓN DE LAS OBRAS CIVILES Y ELECTROMECANICAS DEL SISTEMA ELÉCTRICO DE TRANSPORTE MASIVO DE LIMA Y CALLAO
LINEA 1. TRAMO 2. AV. GRAU - SAN JUAN DE LURIGANCHO

Proyecto: C.T.E.L.Y.L.P.V.E.E.S.T.D.W.G.3.2.5.1.3.0.1
Escala: BOCADA

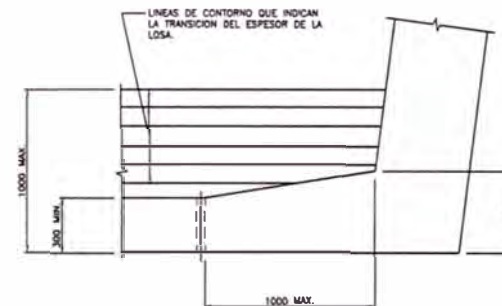
A:\PROYECTOS\1. INGENIERIA ESTRUCTURAL\1.1.1. Puente sobre Via de Evitamiento\3 - Estructuras\3 - Estructuras\01 - Planos de Estructuras\011 - PL - PVE - EST - 011 - 011.dwg



SECCION TIPICA
ESC: 1:25



DETALLE DE VENTILACION
ESCALA: 1:10



DESARROLLO INFERIOR DE LA LOSA
ESC: 1:15



LEYENDA

- Notas:
- 1- PARA EL DRENAJE DE LA PLACA VER MOJA DE "MISCELANEAS".
 - 2- PARA DIMENSIONES EN MOJAS TIPO CALA DE VARIOS SECCIONTES ENTRE LA PILA Y EL CENTRO DEL CLARO LAS MOJAS "SECCIONES TIPICAS 2" Y "SECCIONES TIPICAS 3".

Referencias:

--	--	--	--

Aprobación:

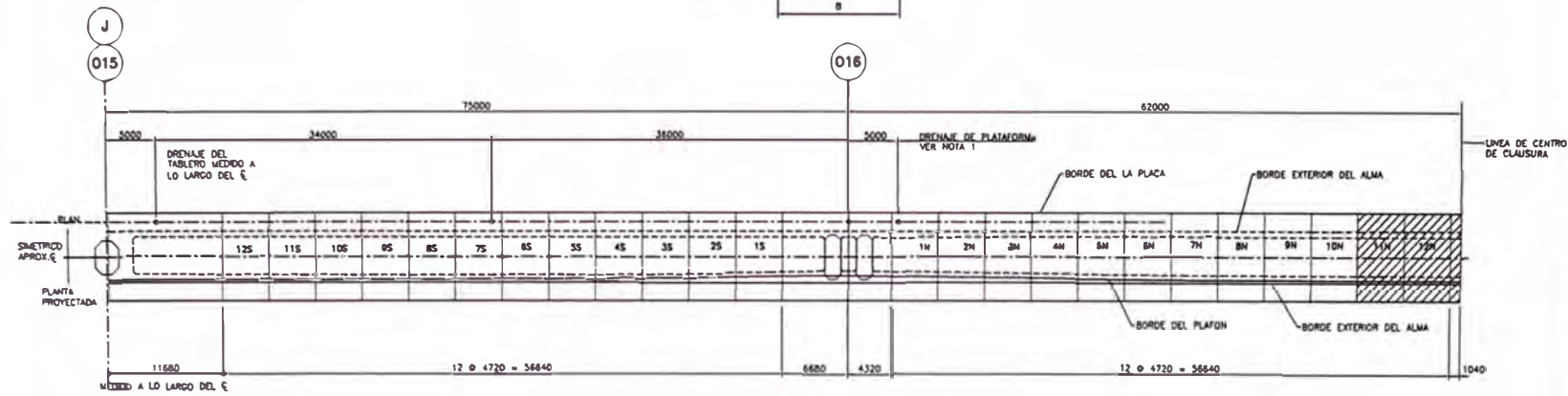
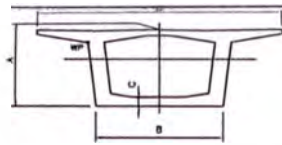
APROBADO EN CONFINADOS	Cal. 1	Firma
APROBADO CON COMENTARIOS	Cal. 2	
REVISAR Y REDESAR	Cal. 3	

01-25-Jun-12	APROBADO PARA CONSTRUCCION	TYL	TYL	MCO	WFI
04-07-May-12	EMITIDO PARA REVISION	TYL	TYL	MCO	WFI

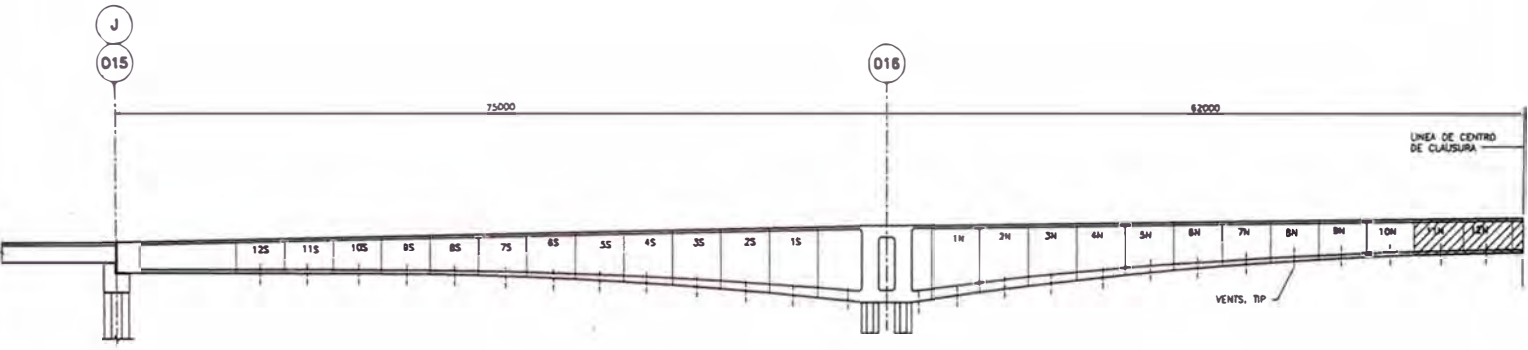
Cliente: MTC
 Controlado: TREN ELECTRICO
 Proyecto: ODEBRECHT
 FIELBY INTERNATIONAL
 Ingeniería | Operación | Mantenimiento

Objeto: EJECUCION DE LAS OBRAS CIVILES Y ELECTROMECANICAS DEL SISTEMA ELECTRICO DE TRANSPORTE MASIVO DE LIMA Y CALLAO
 LINEA 1, TRAMO 2, AV. GRAU - SAN JUAN DE LURIGANCHO

Código: C.T.E.L.T.Y.L.P.V.E.E.S.T.D.W.G.3.2.5.1.80.1	Rev.: 1
Tema: PUENTE SOBRE VIA EVITAMIENTO SECCION TIPICA 1	Escala: INDICADA



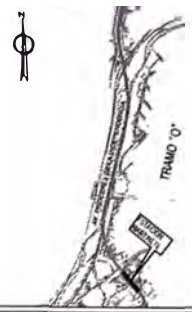
PLANTA PARCIAL
ESC: 1:250



SECCIÓN LONGITUDINAL
ESC: 1:250

BEQ. No	L	12S	11S	10S	9S	8S	7S	6S	5S	4S	3S	2S	1S	1N	2N	3N	4N	5N	6N	7N	8N	9N	10N	11N	12N	BEQ. No
015	75000	63320	63320	63320	63320	63320	63320	63320	63320	63320	63320	63320	63320	63320	63320	63320	63320	63320	63320	63320	63320	63320	63320	63320	63320	016
DM.A	2750	3033	3148	3262	3376	3490	3604	3718	3832	3946	4060	4174	4288	4402	4516	4630	4744	4858	4972	5086	5200	5314	5428	5542	5656	DM.A
DM.B	2750	3033	3148	3262	3376	3490	3604	3718	3832	3946	4060	4174	4288	4402	4516	4630	4744	4858	4972	5086	5200	5314	5428	5542	5656	DM.B
DM.C	300	315	321	327	332	338	344	349	354	359	364	369	374	379	384	389	394	399	404	409	414	419	424	429	434	DM.C
DM.D	300	315	321	327	332	338	344	349	354	359	364	369	374	379	384	389	394	399	404	409	414	419	424	429	434	DM.D

L = DISTANCIA AL E DE LA PILA



LEYENDA

- f'c28 = 42 MPa
- ▨ f'c28 = 55 MPa

Notas:
1- PARA DETALLES DE DRENAJE DE PLATAFORMA VER HOJA DE DETALLES MISCELANEOS.

Referencias:

Supervisión:	APROBADO SIN COBERTURAS	Col. 1	Fecha:
.....	APROBADO CON COBERTURAS	Col. 2	
.....	REVISAR Y REDEFINIR	Col. 3	

02-27-Jul-12	APROBADO PARA CONSTRUCCION	TYL	TYL	MCO	WM
04-07-May-12	EMITIDO PARA REVISION	TYL	TYL	MCO	WM

EJECUCIÓN DE LAS OBRAS CIVILES Y ELECTROMECÁNICAS DEL SISTEMA ELÉCTRICO DE TRANSPORTE MASIVO DE LIMA Y CALLAO LINEA 1, TRAMO 2, AV. GRAU - SAN JUAN DE LURIGANCHO

C, Y, E, L, T, Y, L, P, V, E, E, S, T, O, W, G, 3, 2, 5, 1, 9, 0, 2	No.
PUENTE SOBRE VIA EVITAMIENTO SECCION TIPICA 2	No.

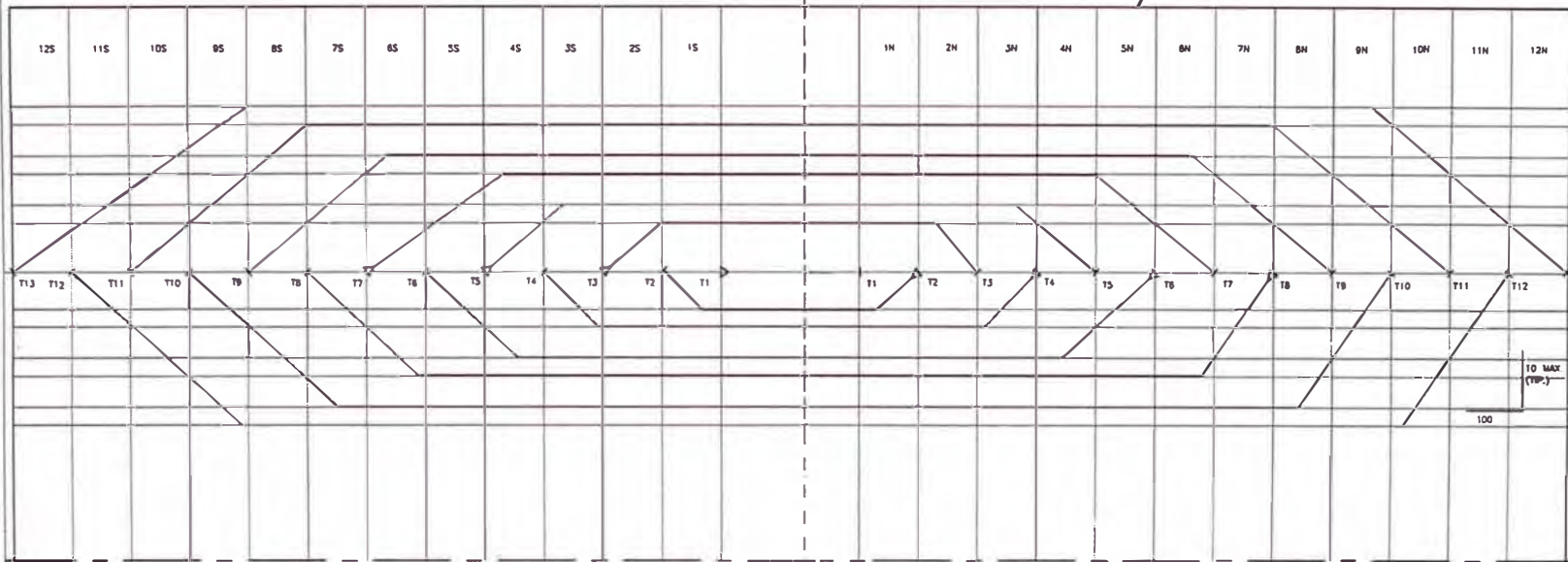
INDICADA

T13 T12 T11 T10 T9 T8 T7 T6 T5 T4 T3 T2 T1 T1 T2 T3 T4 T5 T6 T7 T8 T9 T10 T11 T12 T13

CLARO A UN COSTADO

CLARO PRINCIPAL

SECCIÓN LONGITUDINAL
ESC: 1:200



PLANO DE DISTRIBUCION DE TENDONES
ESC: LONGITUDINAL 1:200 TRANSVERSAL 1:20

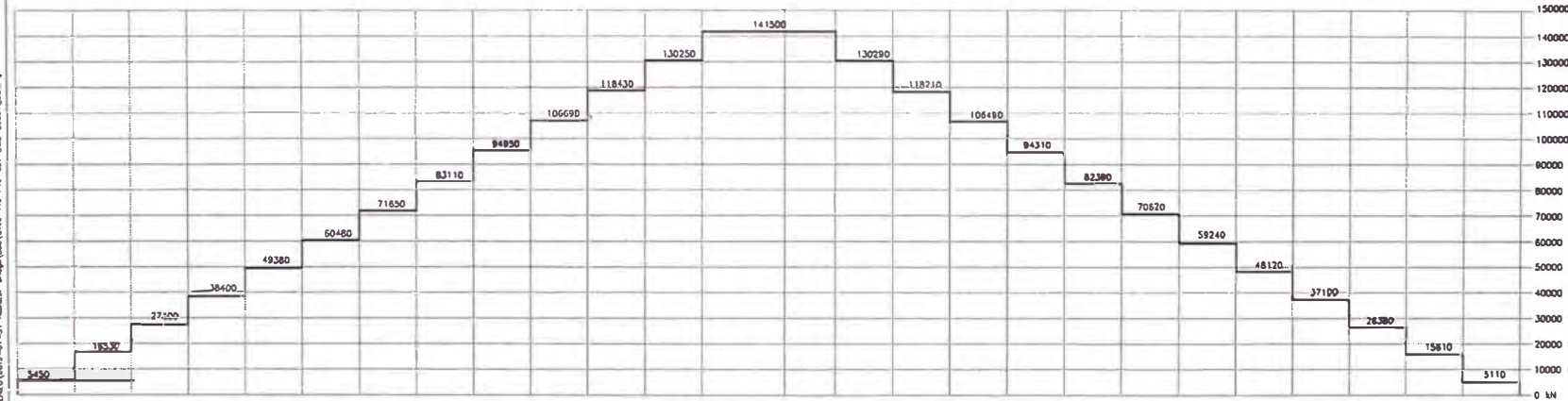
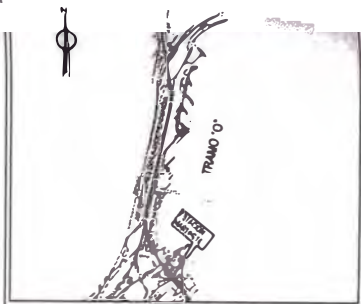


DIAGRAMA DE FUERZA

TENDONES EN VOLADIZO ("viga de cajón")													
Tendon	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13
No. de Tendones	2x31	2x31	2x31	2x31	2x31	2x31	2x31	2x31	2x31	2x31	2x31	2x31	2x15
No. de Cables (15 Día)	6045	6045	6045	6045	6045	6045	6045	6045	6045	6045	6045	6045	2925
Fuerza de Culo por Tendon kN	6045	6045	6045	6045	6045	6045	6045	6045	6045	6045	6045	6045	2925



LEYENDA

- EXTREMO DE ESTRAMIENTO
- EXTREMO MAJERTO

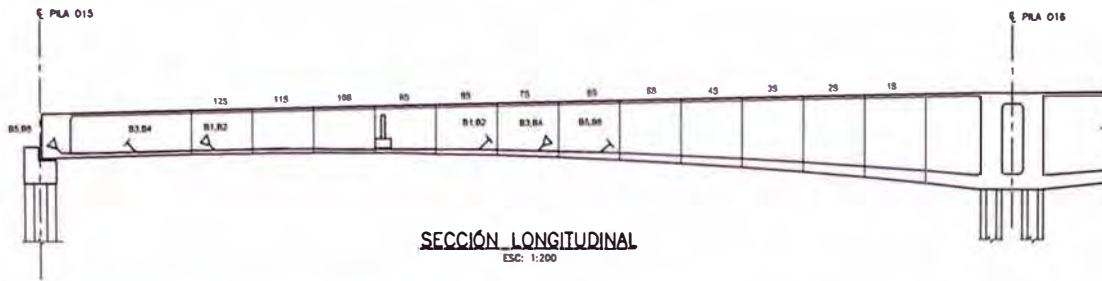
- Notas:
- ANCLAJE PARA TENDONES T13 DEBERAN ACOMODAR 31 CORDONES DE 0.8" DE DIAMETRO MINIMO.
 - EL DIAGRAMA DE FUERZA MUESTRA FUERZAS QUE SOLO CUENTAN PARA PERDIDAS DEBIDO A LA FIBRACION, EMPALMAMIENTO DE ANCLAJES Y CORTES ELASTICOS.

APROBADO EN COMPLETOS	CAL. 1	PRIC
APROBADO CON CORRECCIONES	CAL. 2	
REVISAR Y REVISAR	CAL. 3	

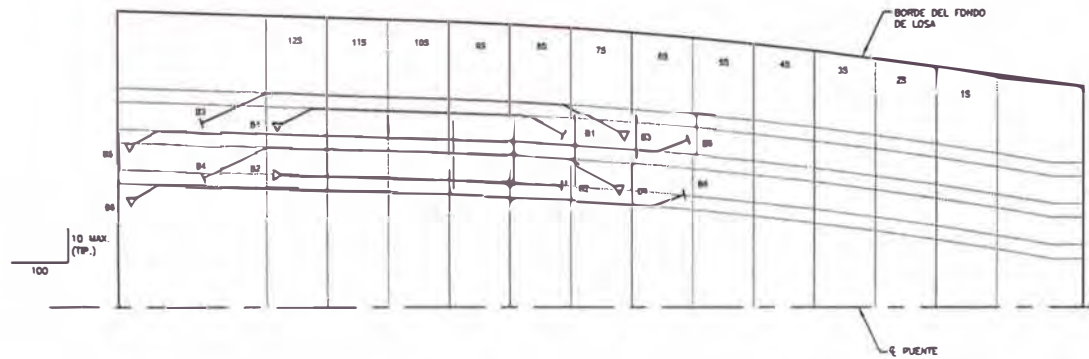
02-27-Jun-12	APROBADO PARA CONSTRUCCION	TYL	TYL	MCO	WV	
01-25-Jun-12	APROBADO PARA CONSTRUCCION	TYL	TYL	MCO	WV	
04-07-May-12	EMITIDO PARA REVISION	TYL	TYL	MCO	WV	
Rev.	Fecha	Descripción de la revisión	PREP.	REV.	VERIF.	APROB.

Proyecto: EJECUCIÓN DE LAS OBRAS CIVILES Y ELECTROMECÁNICAS DEL SISTEMA ELÉCTRICO DE TRANSPORTE MASIVO DE LIMA Y CALLAO LINEA 1, TRAMO 2, AV. GRAU - SAN JUAN DE LURIGANCHO
 C: T, E, L, T, Y, L, P, V, E, S, T, D, W, G, 3, 2, 5, 2, 1, 0, 2
 Plano: PUENTE SOBRE VIA EVITAMIENTO
 Escala: INDICADA

C:\tramo 2\PROYECTO TREN ELECTRICIDAD\INDICADA\INDICADA_017-07-31_Huancayo - Imagen\Imagen\OTR - PU - PVE - EST - 0104 - 20201_02.dwg



SECCIÓN LONGITUDINAL
ESC: 1:200



PLANO DE DISTRIBUCION DE TENDONES
ESC: LONGITUDINAL 1:200 TRANSVERSAL 1:20

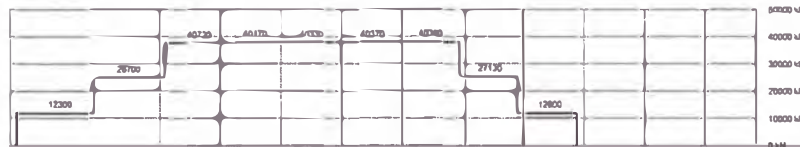


DIAGRAMA DE FUERZAS

TENDONES EN EL CLARO (Viga de cajón)						
	B1	B2	B3	B4	B5	B6
NO. DE TENDONES*						
NO. DE CABLES (15 DIA)	2x19	2x19	2x19	2x19	2x16	2x16
FUERZA DE CARGO POR TENDON (KN)	3850	3950	3850	3950	3330	3330

LEYENDA

- EXTREMO DE ESTIRAMIENTO
- EXTREMO MUERTO

Notas:

1. TODOS LOS TENDONES ACOMODARAN 19 CUERDAS DE 0.6" DE DIAMETRO MINIMO.
2. EL DIAGRAMA DE FUERZA MUESTRA FUERZAS QUE SOLO CUENTAN PARA PERDIDAS DEBIDO A LA FROCCION, DESPLAZAMIENTO DE ANCLAJE Y CORTE ELASTICO.

Revisión:

Supervisor:	APROBADO SIN COMENTARIOS	Clas. 1	Fecha:
.....	APROBADO CON COMENTARIOS	Clas. 2	
.....	REVISAR Y REVISAR	Clas. 3	

Fecha	Descripción de la revisión	PREP.	REV.	VERIF.	APROB.
02-27-Jul-12	APROBADO PARA CONSTRUCCION	TYL	TYL	MCO	WVI
01-25-Jun-12	APROBADO PARA CONSTRUCCION	TYL	TYL	MCO	WVI
0A-27-May-12	EMITIDO PARA REVISIÓN	TYL	TYL	MCO	WVI

Logos: MTC, TREN ELÉCTRICO, ODEBRECHT, TYPLUM INTERNACIONAL

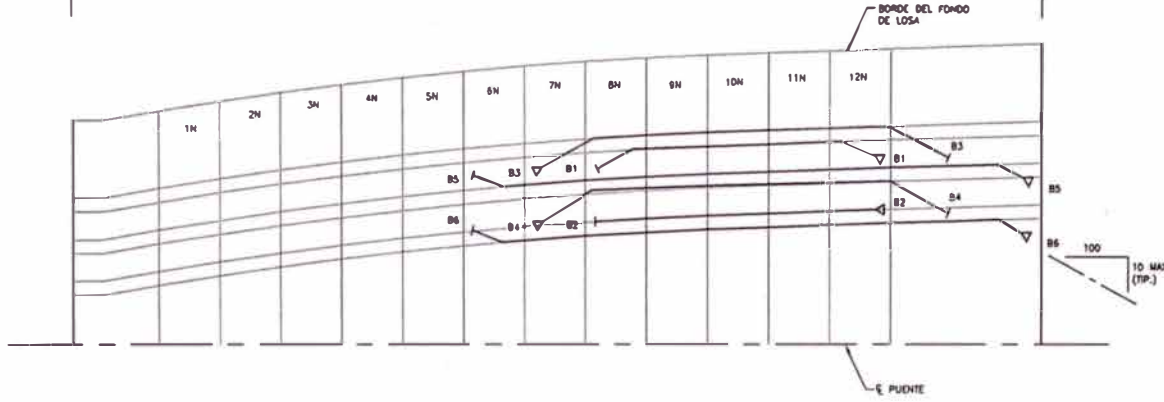
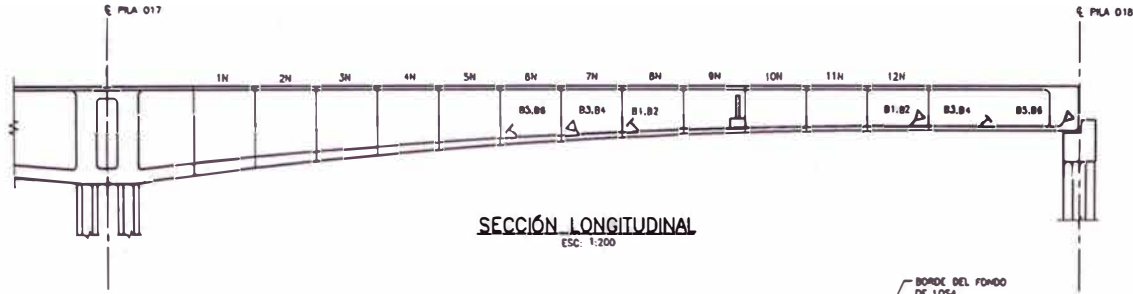
Proyecto: EJECUCIÓN DE LAS OBRAS CIVILES Y ELECTROMECÁNICAS DEL SISTEMA ELÉCTRICO DE TRANSPORTE MASIVO DE LIMA Y CALLAO LINEA 1. TRAMO 2. AV. GRAU - SAN JUAN DE LURIGANCHO

Plan: PUENTE SOBRE VIA EVITAMIENTO PLANO DE TENDONES EN EL CLARO 1

Hoja: 2302

INDICADA

C:\Tramo 2-empuerto.mxd ELECTROMECANICAS\012-017-01_Huancan-impres\001\CTE_VIA_PUE-001.dwg - 2012.07.24



PLANO DE DISTRIBUCIÓN DE TENDONES
ESC. LONGITUDINAL 1:200 TRANSVERSAL 1:20

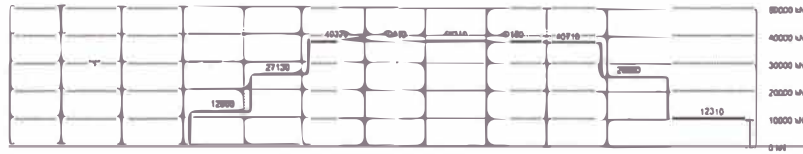
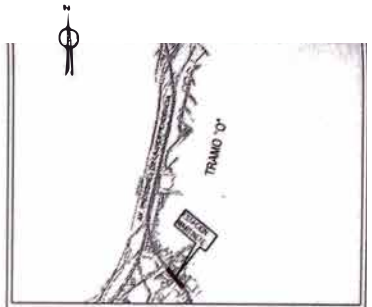


DIAGRAMA DE FUERZAS

TENDONES EN EL CLARO (*por vigos de cajón)						
TENDON	B1	B2	B3	B4	B5	B6
NO. DE TENDONES*	2	2	2	2	2	2
NO. DE CABLES (15 DIA)	2x19	2x19	2x19	2x19	2x16	2x16
FUERZA DE CARGO POR TENDON (KN)	3950	3950	3950	3950	3330	3330



LEYENDA

- EXTREMO DE ESTRAMIENTO
- EXTREMO MUERTO

- Notas:
1. TODOS LOS TENDONES ACOMODARAN 19 CUERDAS DE 0.6" DE DIAMETRO MÍNIMO.
 2. LOS DIAGRAMAS DE FUERZA MUESTRAN FUERZAS QUE SOLO CUENTAN POR PERDIDA DEBIDO A LA FRICCIÓN EMPLAZAMIENTO DE ANCLAJES Y CORTES ELÁSTICOS.

APROBADO SIN COMENTARIOS	Col. 1	FECHAS
APROBADO CON COMENTARIOS	Col. 2	
REVISAR Y REENTRAR	Col. 3	

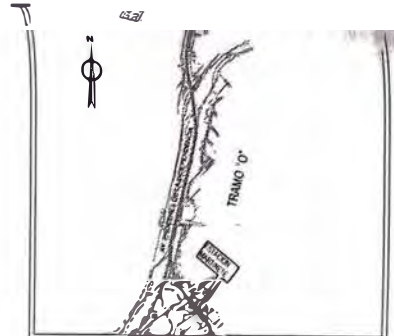
02 27-Jun-12	APROBADO PARA CONSTRUCCIÓN	TYL	TYL	MCO	WVI
01 25-Jun-12	APROBADO PARA CONSTRUCCIÓN	TYL	TYL	MCO	WVI
0A 07-May-12	EMITIDO PARA REVISIÓN	TYL	TYL	MCO	WVI

Logos for MTC (Ministerio de Transportes y Comunicaciones), TREN ELÉCTRICO, and ODEBRECHT.

EJECUCIÓN DE LAS OBRAS CIVILES Y ELECTROMECÁNICAS DEL SISTEMA ELÉCTRICO DE TRANSPORTE MASIMO DE LIMA Y CALLAO LINEA 1, TRAMO 2, AV. GRAU - SAN JUAN DE LURIGANCHO

Codigo:	C, T, E, L, T, Y, L, P, V, E, E, S, T, D, W, G, 3, 2, 5, 2, 5, 0, 2	Rev.:	
Plano:	PUENTE SOBRE VIA EVITAMIENTO PLANO DE TENDONES EN EL CLARO 3		
Escala:	INDICADA		

E:\Tramo 4 - PROYECTO LINEA 1 ELECTROMECANICA LINEA 1 - 017 - 018 - 019 - 020 - 021 - 022 - 023 - 024 - 025 - 026 - 027 - 028 - 029 - 030 - 031 - 032 - 033 - 034 - 035 - 036 - 037 - 038 - 039 - 040 - 041 - 042 - 043 - 044 - 045 - 046 - 047 - 048 - 049 - 050 - 051 - 052 - 053 - 054 - 055 - 056 - 057 - 058 - 059 - 060 - 061 - 062 - 063 - 064 - 065 - 066 - 067 - 068 - 069 - 070 - 071 - 072 - 073 - 074 - 075 - 076 - 077 - 078 - 079 - 080 - 081 - 082 - 083 - 084 - 085 - 086 - 087 - 088 - 089 - 090 - 091 - 092 - 093 - 094 - 095 - 096 - 097 - 098 - 099 - 100 - 101 - 102 - 103 - 104 - 105 - 106 - 107 - 108 - 109 - 110 - 111 - 112 - 113 - 114 - 115 - 116 - 117 - 118 - 119 - 120 - 121 - 122 - 123 - 124 - 125 - 126 - 127 - 128 - 129 - 130 - 131 - 132 - 133 - 134 - 135 - 136 - 137 - 138 - 139 - 140 - 141 - 142 - 143 - 144 - 145 - 146 - 147 - 148 - 149 - 150 - 151 - 152 - 153 - 154 - 155 - 156 - 157 - 158 - 159 - 160 - 161 - 162 - 163 - 164 - 165 - 166 - 167 - 168 - 169 - 170 - 171 - 172 - 173 - 174 - 175 - 176 - 177 - 178 - 179 - 180 - 181 - 182 - 183 - 184 - 185 - 186 - 187 - 188 - 189 - 190 - 191 - 192 - 193 - 194 - 195 - 196 - 197 - 198 - 199 - 200 - 201 - 202 - 203 - 204 - 205 - 206 - 207 - 208 - 209 - 210 - 211 - 212 - 213 - 214 - 215 - 216 - 217 - 218 - 219 - 220 - 221 - 222 - 223 - 224 - 225 - 226 - 227 - 228 - 229 - 230 - 231 - 232 - 233 - 234 - 235 - 236 - 237 - 238 - 239 - 240 - 241 - 242 - 243 - 244 - 245 - 246 - 247 - 248 - 249 - 250 - 251 - 252 - 253 - 254 - 255 - 256 - 257 - 258 - 259 - 260 - 261 - 262 - 263 - 264 - 265 - 266 - 267 - 268 - 269 - 270 - 271 - 272 - 273 - 274 - 275 - 276 - 277 - 278 - 279 - 280 - 281 - 282 - 283 - 284 - 285 - 286 - 287 - 288 - 289 - 290 - 291 - 292 - 293 - 294 - 295 - 296 - 297 - 298 - 299 - 300 - 301 - 302 - 303 - 304 - 305 - 306 - 307 - 308 - 309 - 310 - 311 - 312 - 313 - 314 - 315 - 316 - 317 - 318 - 319 - 320 - 321 - 322 - 323 - 324 - 325 - 326 - 327 - 328 - 329 - 330 - 331 - 332 - 333 - 334 - 335 - 336 - 337 - 338 - 339 - 340 - 341 - 342 - 343 - 344 - 345 - 346 - 347 - 348 - 349 - 350 - 351 - 352 - 353 - 354 - 355 - 356 - 357 - 358 - 359 - 360 - 361 - 362 - 363 - 364 - 365 - 366 - 367 - 368 - 369 - 370 - 371 - 372 - 373 - 374 - 375 - 376 - 377 - 378 - 379 - 380 - 381 - 382 - 383 - 384 - 385 - 386 - 387 - 388 - 389 - 390 - 391 - 392 - 393 - 394 - 395 - 396 - 397 - 398 - 399 - 400 - 401 - 402 - 403 - 404 - 405 - 406 - 407 - 408 - 409 - 410 - 411 - 412 - 413 - 414 - 415 - 416 - 417 - 418 - 419 - 420 - 421 - 422 - 423 - 424 - 425 - 426 - 427 - 428 - 429 - 430 - 431 - 432 - 433 - 434 - 435 - 436 - 437 - 438 - 439 - 440 - 441 - 442 - 443 - 444 - 445 - 446 - 447 - 448 - 449 - 450 - 451 - 452 - 453 - 454 - 455 - 456 - 457 - 458 - 459 - 460 - 461 - 462 - 463 - 464 - 465 - 466 - 467 - 468 - 469 - 470 - 471 - 472 - 473 - 474 - 475 - 476 - 477 - 478 - 479 - 480 - 481 - 482 - 483 - 484 - 485 - 486 - 487 - 488 - 489 - 490 - 491 - 492 - 493 - 494 - 495 - 496 - 497 - 498 - 499 - 500 - 501 - 502 - 503 - 504 - 505 - 506 - 507 - 508 - 509 - 510 - 511 - 512 - 513 - 514 - 515 - 516 - 517 - 518 - 519 - 520 - 521 - 522 - 523 - 524 - 525 - 526 - 527 - 528 - 529 - 530 - 531 - 532 - 533 - 534 - 535 - 536 - 537 - 538 - 539 - 540 - 541 - 542 - 543 - 544 - 545 - 546 - 547 - 548 - 549 - 550 - 551 - 552 - 553 - 554 - 555 - 556 - 557 - 558 - 559 - 560 - 561 - 562 - 563 - 564 - 565 - 566 - 567 - 568 - 569 - 570 - 571 - 572 - 573 - 574 - 575 - 576 - 577 - 578 - 579 - 580 - 581 - 582 - 583 - 584 - 585 - 586 - 587 - 588 - 589 - 590 - 591 - 592 - 593 - 594 - 595 - 596 - 597 - 598 - 599 - 600 - 601 - 602 - 603 - 604 - 605 - 606 - 607 - 608 - 609 - 610 - 611 - 612 - 613 - 614 - 615 - 616 - 617 - 618 - 619 - 620 - 621 - 622 - 623 - 624 - 625 - 626 - 627 - 628 - 629 - 630 - 631 - 632 - 633 - 634 - 635 - 636 - 637 - 638 - 639 - 640 - 641 - 642 - 643 - 644 - 645 - 646 - 647 - 648 - 649 - 650 - 651 - 652 - 653 - 654 - 655 - 656 - 657 - 658 - 659 - 660 - 661 - 662 - 663 - 664 - 665 - 666 - 667 - 668 - 669 - 670 - 671 - 672 - 673 - 674 - 675 - 676 - 677 - 678 - 679 - 680 - 681 - 682 - 683 - 684 - 685 - 686 - 687 - 688 - 689 - 690 - 691 - 692 - 693 - 694 - 695 - 696 - 697 - 698 - 699 - 700 - 701 - 702 - 703 - 704 - 705 - 706 - 707 - 708 - 709 - 710 - 711 - 712 - 713 - 714 - 715 - 716 - 717 - 718 - 719 - 720 - 721 - 722 - 723 - 724 - 725 - 726 - 727 - 728 - 729 - 730 - 731 - 732 - 733 - 734 - 735 - 736 - 737 - 738 - 739 - 740 - 741 - 742 - 743 - 744 - 745 - 746 - 747 - 748 - 749 - 750 - 751 - 752 - 753 - 754 - 755 - 756 - 757 - 758 - 759 - 760 - 761 - 762 - 763 - 764 - 765 - 766 - 767 - 768 - 769 - 770 - 771 - 772 - 773 - 774 - 775 - 776 - 777 - 778 - 779 - 780 - 781 - 782 - 783 - 784 - 785 - 786 - 787 - 788 - 789 - 790 - 791 - 792 - 793 - 794 - 795 - 796 - 797 - 798 - 799 - 800 - 801 - 802 - 803 - 804 - 805 - 806 - 807 - 808 - 809 - 810 - 811 - 812 - 813 - 814 - 815 - 816 - 817 - 818 - 819 - 820 - 821 - 822 - 823 - 824 - 825 - 826 - 827 - 828 - 829 - 830 - 831 - 832 - 833 - 834 - 835 - 836 - 837 - 838 - 839 - 840 - 841 - 842 - 843 - 844 - 845 - 846 - 847 - 848 - 849 - 850 - 851 - 852 - 853 - 854 - 855 - 856 - 857 - 858 - 859 - 860 - 861 - 862 - 863 - 864 - 865 - 866 - 867 - 868 - 869 - 870 - 871 - 872 - 873 - 874 - 875 - 876 - 877 - 878 - 879 - 880 - 881 - 882 - 883 - 884 - 885 - 886 - 887 - 888 - 889 - 890 - 891 - 892 - 893 - 894 - 895 - 896 - 897 - 898 - 899 - 900 - 901 - 902 - 903 - 904 - 905 - 906 - 907 - 908 - 909 - 910 - 911 - 912 - 913 - 914 - 915 - 916 - 917 - 918 - 919 - 920 - 921 - 922 - 923 - 924 - 925 - 926 - 927 - 928 - 929 - 930 - 931 - 932 - 933 - 934 - 935 - 936 - 937 - 938 - 939 - 940 - 941 - 942 - 943 - 944 - 945 - 946 - 947 - 948 - 949 - 950 - 951 - 952 - 953 - 954 - 955 - 956 - 957 - 958 - 959 - 960 - 961 - 962 - 963 - 964 - 965 - 966 - 967 - 968 - 969 - 970 - 971 - 972 - 973 - 974 - 975 - 976 - 977 - 978 - 979 - 980 - 981 - 982 - 983 - 984 - 985 - 986 - 987 - 988 - 989 - 990 - 991 - 992 - 993 - 994 - 995 - 996 - 997 - 998 - 999 - 1000



LEYENDA

- Notas:
1. PARA FUTURA FUERZA DE TENDON: 3700 KN POR TENDON. TOTAL 4 TENDONES POR CADA CLARO.
 2. PARA LA SECCION A, VER HOJA DE "DETALLES DE TENDONES FUTUROS".

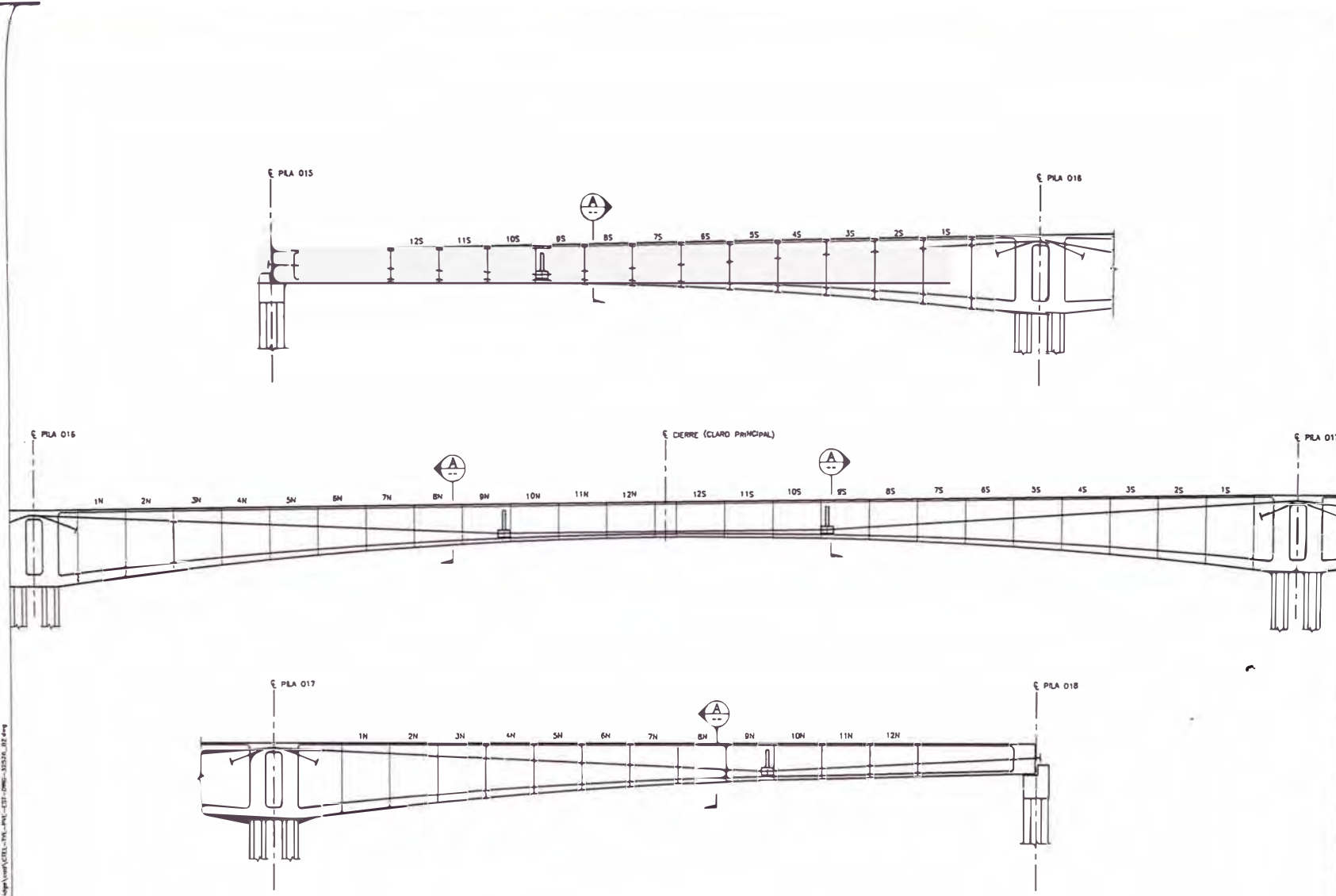
Referencias:

Elaborado:	APROBADO SIN COMENTARIOS	Cad. 1	Firma:
Revisado:	APROBADO CON COMENTARIOS	Cad. 2	
Verificado:	REVISAR Y REVISAR	Cad. 3	

02	27-Jul-12	APROBADO PARA CONSTRUCCION	TYL	TYL	MCO	WVI
01	25-Jun-12	APROBADO PARA CONSTRUCCION	TYL	TYL	MCO	WVI
0A	07-May-12	EMITIDO PARA REVISION	TYL	TYL	MCO	WVI

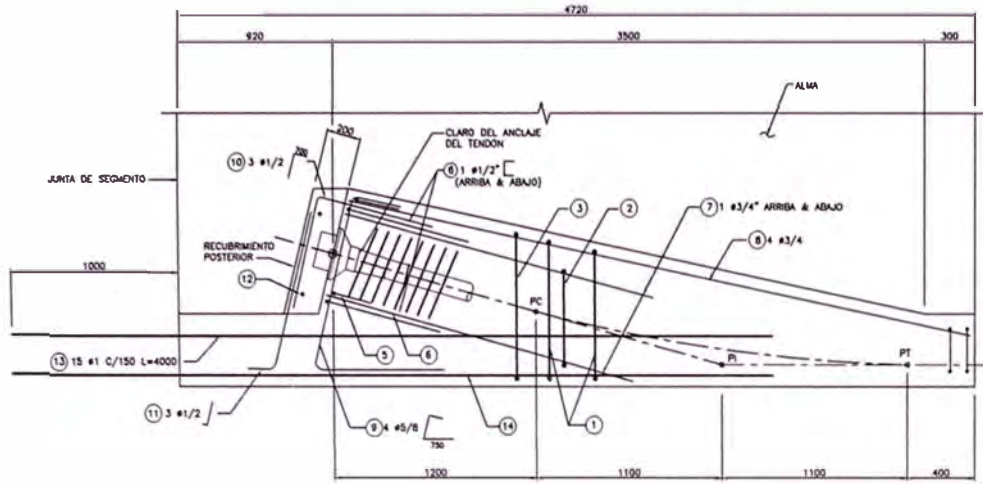
FECHA	FECHA	DESCRIPCION DE LA REVISION	PREP.	REV.	VERIF.	APROB.
-------	-------	----------------------------	-------	------	--------	--------

Proyecto: EJECUCION DE LAS OBRAS CIVILES Y ELECTROMECANICAS DEL SISTEMA ELÉCTRICO DE TRANSPORTE MASIVO DE LIMA Y CALLAO
Linea: LINEA 1. TRAMO 2. AV. GRAU - SAN JUAN DE LURIGANCHO
Hoja: C.T.E.L.T.Y.L.P.V.E.E.S.T.D.W.G.3.2.5.2.6.10.2
Para: PUENTE SOBRE VIA EVITAMIENTO
Escala: INDICADA

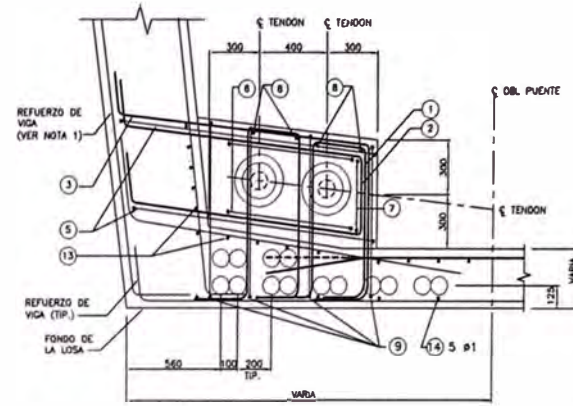


SECCION LONGITUDINAL
ESC. 1:200

C:\TRAMO 2-PROYECTO INER ELECTRICIDAD\INER\2012-07-31\Iner\2- Bridge\work\CTEL-TYL-INT-CCT-08M-3333M-02.dwg



A SECCION
ESCALA 1:15

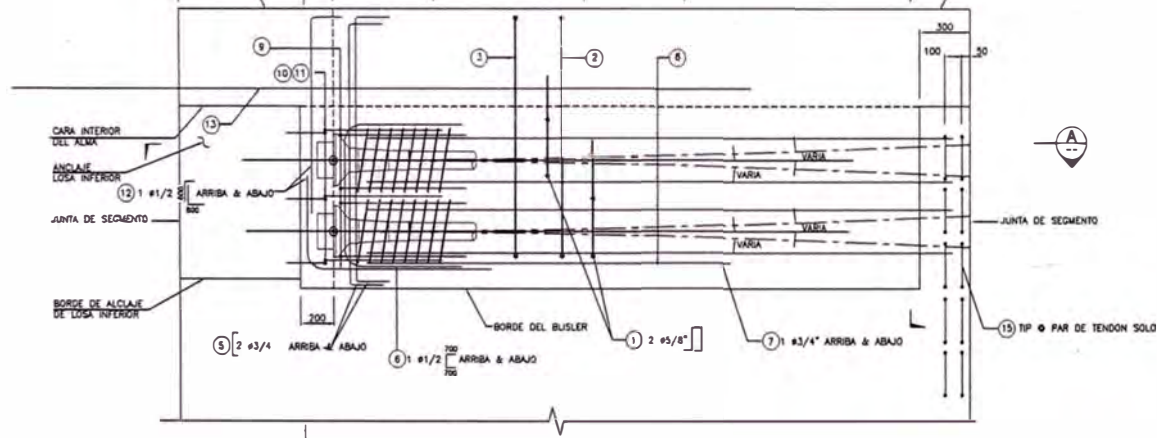


B SECCION
ESCALA 1:15



C SECCION
ESCALA 1:15

920	800	900	800	1300
1	6 #5/8 C/100	6 #5/8 C/150	13 #5/8 C/150	
2	6 #5/8 C/100	10 #5/8 C/150		
3	6 #5/8 C/100	6 #5/8 C/150	13 # 3/8 C/150	



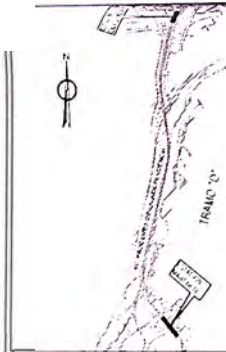
VISTA EN PLANTA DE LOS TENDONES
ESC: 1:15

LISTA DE BARRAS

POS.	Ø	CANT.	LONGITUD (mm)	
			UNIDAD	TOTAL
1	5/8	40	230	9200
2	5/8	20	116	2320
3	3/4	12	285	3420
5	3/4	4	142	568
8	1/2	2	73	147
7	3/4	2	210	420
8	3/4	4	286	1152
9	5/8	4	184	736
10	1/2	3	90	270
11	1/2	3	97	291
12	1/2	4	182	648
13	1	15	400	6000
14	1	5	400	2000
15	1/2	20	132	2640

TABLA DE DOBLES - ACERO fy 4200

GANCHOS			ESTRIBOS			ESQUEMA		
DIAMETRO	lc (cm)	a1 (cm)	DIAMETRO	lc (cm)	a1 (cm)	DIAMETRO	lc (cm)	a1 (cm)
Nº	Ø (pulg)	doblez=90°	Nº	Ø (pulg)	doblez=90°	Nº	Ø (pulg)	doblez=90°
3	3/8	6.0	3	3/8	4.0	3	3/8	4.0
4	1/2	7.0	6.0	1/2	5.0	4	1/2	4.0
5	5/8	8.0	7.0	5/8	6.0	5	5/8	5.0
6	3/4	11.0	8.0	3/4	7.0	6	3/4	6.0
7	7/8	12.0	9.0	7/8	8.0	7	7/8	7.0
8	1	14.0	11.0	1	10.0	8	1	9.0
10	1 1/4	23.0	18.0	1 1/4	14.0	10	1 1/4	13.0
11	1 3/8	26.0	18.0	1 3/8	16.0	11	1 3/8	15.0



LEYENDA

Notas:
1. REFUERZO DEL ALMA NO SE MUESTRA TODO PARA CLARIFICAR.
2. EL DOBALDO DEL REFUERZO DEL ALMA ES REQUERIDO PARA EVITAR EL CONFLICTO CON LOS TUBOS DE PRETENSADO.

Revisión:

APROBADO EN COMENTARIOS	Cod. 1	Fecha:
APROBADO CON COMENTARIOS	Cod. 2	
REVISAR Y REDESAR	Cod. 3	

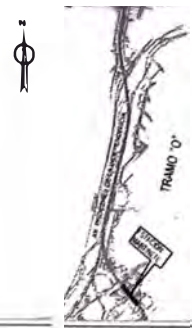
01/25-Jun-12 APROBADO PARA CONSTRUCCION T.Y.L. T.Y.L. MCO W.V.I.
04/07-May-12 EMITIDO PARA REVISION T.Y.L. T.Y.L. MCO W.V.I.

Logo for MTC (MTC CONSULTING) and ENGINTEER INTERNATIONAL.

EJECUCIÓN DE LAS OBRAS CIVILES Y ELECTROMECANICAS DEL SISTEMA ELECTRICO DE TRANSPORTE MASIVO DE LIMA Y CALLAO
LINEA 1, TRAMO 2, AV. GRAU - SAN JUAN DE LURIGANCHO
C.I.T.E.L.I.Y.L.P.V.E.E.S.T.D.W.G.3.2.5.2.8.0.1
PUENTE SOBRE VIA EVITAMIENTO
DETALLES DE TENDONES EN EL CLARO

AUTOMOTOCIA S.A. - DISTRIBUCION: 17 - Avenida Alameda 100 - Lima 1 - Perú - Tel: (01) 422-1111 - Fax: (01) 422-1112 - Email: info@automotocia.com

3. SEAL FUTURE TENDON PIPE BOTH ENDS BEFORE COMPLETION OF PROJECT.



LEYENDA

- Notas:
1. PARA DIMENSIONES DE VIGAS TIPO CAJON VER HOJAS DE "SECCIONES TÍPICAS".
 2. EL REFUERZO DE FINAL DE DIAGRAMA INDICADO PARA LA PILA 018. REFUERZO DE FINAL DE DIAGRAMA PARA LA PILA 015 ES SIMILAR.
 3. PARA UBICACION DE HUECOS DE VENTILACION VER HOJAS "SECCIONES TÍPICAS".
 4. LA ORIENTACION DE LAS TUBERIAS DE ACENO SERA DESARROLLADO EN LOS PLANOS DE TALLER.
 5. SELLAR TUBERIAS DE TENDONES FUTUROS A AMBOS EXTREMOS ANTES DE LA FINALIZACION DEL PROYECTO.

Referencias:

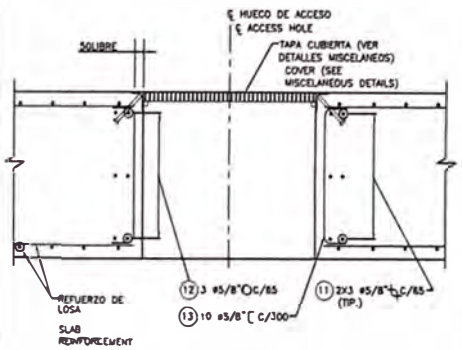
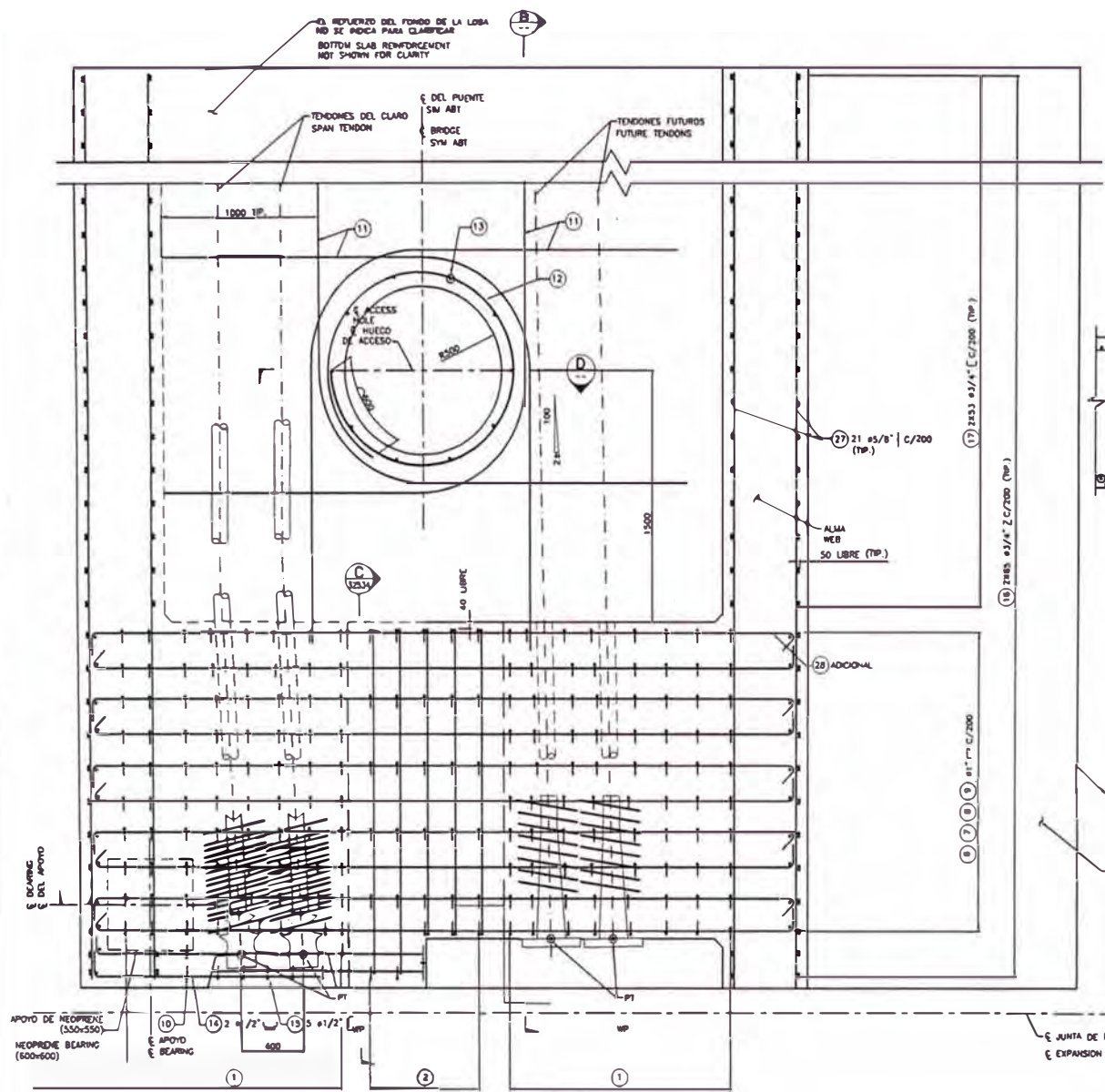
APROBADO SIN COMENTARIOS	Cal. 1	Fecha
APROBADO CON COMENTARIOS	Cal. 2	
REVISAR Y REVISAR	Cal. 3	

01-25-Jun-12	APROBADO PARA CONSTRUCCION	TYL	TYL	MCO	WVI
04-07-May-12	EMITIDO PARA REVISION	TYL	TYL	MCO	WVI

Rev.	Fecha	Descripción de la revisión	PREF.	REV.	VERIF.	APROB.

Proyecto: EJECUCION DE LAS OBRAS CIVILES Y ELECTROMECANICAS DEL SISTEMA ELECTRICO DE TRANSPORTE MASIVO DE LINA Y CALLAO LINEA 1, TRAMO 2, AV. GRAU - SAN JUAN DE LURIGANCHO

Escala: **C, T, E, L, T, Y, L, P, V, E, E, S, T, D, W, G, S, 2, 5, 3, 2, 0, 1**
 Nombre: **PUENTE SOBRE VIA EVITAMIENTO DIAFRAGMA FINAL DETALLE 2**
 Indica:



D SECCION ESC.

LISTA DE BARRAS

POS.	Ø"	CANT.	LONGITUD (mm)	
			UMB.	TOTAL
11	5/8"	8	388	2327
11	5/8"	8	440	2638
12	5/8"	3	247	742
13	5/8"	10	47	487
14	1/2"	4	160	840
15	1/2"	8	144	864
16	3/4"	260	323	83902
17	3/4"	108	328	34524
27	5/8"	42	1385	60270

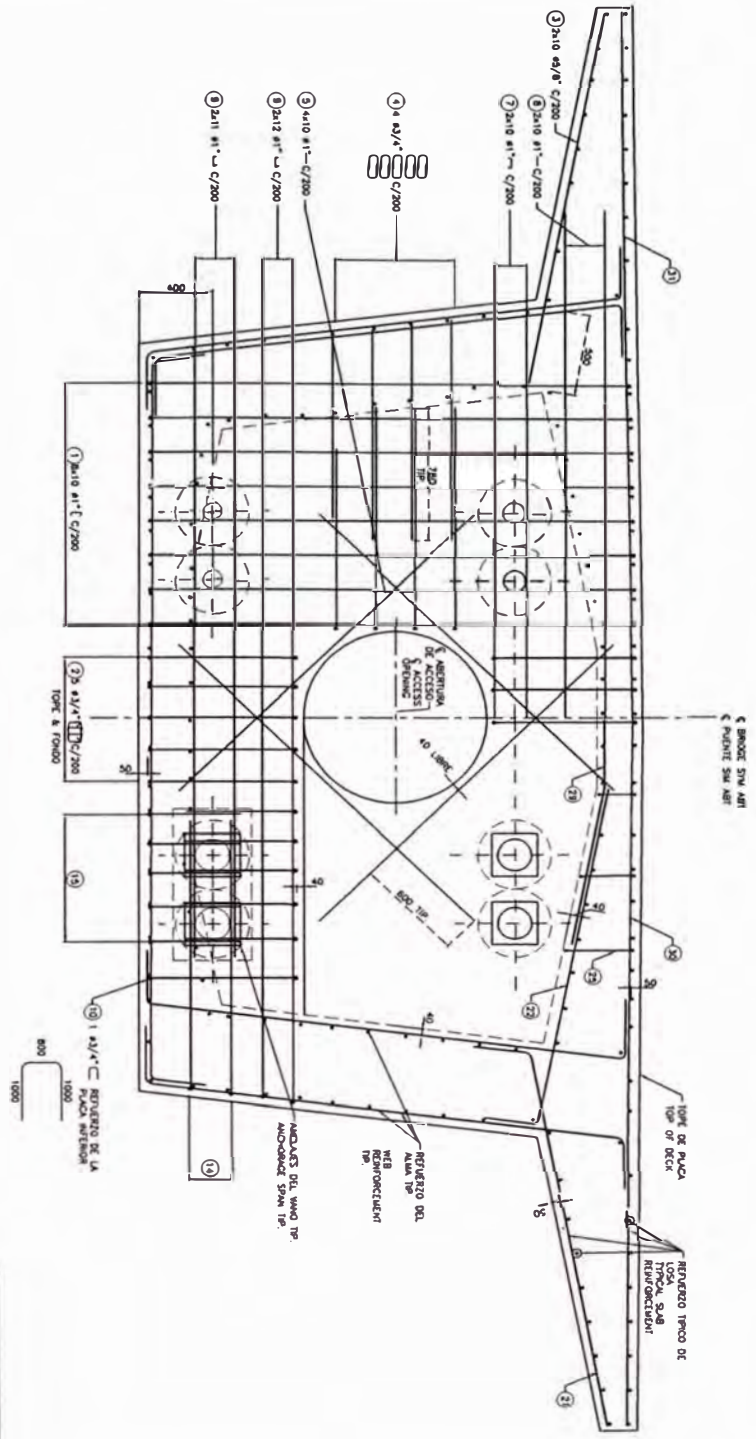
TABLA DE DOBLECES - ACERO fy 4200

GANCHOS			ESTRIBOS		
DIAMETRO	lc (cm)	a1 (cm)	DIAMETRO	lc (cm)	a1 (cm)
Nº 3 3/8"	6.0	4.0	Nº 3 3/8"	4.0	3.0
4 1/2"	7.0	6.0	4 1/2"	5.0	4.0
5 5/8"	8.0	7.0	5 5/8"	6.0	5.0
6 3/4"	11.0	8.0	6 3/4"	7.0	5.0
7 7/8"	12.0	9.0	7 7/8"	11.0	8.0
8 1"	14.0	11.0	8 1"	13.0	9.0
10 1 1/4"	23.0	18.0	10 1 1/4"	14.0	11.0
11 1 3/8"	25.0	18.0			

ENCIMA DEL FONDO DE LA LOSA ABOVE-BOTTOM SLAB
 DEBAJO DEL TOPE DE LA PLACA BELOW TOP OF DECK
PLANTA
 ESC: 1:15

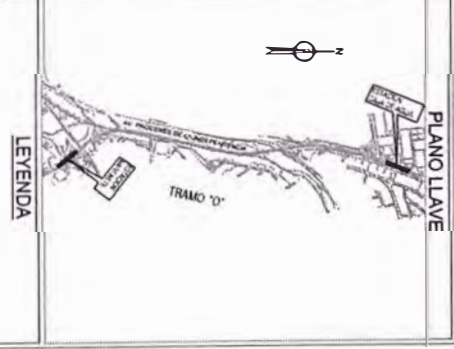
ALP/INTELECTUAL/INDUSTRIAL/EXPERIENCIA/17... Puntada sobre Via de Evitamiento...

A SECCION
Escala 1:15



LISTA DE BARRAS

POS.	Ø"	CANT.	LONGITUD (M)	UNIDAD	PYRAL	OTRO
1	1"	80	501	2400		
2	3/4"	20	110	2300		
3	3/4"	20	222	4400		
4	3/4"	18	283	4400		
5	1"	40	228	9104		
6	1"	24	489	11743		
7	1"	20	520	10408		
8	3/4"	44	509	13420		
9	3/4"	2	301	403		



1. PARA DIMENSIONES DE VOLAS TIPO CAYAN VERI MOUNT DE "SECCIONES IMPACT".
2. BARRAS SIN UNIDAD PERTENECEN AL REINFORZO DE LA LOSA Y EL ALAMA.

MTC MTC

ODERRECHT ODERRECHT

ELABORACION DE LAS OBRAS CIVILES Y ELECTRONICAMENTE DEL SISTEMA ELECTRO DE TRANSFORMACION MASIVO DE LIMA Y CALLAO

TRAMO 10, TRAMO 2, AV. GRIMAL - SAN JOAQUIN DE LINDERO

PROYECTO: PUENTE DE CONCRETO

ESCALA: 1:15

FECHA: 2017

PROYECTISTA: [Logo]

REVISOR: [Logo]

APROBADO: [Logo]

PROYECTO: PUENTE DE CONCRETO

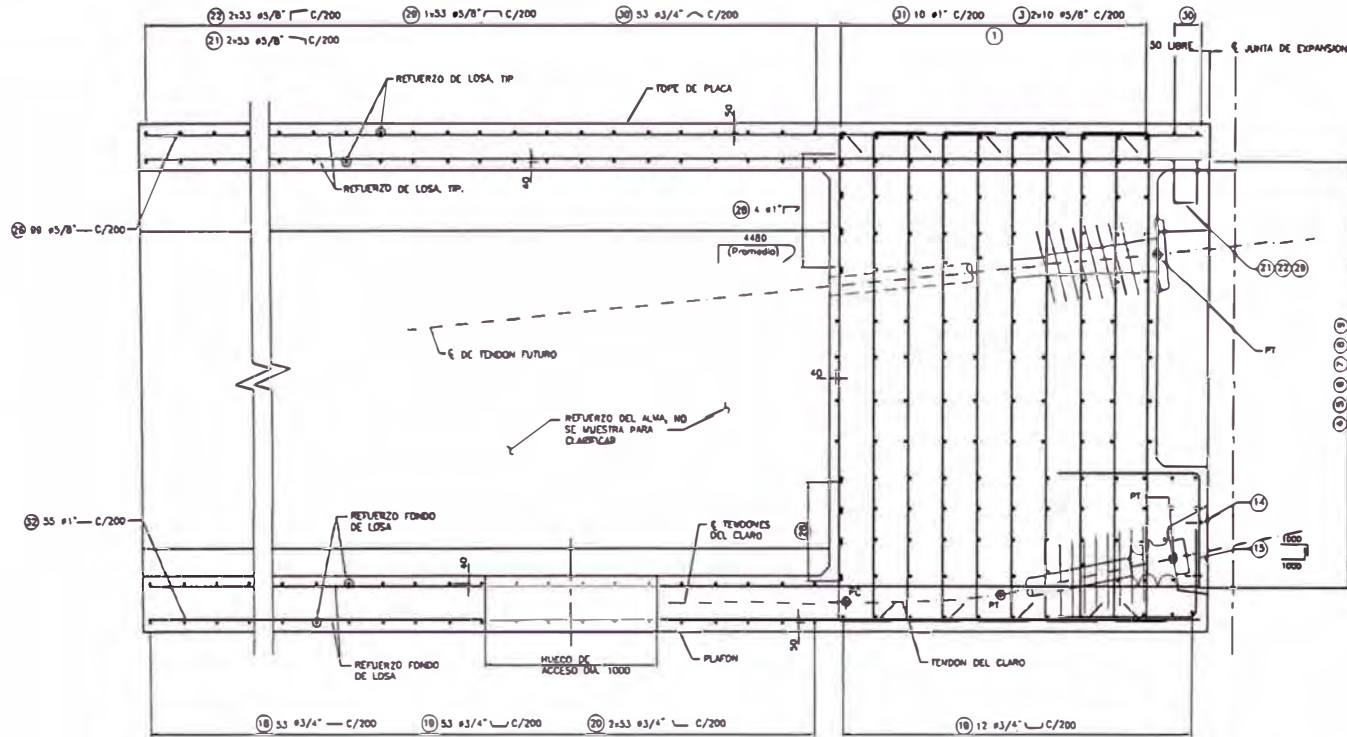
ESCALA: 1:15

FECHA: 2017

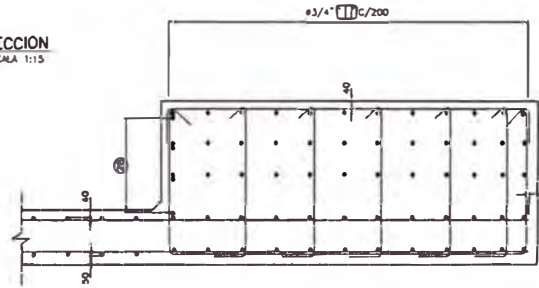
PROYECTISTA: [Logo]

REVISOR: [Logo]

APROBADO: [Logo]



B SECCION
ESCALA 1:15



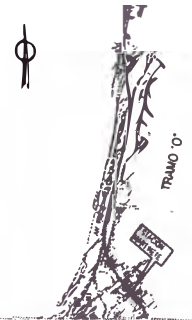
C SECCION
ESCALA 1:15

LISTA DE BARRAS

POS.	Ø"	CANT.	LONGITUD (MM)	
			UNIDAD	TOTAL
18	3/4"	106	4720	500320
19	3/4"	130	4720	613600
20	3/4"	212	2050	434800
21	5/8"	216	2500	540000
22	5/8"	216	2170	468720
26	5/8"	99	8300	821700
28	1"	18	4720	75520
29	3/8"	110	2200	242000
30	3/4"	110	8300	913000
31	1"	20	4720	944000
32	1"	55	4820	265100

TABLA DE DOBLECES - ACERO fy 4200

GANCHOS			ESTRIBOS		
DIAMETRO	lc (cm)	al (cm)	DIAMETRO	lc (cm)	al (cm)
Nº 1 3/8"	8.0	4.0	Nº 1 3/8"	4.0	3.0
2 1/2"	7.0	6.0	2 1/2"	3.0	4.0
3 5/8"	8.0	7.0	3 5/8"	3.0	4.0
4 3/4"	11.0	8.0	4 3/4"	3.0	3.0
5 7/8"	13.0	9.0	5 7/8"	3.0	4.0
6 1"	14.0	11.0	6 1"	3.0	4.0
7 1 1/4"	23.0	18.0	7 1 1/4"	3.0	4.0
8 1 1/2"	26.0	18.0	8 1 1/2"	3.0	4.0



LEYENDA

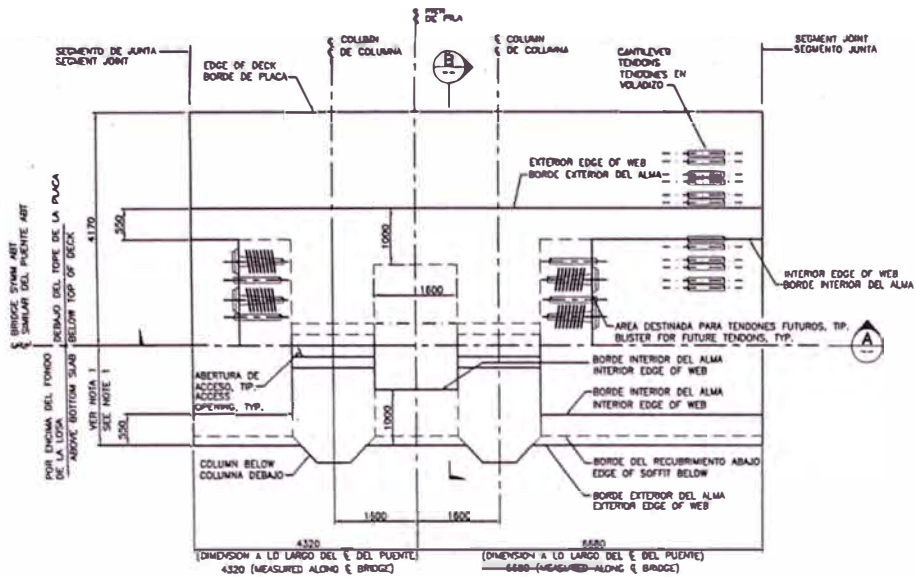
Para: 1. PARA DIMENSIONES DE VIGAS TIPO CAJON VER HOJAS DE "SECCIONES TÍPICAS".

Supervisión:	APROBADO SIN COMENTARIOS	BOL. 1	Fecha:
	APROBADO CON COMENTARIOS	COL. 2	
	REVISAR Y REVISAR	COL. 3	

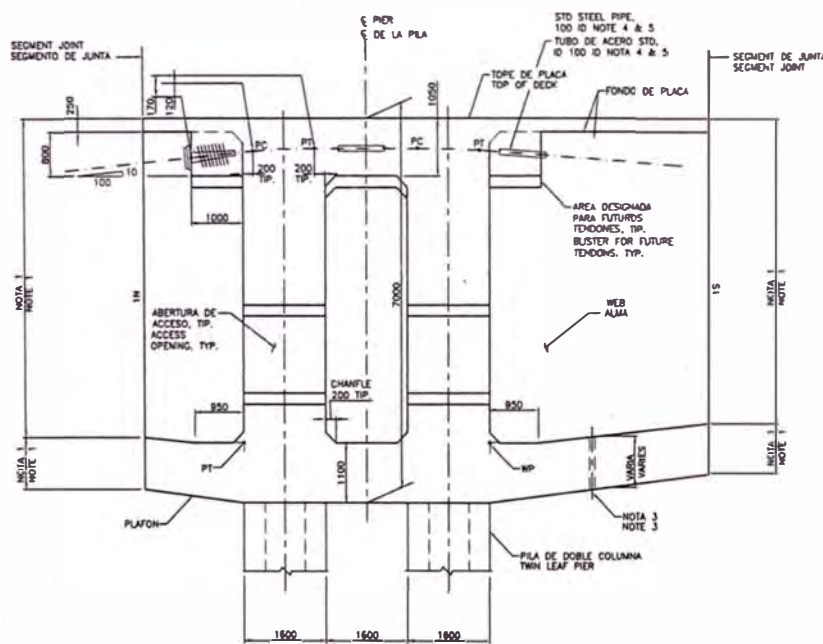
02 27-Jul-12	APROBADO PARA CONSTRUCCIÓN	TYL	TYL	MCO	WVI
01 25-Jun-12	APROBADO PARA CONSTRUCCIÓN	TYL	TYL	MCO	WVI
0A 07-May-11	EMITIDO PARA REVISIÓN	TYL	TYL	MCO	WVI

EJECUCIÓN DE LAS OBRAS CIVILES Y ELECTROMECÁNICAS DEL SISTEMA ELÉCTRICO DE TRANSPORTE MASIVO DE LIMA Y CALLAO
 LINEA 1, TRAMO 2, AV. GRAU - SAN JUAN DE LURIGANCHO
 Código: **C, Y, E, L, T, Y, L, P, V, E, E, S, T, D, W, G, 3, 2, 5, 3, 4, 0, 2**

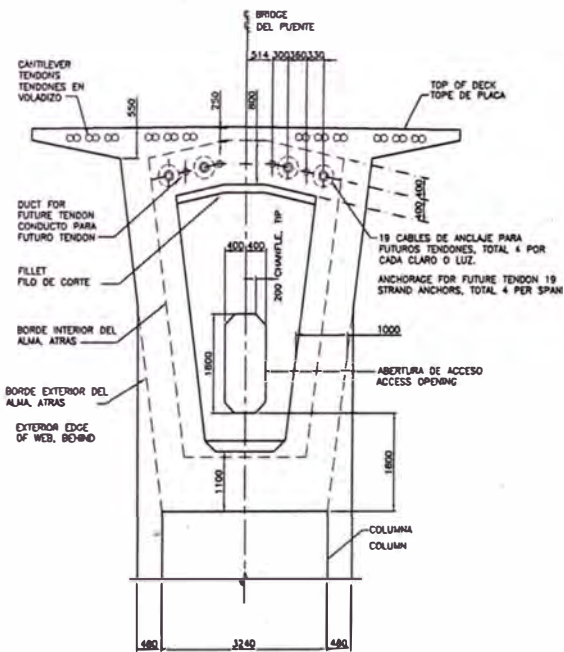
PUNTE SOBRE VIA EVITAMIENTO DIAFRAGMA FINAL DETALLE 4
 INDICADA



VISTA DE PLANTA
ESCALA 1:50



A SECCION
ESCALA 1:50



B SECCION
ESCALA 1:50

4. VER CANTILEVER DE TENDONES EN LAS SECCIONES TYPICAS.
5. ORIENTACION DE ESTEEN PIPE SHALL BE DEVELOPED BY SHOP DRAWINGS.
6. SEAL PIPE BOTH ENDS BEFORE COMPLETION OF PROJECT.



LEYENDA

ESTE PLANO ES VALIDO PARA LOS SIGUIENTES PLANES: 016 Y 017.

- Notas:
1. PARA DIMENSIONES DE VAGAS TIPO CAJON VER HOJAS DE "SECCIONES TYPICAS".
 2. DETALLES DE TABLA DE PILAS INDICADAS PARA PILA 016 Y 017 REFLEJARA CURVATURA EN ALINEAMIENTO.
 3. PARA LOCALIZACION DE ORIFICIOS DE VENTILACION, VER DETALLES TIPOS DE LA SECCION.
 4. LA ORIENTACION DE LAS TUBERIAS DE ACERO SE DESARROLLARA EN PLANOS DE TALLER.
 5. LOS EXTREMOS DE TUBOS SE SELLARAN A AMBOS LADOS ANTES DE COMPLETAR EL PROYECTO.

Referencias:

Supervisor:	APROBADO CON COMENTARIOS / Cod. 1	Plan:
*****	APROBADO CON COMENTARIOS / Cod. 2	
*****	APROBADO CON COMENTARIOS / Cod. 3	

Fecha / COLABORADA	Descripción de la revisión	REP.	REV.	VERIF.	APRO.
01-25-Jun-12	APROBADO PARA CONSTRUCCION	TYL	TYL	MCO	WVI
04-07-May-12	EMITIDO PARA REVISION	TYL	TYL	MCO	WVI

Cliente:	Contratista:	Proyecto:
MTC	ODEBRECHT	EJECUCION DE LAS OBRAS CIVILES Y ELECTROMECANICAS DEL SISTEMA ELECTRICO DE TRANSPORTE MASIVO DE LIMA Y CALLAO

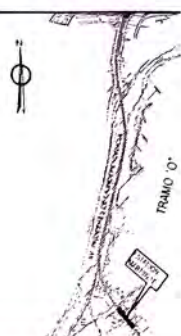
Proyecto: EJECUCION DE LAS OBRAS CIVILES Y ELECTROMECANICAS DEL SISTEMA ELECTRICO DE TRANSPORTE MASIVO DE LIMA Y CALLAO LINEA 1, TRAMO 2, AV. GRAU - SAN JUAN DE LURIGANCHO

Plan: C, T, E, L, T, Y, L, P, V, E, E, S, T, D, W, G, J, 2, 5, 3, 5, 0, 1

Plan: PUENTE SOBRE VIA EVITAMIENTO DIAFRAGMA DE LA PILA DETALLE 1

INDICADA

4. OMIT ONE COLLAR HOOP LAYER TO PLACE BAR POINTERS (3) & (5)
 5. IF NECESSARY OMIT NO MORE THAN ONE HOOP LAYER TO PASS WEB STEEL INTO COLUMN CAGE.



LEYENDA

- Nota:
1. PARA DIMENSION DE VIGA VER HOJAS DE "SECCIONES TÍPICAS"
 2. BARRAS SIN MARCAR PERTENECEN AL REFUERZO DEL ALMA Y DE LA LOSA.
 3. BARRA GALVANIZADA POSTENSIONADA ϕ 36 mm DE ALTA RESISTENCIA (TÍPICA). FUERZA DE DESCARGA 1055 kN. 4 A CADA CABEZAL INTERIOR.
 4. OMITIR UNA CAPA DE ARO DE COLLARNA PARA COLOCAR BARRAS 6 & 15.
 5. SI ES NECESARIO OMITIR NO MAS DE UNA CAPA DE ARO PARA PASAR EL ALMA DE ACERO DENTRO DE LA JAMBA DE LA COLLARNA.

Referencias:

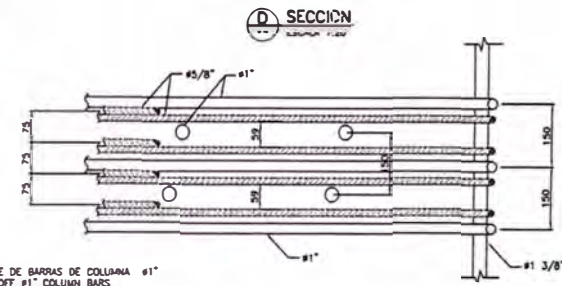
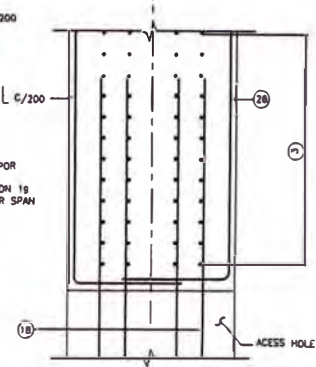
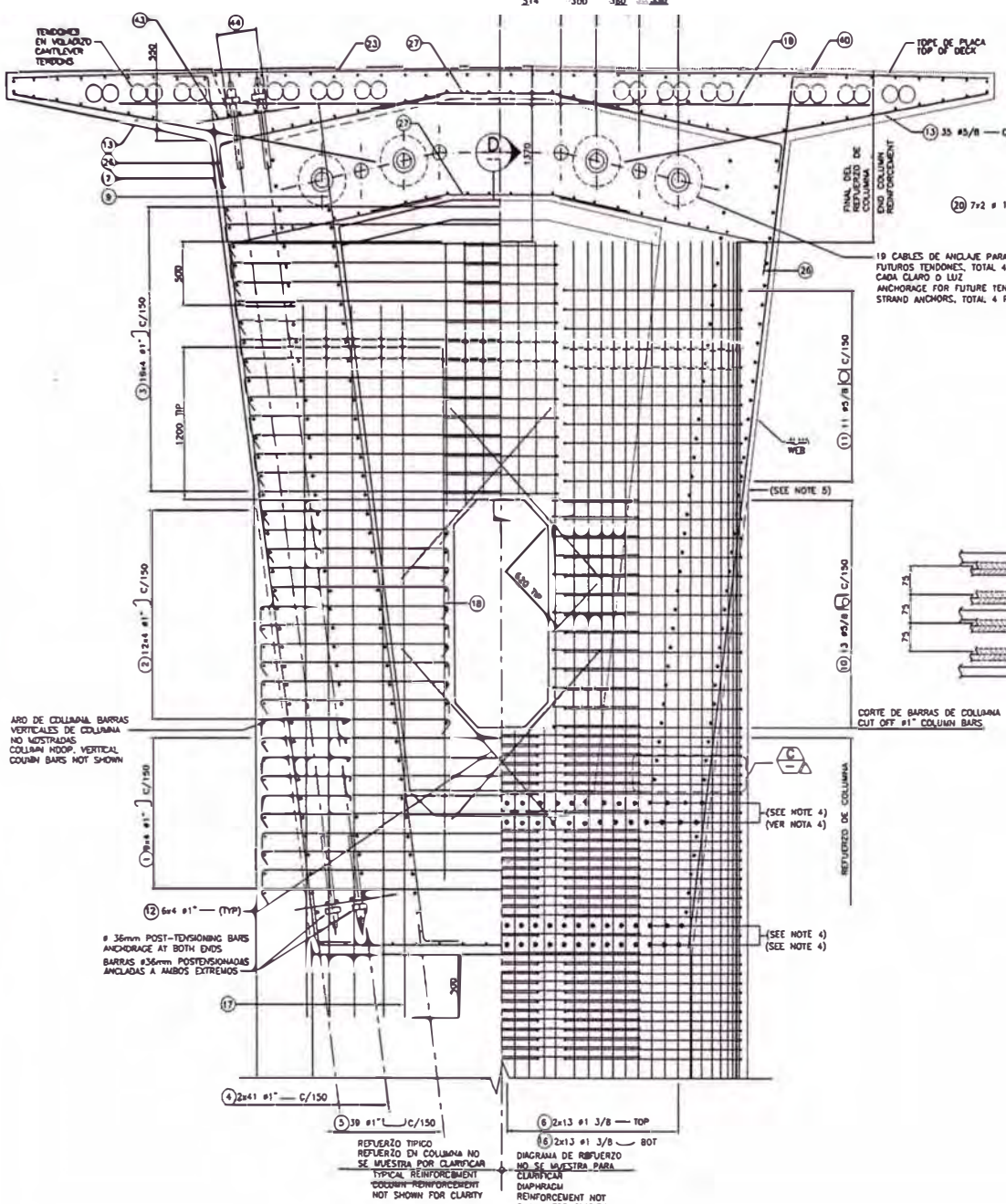
Supervisión:

APROBADO SIN COMENTARIOS	CSM. 1	Plano:
APROBADO CON COMENTARIOS	CSM. 2	
REVISAR Y REVISAR	CSM. 3	

01 25-Jun-12	APROBADO PARA CONSTRUCCIÓN	TYL	TYL	MCO	WVI
0A 07-May-12	EMITIDO PARA REVISIÓN	TYL	TYL	MCO	WVI
Rev.	Descripción de la revisión	PREP.	REV.	VERIF.	APROB.

Proyecto: EJECUCIÓN DE LAS OBRAS CIVILES Y ELECTROMECÁNICAS DEL SISTEMA ELÉCTRICO DE TRANSPORTE MASIVO DE LIMA Y CALLAO
 LINEA 1, TRAMO 2, AV. GRAU - SAN JUAN DE LURIGANCHO

Código: C.T.E.L.T.Y.L.P.V. - E.S.T.D.W.G.3.2.5.3.7.0.1
 Plano: PUENTE SOBRE VIA EVITAMIENTO DIAFRAGMA DE LA PILA DETALLE 3
 Escala: INDICADA



LISTA DE VARILLAS

POS.	Ø"	CANT.	LONGITUD (mm)	
			UNIT.	TOTAL
1	1	72	434	31248
2	1	192	182	34944
3	1	128	483	59296
4	1 3/8	328	605	198504
5	1 3/8	156	529	82508
6	1 3/8	52	672	45323
10	5/8	52	581	30186
11	5/8	44	581	25542
12	1	48	186	8938
13	5/8	70	312	21833
16	1 3/8	52	740	38480
20	5/8	28	336	9411

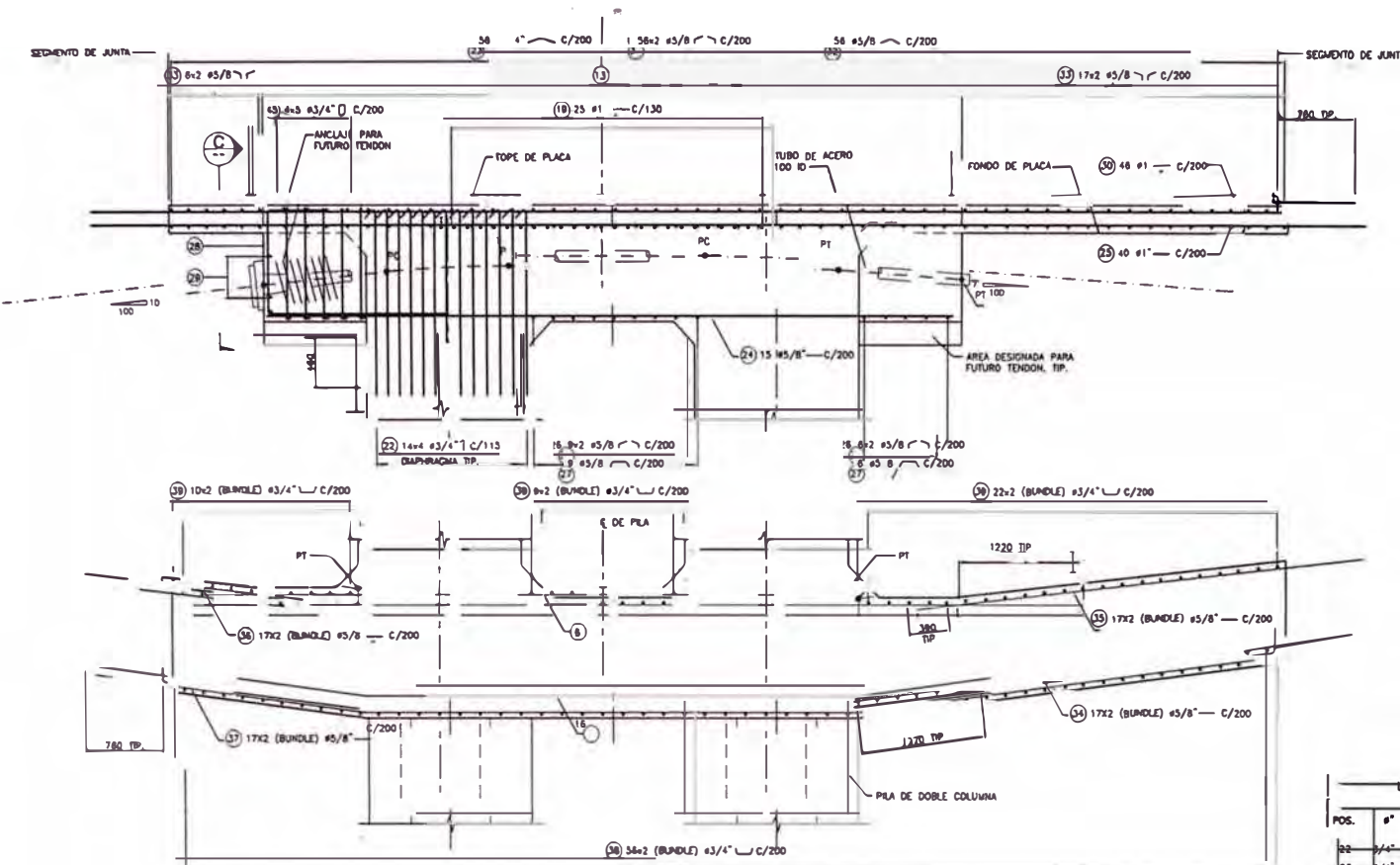
TABLA DE DOBLES - ACERO fy 4200

GANCHOS			ESQUEMA			ESTRIBOS			ESQUEMA		
N°	Ø (pulg)	lc (cm)	doblez=90°		Ø1 (cm)	N°	Ø (pulg)	doblez=90°		Ø1 (cm)	
			doblez=90°	doblez=90°				doblez=90°	doblez=90°		
1	3/8"	6.0	4.0			1	3/8"	4.0	3.0		
2	1/2"	7.0	5.0			2	3/8"	4.0	3.0		
3	5/8"	8.0	7.0			3	3/8"	5.0	4.0		
4	3/4"	11.0	8.0			4	3/4"	7.0	5.0		
5	7/8"	12.0	8.0			5	3/4"	11.0	8.0		
6	1"	14.0	11.0			6	7/8"	13.0	8.0		
7	1 1/8"	15.0	14.0			7	1"	14.0	11.0		
8	1 1/4"	16.0	14.0			8	1"	14.0	11.0		
9	1 1/2"	18.0	18.0			9	1 1/4"	14.0	11.0		
10	1 3/4"	20.0	18.0			10	1 1/2"	14.0	11.0		

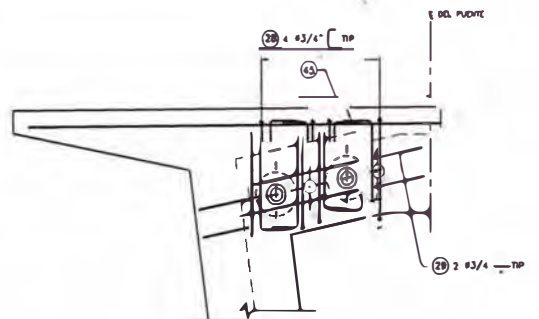
REFUERZO TÍPICO EN COLLARNA NO SE MUESTRA POR CLARIFICAR
 TYPICAL REINFORCEMENT IN COLLARNA NOT SHOWN FOR CLARITY

DIAGRAMA DE REFUERZO EN COLLARNA NO SE MUESTRA PARA CLARIFICAR
 DIAFRAGMA REINFORCEMENT NOT SHOWN FOR CLARITY

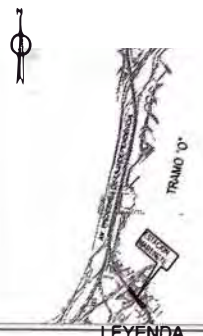
A SECCION
 ESCALA 1:20



B SECCION
ESCALA 1:25



C SECCION
ESCALA 1:25



LEYENDA

COLUMNAS DIAGRAMAS DE BARRAS NO SON MOSTRADAS POR CLARIFICAR

LISTA DE VARILLAS

POS.	Ø"	CANT.	LONGITUD (mm)	
			UNIT.	TOTAL
02	3/4"	12	1780	199360
03	3/8"	56	1120	239920
04	3/8"	55	6700	1006500
05	1"	40	12420	496800
06	3/8"	42	2020	84840
07	3/8"	21	2200	46200
08	3/4"	8	2790	22320
09	3/4"	4	4570	18280
10	1"	46	12420	571320
11	3/8"	12	2160	241920
12	3/8"	66	2800	133200
13	3/8"	48	2160	93600
14	3/8"	34	4920	167280
15	3/8"	34	4400	149600
16	3/8"	34	2160	73100
17	3/8"	34	2640	89740
18	3/4"	56	3710	207760
19	3/4"	32	3260	104320
20	3/4"	60	1605	256800

TABLA DE DOBLECES - ACERO fy 4200

GANCHOES ESQUEMA			ESTRIBOS ESQUEMA		
DIAMETRO	lc (cm)	a1 (cm)	DIAMETRO	lc (cm)	a1 (cm)
Nº 1 2/8"	7.8	7.8	1 1/2"	11.0	11.0
2 3/8"	9.0	7.8	1 1/2"	11.0	11.0
3 3/4"	11.0	8.0	3 3/8"	7.8	8.0
4 1/2"	13.0	11.0	3 3/8"	7.8	8.0
5 1 1/4"	15.0	13.0	3 3/8"	7.8	8.0
6 1 3/8"	16.0	14.0	3 3/8"	7.8	8.0
7 1 3/8"	18.0	16.0	3 3/8"	7.8	8.0
8 1 3/8"	18.0	16.0	3 3/8"	7.8	8.0

FECHA	DESCRIPCION DE LA REVISION	PREP.	REV.	VERIF.	AUTORIZ.
02-27-Jul-12	APROBADO PARA CONSTRUCCION	TYL	TYL	MCO	MM
01-25-Jun-12	APROBADO PARA CONSTRUCCION	TYL	TYL	MCO	MM
0A-07-May-12	EMITIDO PARA REVISION	TYL	TYL	MCO	MM

EJECUCION DE LAS OBRAS CIVILES Y ELECTROMECANICAS DEL SISTEMA ELECTRICO DE TRANSPORTE MASIVO DE LIMA Y CALLAO LINEA 1, TRAMO 2, AV. GRAU - SAN JUAN DE LURIGANCHO

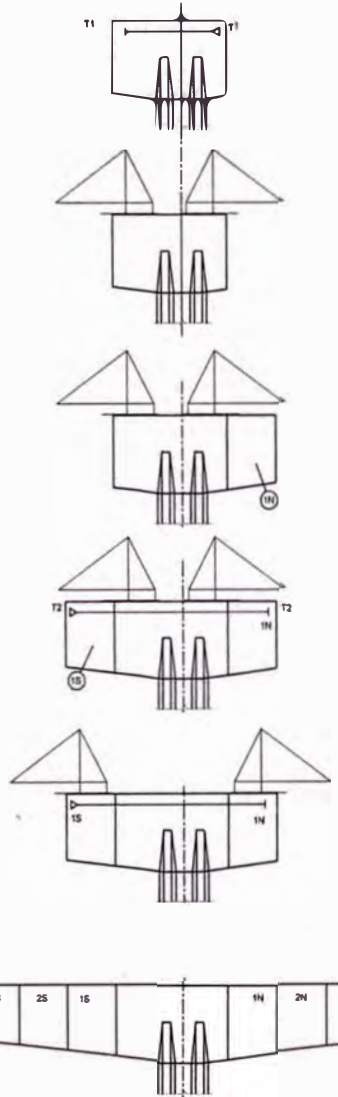
PUNTO: TELLYLPLVCESTDW0325338102
 PLANO: PUENTE SOBRE VIA EVITAMIENTO DIAGONAL DE LA PILA DETALLE 4
 INDICADA

ESTUDIO Y PROYECTO TREN ELECTROMECANICO DEL SISTEMA DE TRANSPORTE MASIVO DE LIMA Y CALLAO - LINEA 1, TRAMO 2, AV. GRAU - SAN JUAN DE LURIGANCHO

S:\PROYECTOS\1. VIALCOTRASA. EXPERIENCIA\17. Puente sobre Vía de Expansión\3 - Levantamiento\08 - Informe de Avance\Volumen 3\1 - Planos de Ejecución\KITE-PL-017-010 - EPF-010 - 3246.dwg

C PIER 016 (PIER 017 OPPOSITE)
 C PILA 016 (PILA 017 OPUESTA)

SIDE SPAN CLARO LATERAL MAIN SPAN CLARO PRINCIPAL



STAGE 3A

- ETAPA 3A**
1. CONSTRUCT PIER TABLE
 2. STRESS TENDON T1
1. CONSTRUCCION DE LA TABLA DE LA PILA
 2. TENSIÓNAMIENTO DE TENDÓN T1

STAGE 3B

- ETAPA 3B**
1. ERECT FROM TRAVELERS
1. LEVANTAMIENTO DE LA FORMALETA MAJERA

STAGE 3C

- ETAPA 3C**
1. CONSTRUCT AND CAST SEGMENT 1N
1. CONSTRUIR Y VACIAR SEGMENTO 1N

STAGE 3D

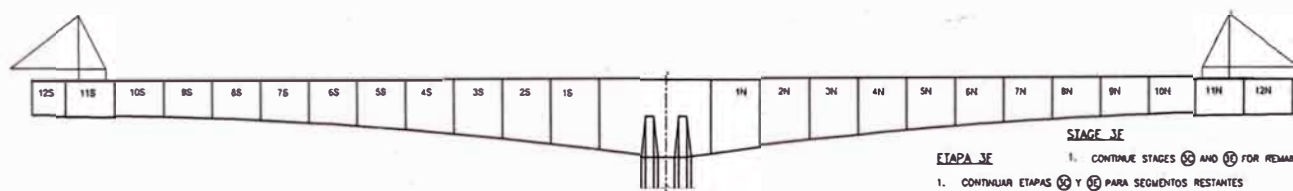
- ETAPA 3D**
1. CONSTRUCT AND CAST SEGMENT 1S
 2. STRESS TENDON T2
1. CONSTRUIR Y VACIAR SEGMENTO 1S
2. TENSIÓNAMIENTO DE TENDÓN T2

STAGE 3E

- ETAPA 3E**
1. LAUNCH FROM TRAVELER ONTO SEGMENT 2N
 2. LAUNCH FROM TRAVELER ONTO SEGMENT 2S
1. COLOCAR FORMALETA MAJERA DEL SEGMENTO 2N
2. COLOCAR FORMALETA MAJERA DEL SEGMENTO 2S

STAGE 3F

- ETAPA 3F**
1. CONTINUE STAGES 3C AND 3D FOR REMAINING SEGMENTS
1. CONTINUAR ETAPAS 3C Y 3D PARA SEGMENTOS RESTANTES



LEYENDA

- JACKING END ← EXTREMO DE ESTRAMIENTO
 DEAD END ← EXTREMO MUERTO

Notas:
 1. PARA OTRAS ETAPAS VER HOJA "SECUENCIA DE CONSTRUCCION 1"

Referencias:

Descripción	APROBADO SIN COMPROBACION	Col. 1	Fecha
.....	APROBADO CON COMPROBACION	Col. 2	
.....	REVISADO Y REVISADO	Col. 3	

01	25-Abr-12	APROBADO PARA CONSTRUCCION	TYL	TYL	MCO	MM
0A	07-May-12	EMITIDO PARA REVISION	TYL	TYL	MCO	MM

Rev: Fecha: Descripción de la revisión: PREP: REV: VERIF: APROB:

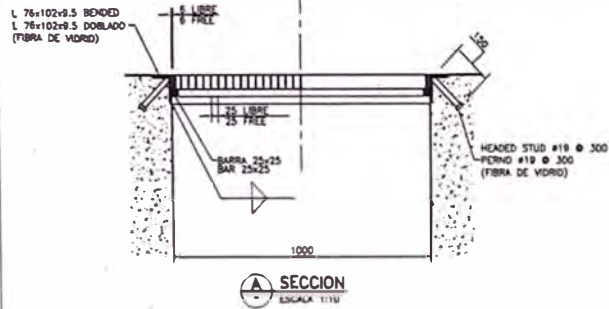
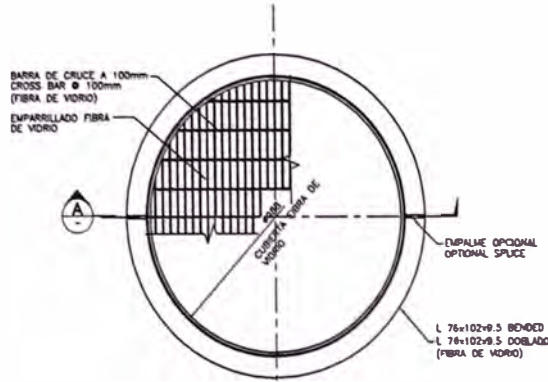
Cliente: Dirección: Proyecto:

Proyecto: EJECUCIÓN DE LAS OBRAS CIVILES Y ELECTROMECÁNICAS DEL SISTEMA ELÉCTRICO DE TRANSPORTE MASIVO DE LIMA Y CALLAO LINEA 1, TRAMO 2, AV. GRAU - SAN JUAN DE LURIGANCHO

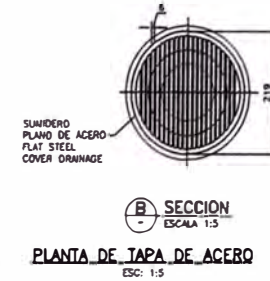
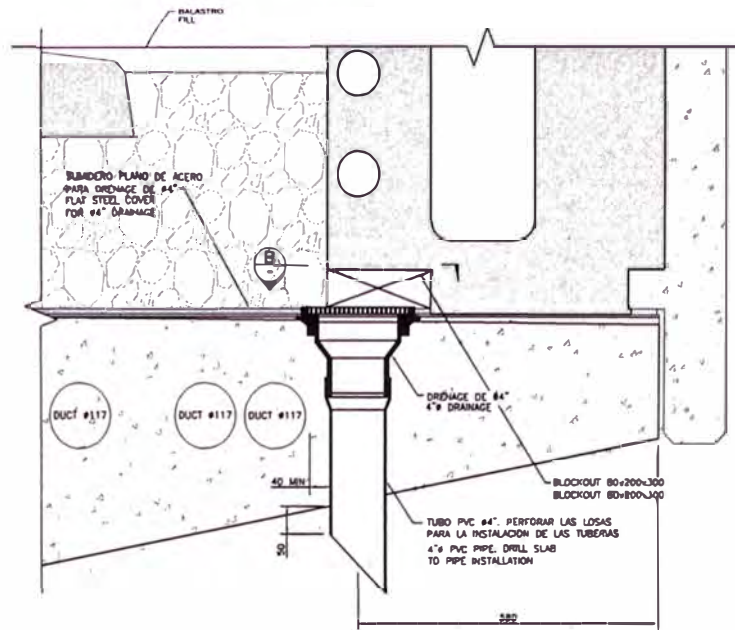
C.T.E.L.T.Y.L.P.V.E.E.S.T.D.W.G.3.2.5.4.0.1

Proyecto: PUENTE SOBRE VIA EVITAMIENTO SECUENCIA DE CONSTRUCCION 2

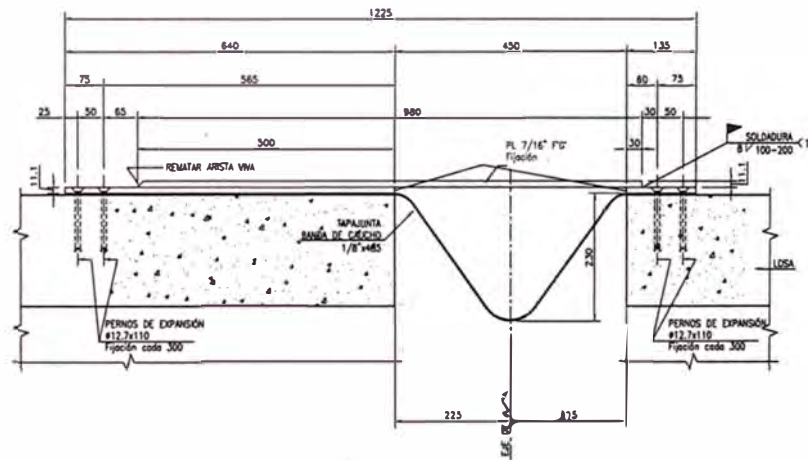
INDICADA



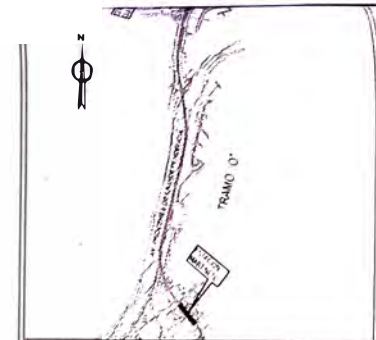
DETALLE DE BOCA DE VISITA
ESC: 1:10



DETALLE DE DRENAGE DE AGUAS DE LLUVIA
ESC: 1:5



DETALLE DE JUNTA DE DILATACION
ESC: 1:5



LEYENDA

Notas:
1.- PARA LOCALIZAR EL DRENAGE, VER HOJA DE SECCION TIPICA

Supervisor:	APROBADO POR COORDINADOR	Cal. 1	Firma:
*****	APROBADO POR COORDINADOR	Cal. 2	
REVISOR	REVISOR Y REDACTAR	Cal. 3	

02-27-Jul-12	APROBADO PARA CONSTRUCCION	TYL	TYL	MCO	WM
01-25-Jun-12	APROBADO PARA CONSTRUCCION	TYL	TYL	MCO	WM
04-07-May-12	EMITIDO PARA REVISION	TYL	TYL	MCO	WM

Rev.	Fecha	Descripción de la revisión	PREP.	REV.	VERIF.	APROB.

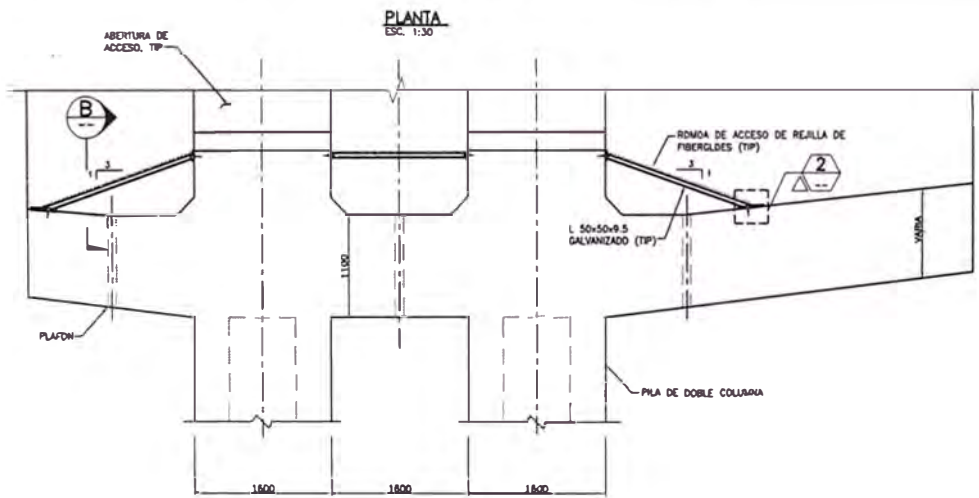
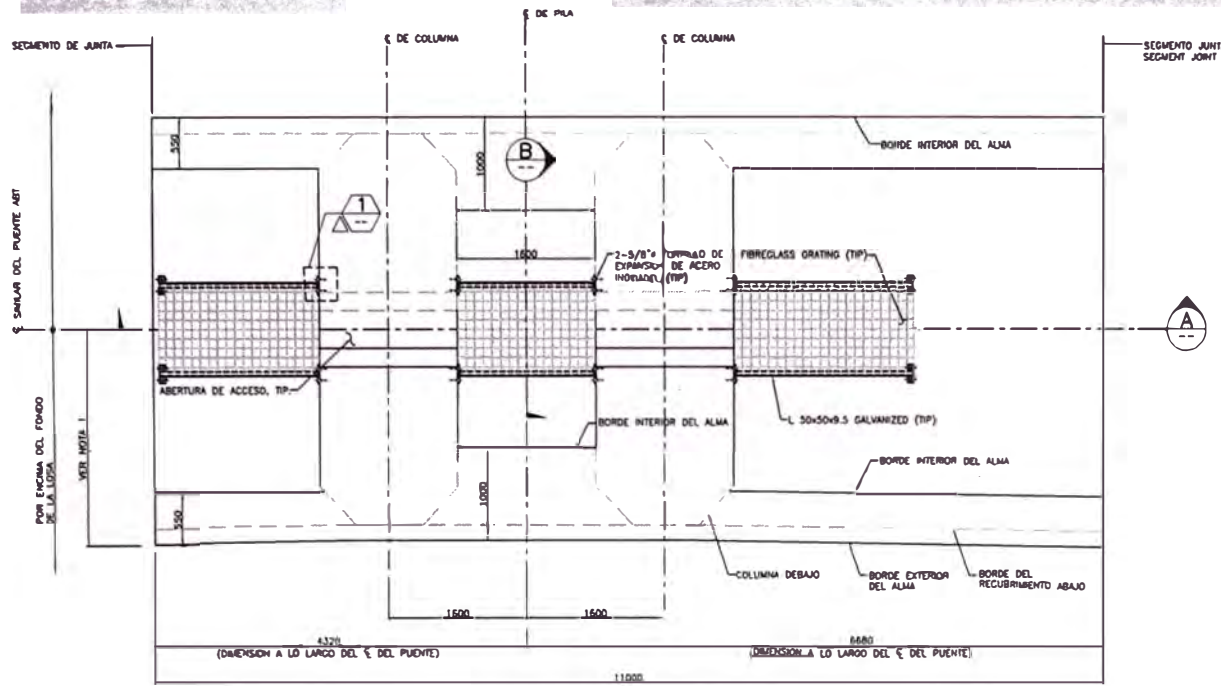
Proyecto: EJECUCIÓN DE LAS OBRAS CIVILES Y ELECTROMECÁNICAS DEL SISTEMA ELÉCTRICO DE TRANSPORTE MASIVO DE LIMA Y CALLAO LINEA 1, TRAMO 2, AV. GRAU - SAN JUAN DE LURIGANCHO

01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12
C	T	E	L	E	C	T	R	I	C	O	1

Plant: PUENTE SOBRE VIA EVITAMIENTO
Miscellaneous Details 1

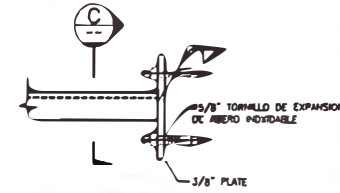
INDICADA

L:\Sistema 01 - Caminos de Evitamiento\PROYECTO_VIA_EVITAMIENTO\PLANTAS_CENTRO\TRAMO_2\T2_1\T2_1_PVC_EST_IPM_32341_01.dwg

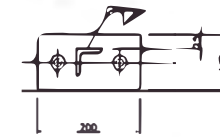


A ELEVACIÓN
ESCALA 1:30

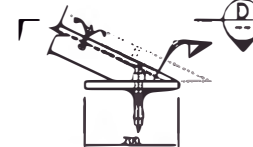
TORNILLO TÍPICO DE REJILLA
ESCALA 1:3.5



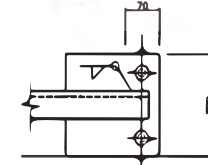
1 DETALLE
ESCALA 1:5



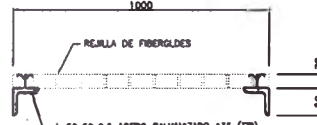
C SECCIÓN
ESCALA 1:5



2 DETALLE
ESCALA 1:5



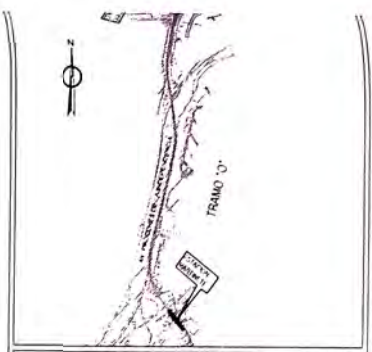
D SECCIÓN
ESCALA 1:5



B SECCIÓN
ESCALA 1:10

TABLA DE DOBLECES - ACERO fy 4200

GANCHOS			ESQUEMA			ESTRIBOS			ESQUEMA		
N°	Ø (pulg)	lc (cm)	lc (cm)	a1 (cm)	lc (cm)	N°	Ø (pulg)	lc (cm)	lc (cm)	a1 (cm)	lc (cm)
3	3/8"	6.0	4.0	4.0	3	3/8"	4.0	3.0	3.0	3.0	3.0
4	1/2"	7.0	5.0	5.0	4	1/2"	5.0	4.0	4.0	4.0	4.0
5	3/8"	8.0	7.0	7.0	4	3/8"	7.0	5.0	5.0	5.0	5.0
6	3/4"	11.0	8.0	8.0	5	3/4"	7.0	6.0	6.0	6.0	6.0
7	7/8"	13.0	9.0	9.0	7	7/8"	11.0	8.0	8.0	8.0	8.0
8	1"	14.0	11.0	11.0	8	1"	13.0	9.0	9.0	9.0	9.0
10	1 1/4"	23.0	18.0	18.0	8	1 1/4"	14.0	11.0	11.0	11.0	11.0
11	1 3/8"	28.0	18.0	18.0	-	-	-	-	-	-	-



LEYENDA

VÁLIDO PARA LAS SIGUIENTES PLANES:
016 y 017

- 1 RAMPA DE ACCESO DEBE RESISTIR UNA CARGA VIVA DE 490 kg/m² O 140 KC DE CARGA CONCENTRADA. CUALQUIERA DE LAS DOS DEBE GOBERNAR.
- 2 TORNOS LOS ANCLAJES DE ACERO Y PLATOS DE CONEXION DEBEN SER GALVANIZADOS.

Referencias:

Supervisión:	APROBADO CON COMENTARIOS	CM.1	Fecha:
*****	APROBADO CON COMENTARIOS	CM.2	
CEBEL	REVISAR Y REBASAR	CM.3	

01/25-Sol-12	APROBADO PARA CONSTRUCCIÓN	TYL	TYL	MCO	WVI	
04/27-Jul-12	EMITIDO PARA REVISIÓN	TYL	TYL	MCO	WVI	
Plan:	Fecha:	Descripción de la revisión:	PREP.	REV.	VERIF.	APROB.
04/28/2012						

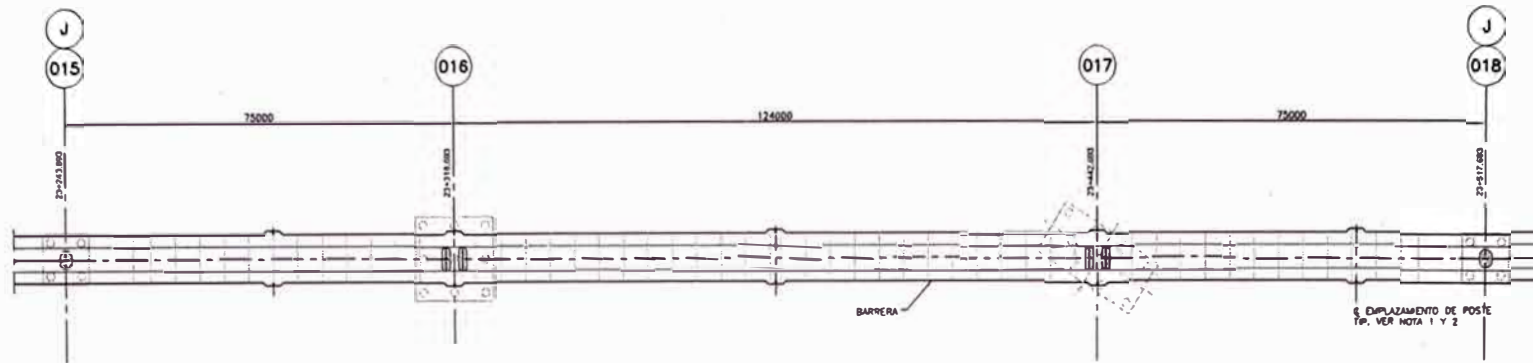
Logos for MTC, ODEBRECHT, and other project partners.

Proyecto: EJECUCIÓN DE LAS OBRAS CIVILES Y ELECTROMECANICAS DEL SISTEMA ELÉCTRICO DE TRANSPORTE MASIVO DE LIMA Y CALLAO LINEA 1, TRAMO 2, AV. GRAU - SAN JUAN DE LURIGANCHO

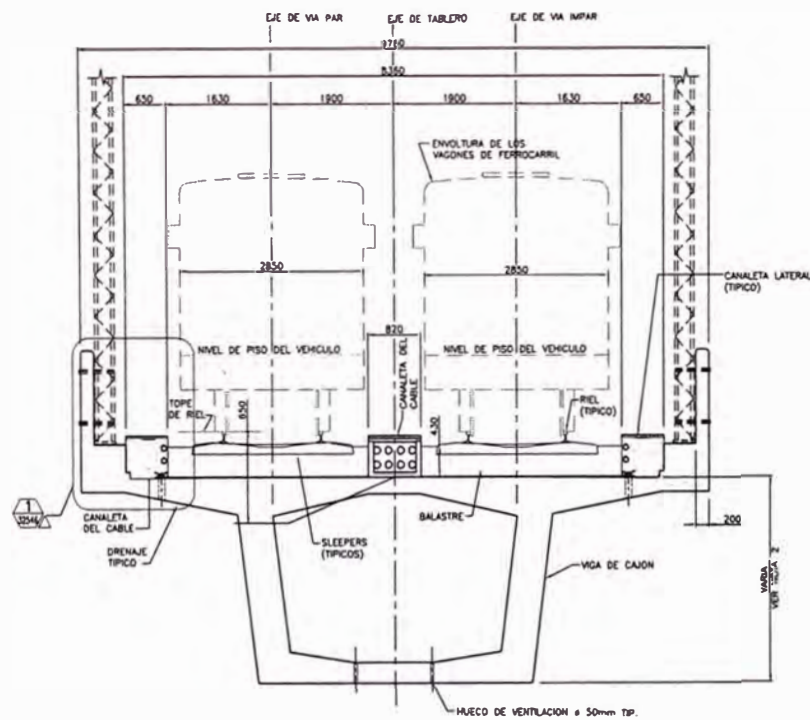
Plan: PUNTE SOBRE VIA EVITAMIENTO MISCELLANEOUS DETALLE 3

Escala: 1:30

A:\PROYECTOS\1 - VEHICULOS MASIVOS\PLANOS CAD - PBR - REV 01/12/12 - 12/FACED - TIT - MFC - EST - PBR - 32144 - 01.dwg



LOCALIZACIÓN DE POSTES SOBRE PUENTE HUASCAR
ESC: 1:300



SECCIONES TÍPICAS
ESC: 1:40



LEYENDA

- Notas:
- 1- PARA LA LOCALIZACION DE LOS POSTES VER PLANO DE DESPLAZAMIENTO DE POSTES VIA PRINCIPAL
 2. LOS POSTES NO DEBE ESTAR LOCALIZADOS A MENOS DE 10m DE LA JUNTA DE EXPANSION.

Referencias:

Elaborado:	APROBADO EN CONDICIONES:	PROYECTISTA:	FECHA:
*****	APROBADO CON COMENTARIOS:	CMG. 2	
*****	REVISAR Y REBASAR:	CMG. 3	

01-25-Sel-12	APROBADO PARA CONSTRUCCIÓN	TYL	TYL	MCO	WVI
DA-27-BL-12	EMITIDO PARA REVISIÓN	TYL	TYL	MCO	WVI

Proy.:	Febr. 00-ARABALA	Descripción de la revisión:	PREP.	REV.	VERIF.	APROB.
--------	------------------	-----------------------------	-------	------	--------	--------

Proyecto: EJECUCIÓN DE LAS OBRAS CIVILES Y ELECTROMECÁNICAS DEL SISTEMA ELÉCTRICO DE TRANSPORTE MASIVO DE LIMA Y CALLAO LINEA 1, TRAMO 2, AV. GRAU - SAN JUAN DE LURIGANCHO

Código: C.T.E.L.T.Y.L.P.V.E.E.S.T.D.W.G.3.2.5.4.50.A

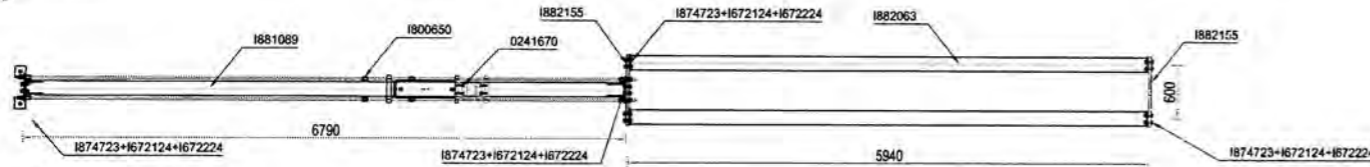
Nombre: PUENTE SOBRE VIA EVITAMIENTO MISCELLANEOUS DETALLE 4

INDICADA

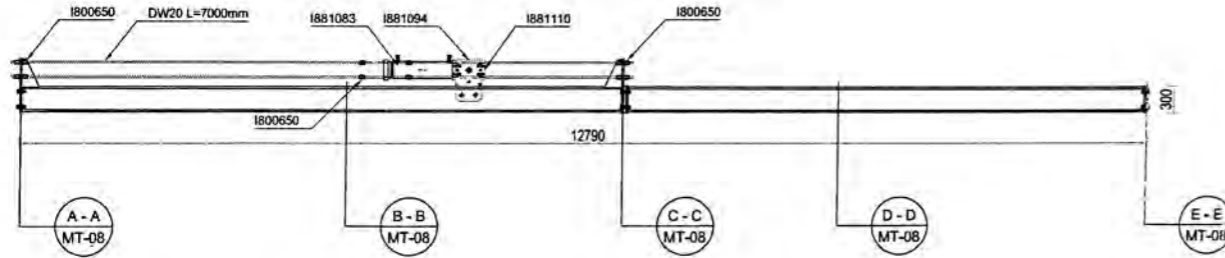
MONTAJE DE RIEL

2 PIEZAS POR ESTRUCTURA PRINCIPAL

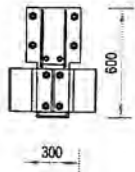
VISTA DE PLANTA
ESCALA 1:40



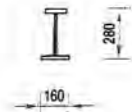
SECCIÓN LONGITUDINAL
ESCALA 1:40



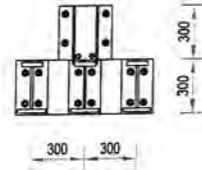
SECCIÓN A-A
ESCALA 1:20



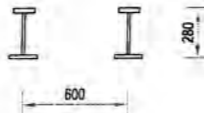
SECCIÓN B-B
ESCALA 1:20



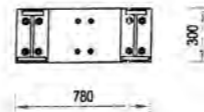
SECCIÓN C-C
ESCALA 1:20



SECCIÓN D-D
ESCALA 1:20



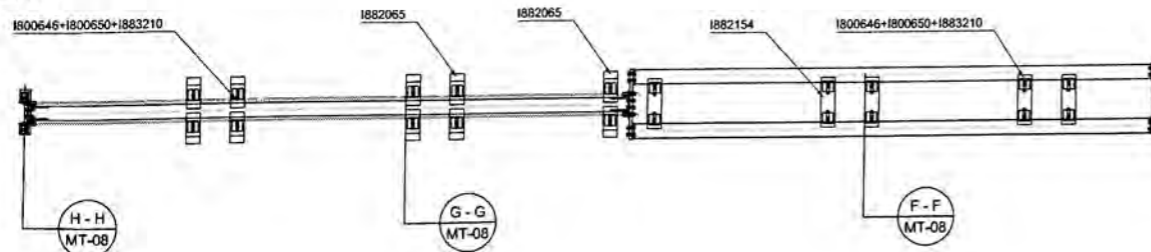
SECCIÓN E-E
ESCALA 1:20



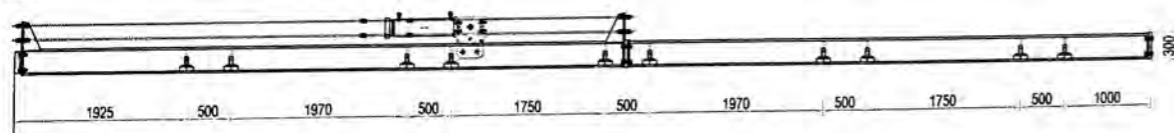
ANCLAJE DE RIEL

2 PIEZAS POR ESTRUCTURA PRINCIPAL

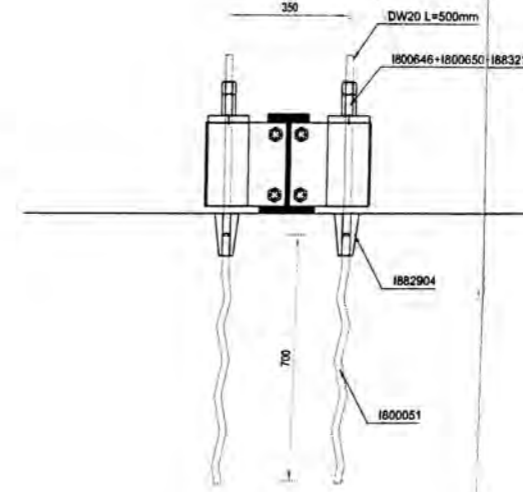
VISTA DE PLANTA
ESCALA 1:40



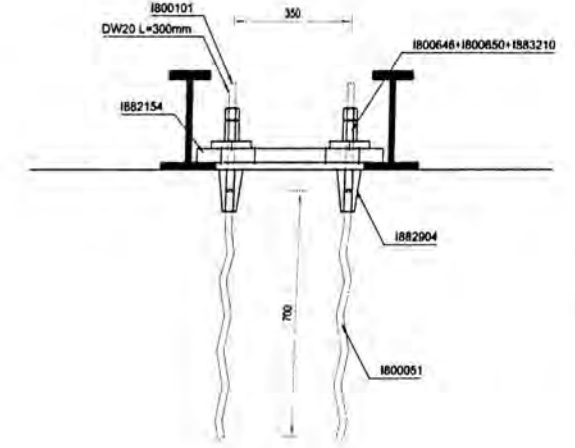
SECCIÓN LONGITUDINAL
ESCALA 1:40



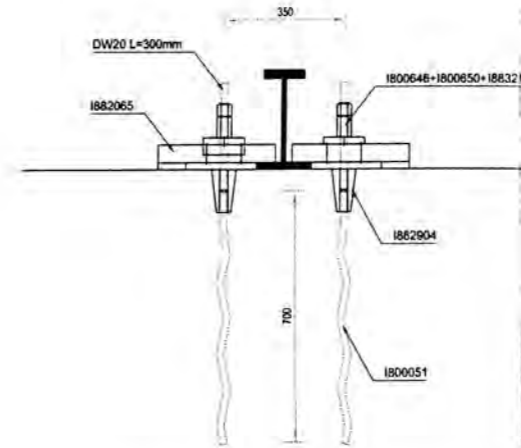
SECCIÓN H-H
ESCALA 1:10



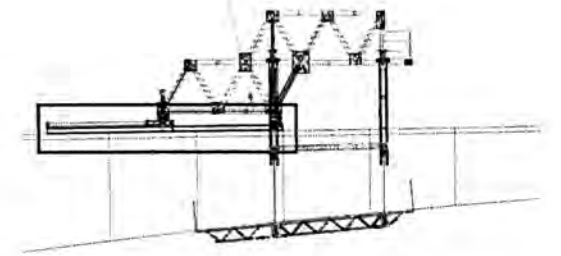
SECCIÓN F-F
ESCALA 1:10



SECCIÓN G-G
ESCALA 1:10



ESTRUCTURA PRINCIPAL
S/E



MOVIMIENTO DE RIEL CADA POSICIÓN			
CODIGO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	kg / pieza
0241670	TORN. EXAG. M16X70 DIN-933-B.8C	8	0.14
1672124	TUERCA M24 UNI 5588	8	0.17
1672224	ARANDELA M24 UNI 5592	8	0.03
1800102	BARRA ANCLAJE DW20 L=7000MM	4	17.30
1800101	BARRA ANCLAJE DW20 L=30 CM	24	0.71
1800646	TUERCA RETENCION DW20 SW36 L30	24	0.46
1800650	TUERCA DW20 SW36 L60	24	0.46
1883210	PLACA DW20 200/200/25 D24	24	7.24
1874723	TORNILLO M24X80 UNI 5737-8.8	24	0.38
1881083	GATO DE 30T-520C (AVANCE)	2	25.00
1882904	CONO PLASTICO-ACERO DW20	44	0.91
1881089	CARRIL SIMPLE L=6.79 M	2	560.00
1881094	TREN TRASERO RODADURA	2	101.85
1881110	PLACA GUIA RODADURA TRAS.	2	18.38
1882063	CARRIL DOBLE L=6.9	2	491.25
1882065	FIJACION CARRIL SIMPLE	44	23.36
1882154	FIJACION CARRIL DOBLE	10	27.30
1882155	PLACA TESTA ATADO CARRILES	4	55.74
1800051	ANCLAJE ONDULADO DW20 L=700CM	44	1.92

APTO PARA SU REVISIÓN

REVISIÓN

ELABORADO POR: []

VERIFICADO POR: []

APROBADO POR: []

FECHA: []

PROYECTO: []

CLIENTE: []

UBICACIÓN: []

ESCALA: []

HOJA: []

TOTAL: []

CONEXIÓN TREN ELÉCTRICO

MONTAJE DEL RIEL EN CADA POSICIÓN

DEL RECORRIDO

ELABORADO POR: []

VERIFICADO POR: []

APROBADO POR: []

FECHA: []

PROYECTO: []

CLIENTE: []

UBICACIÓN: []

ESCALA: []

HOJA: []

TOTAL: []

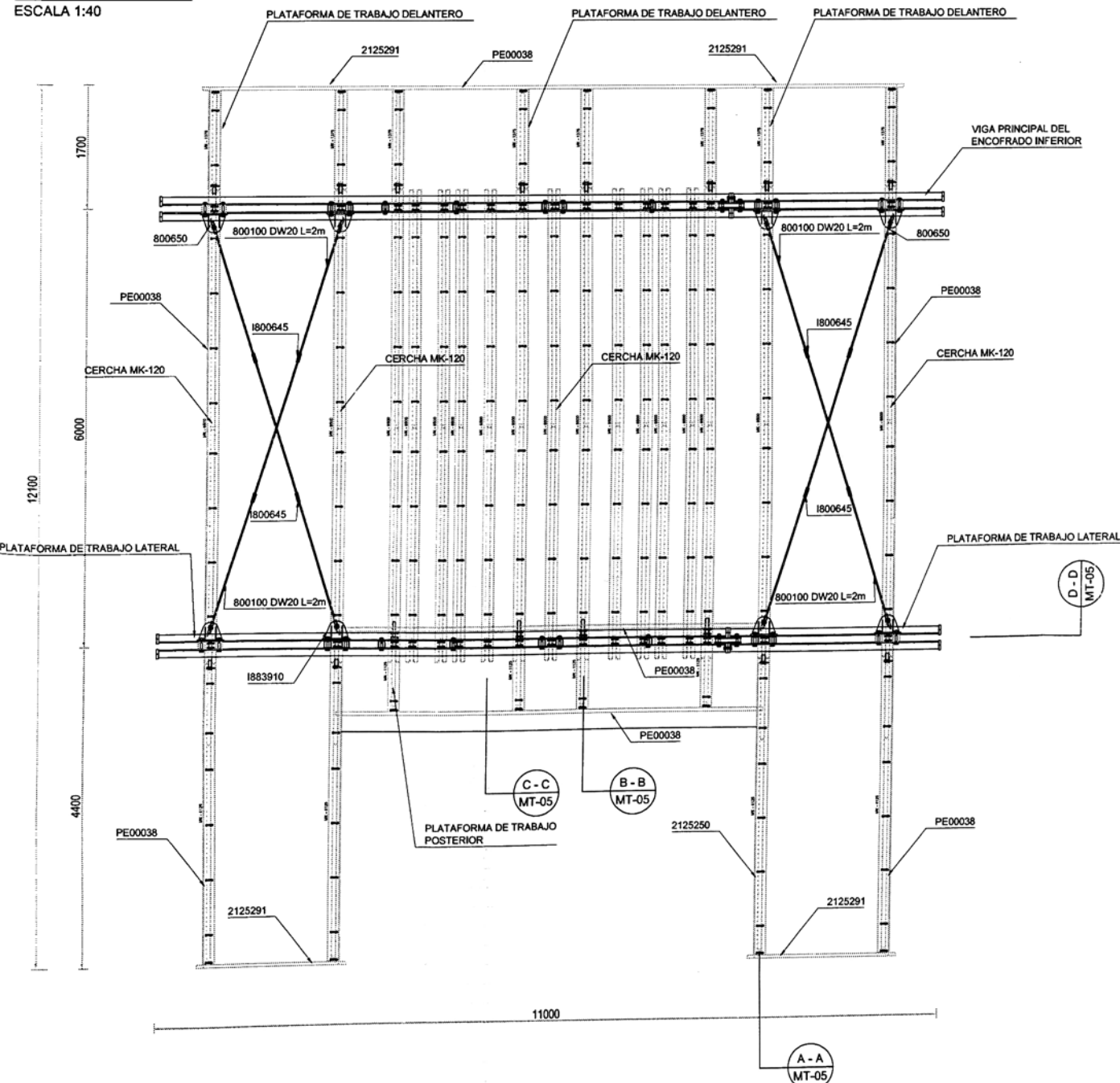
CVS: MT-01



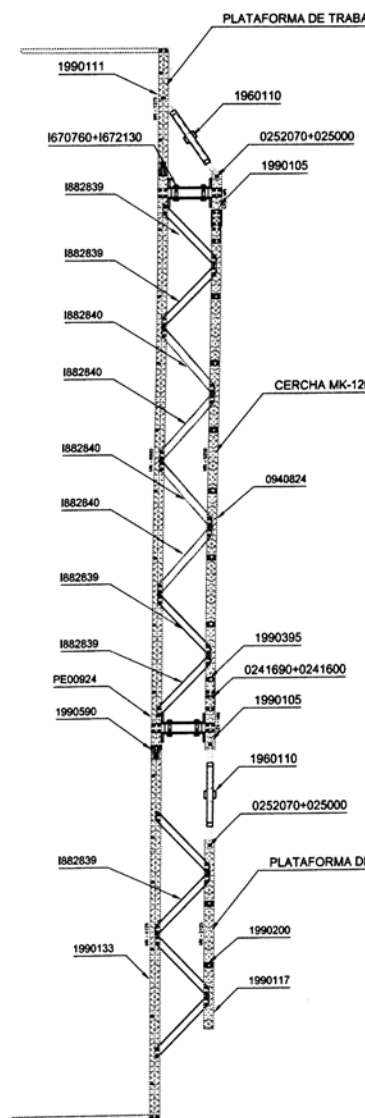
MONTAJE DEL ENCOFRADO INFERIOR

1 PIEZA POR ESTRUCTURA PRINCIPAL

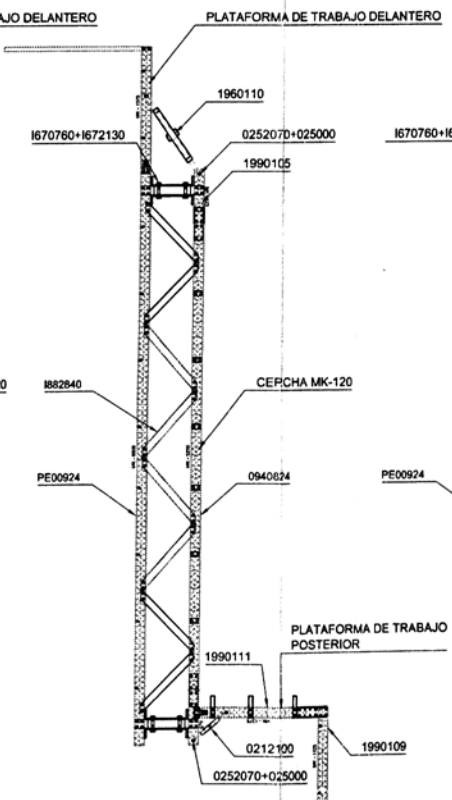
VISTA DE PLANTA
ESCALA 1:40



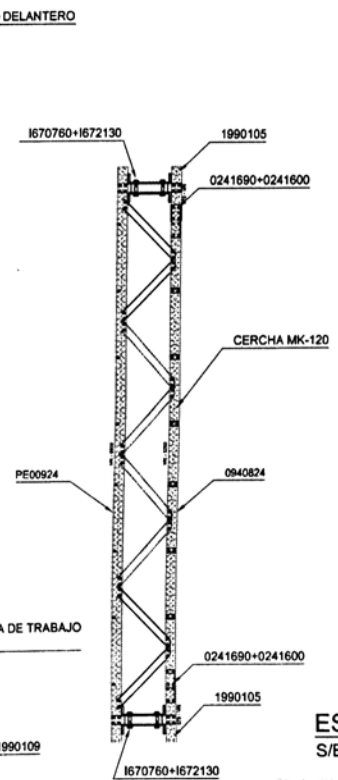
SECCIÓN A-A
ESCALA 1:40



SECCIÓN B-B
ESCALA 1:40

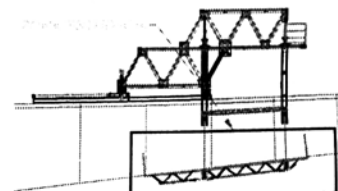


SECCIÓN C-C
ESCALA 1:40

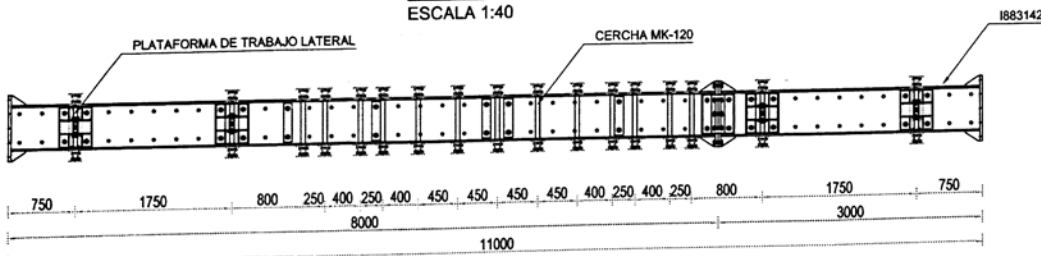


APTO PARA SU REVISIÓN

ESTRUCTURA PRINCIPAL
S/E



SECCIÓN D-D
ESCALA 1:40



ENCOFRADO DE FONDO		
CODIGO	DESCRIPCION	kg / PIEZA
1883904	TUBO BARAND MK D48/1,7	5,83
1882839	TUBO CERCHA FONDO 80X50X4/795	15,03
1882840	TUBO CERCHA FONDO 80X50X4/841	16,03
PE00038	TUBO 48 / 6	21,80
0212100	TENSOR 1" 0,36-0,52 (C20)	2,40
0241600	TUERCA M16 DIN-934-8,8	0,03
0241690	TORNILLO M16x90 DIN-931-8,8	0,17
025000	PASADOR R5	0,03
0252070	BULÓN E20x70	0,30
0940824	PERFIL MK-120 / 5,250	63,0
PE00924	PERFIL MK-120 / 6,500	79,50
1960110	TENSOR E 1-1,55	18,83
1990105	PERFIL MK-120 / 0,625	7,44
1990109	PERFIL MK-120 / 1,125	13,73
1990111	PERFIL MK-120 / 1,375	16,50
1990117	PERFIL MK-120 / 2,125	25,93
1990133	PERFIL MK-120 / 4,125	49,50
1990200	CASQUILLO MK-120/52	0,50
1990395	UNIÓN ORTOGONAL MK	6,50
1990570	CABEZAL BARANDILLA MK	0,9
1990590	NUDO AXIAL M D20 MK	1,50
2125148	ABRAZADERA FIJA 48/43	1,2
2125250	TUBO 48 / 4,1	14,6
2125291	TUBO 48 / 2,1	7,0
2125312	ENCHUFE DOBLE 48	1,3
1800100	BARRA ANCLAJE DW20 L=2000MM	5,12
1800645	MANGUITO HEX. DW20/130	0,80
1800650	TUERCA DW20 SW36 L60	0,40
1883141	PERFIL UPN-500 / 8	770,00
1883142	PERFIL UPN-500 / 3	318,00
1670760	TORNILLO M30X160 UNI 5737-8,8	1,60
1672130	TUERCA M30 UNI 5588-8,8	0,80

PROYECTO: TREN ELÉCTRICO TRAMO 2

UBICACIÓN: PUENTE SOBRE VIA DE EVITAMIENTO PUENTE HUASCAR

CLIENTE: CONSORCIO TREN ELÉCTRICO

PROYECTO: MONTAJE DEL FONDO DEL ENCOFRADO

FECHA: 21/03/2012

PROYECTISTA: CVS-MT-05

REVISOR: []

APROBADO: []

ESCALA: 1:40

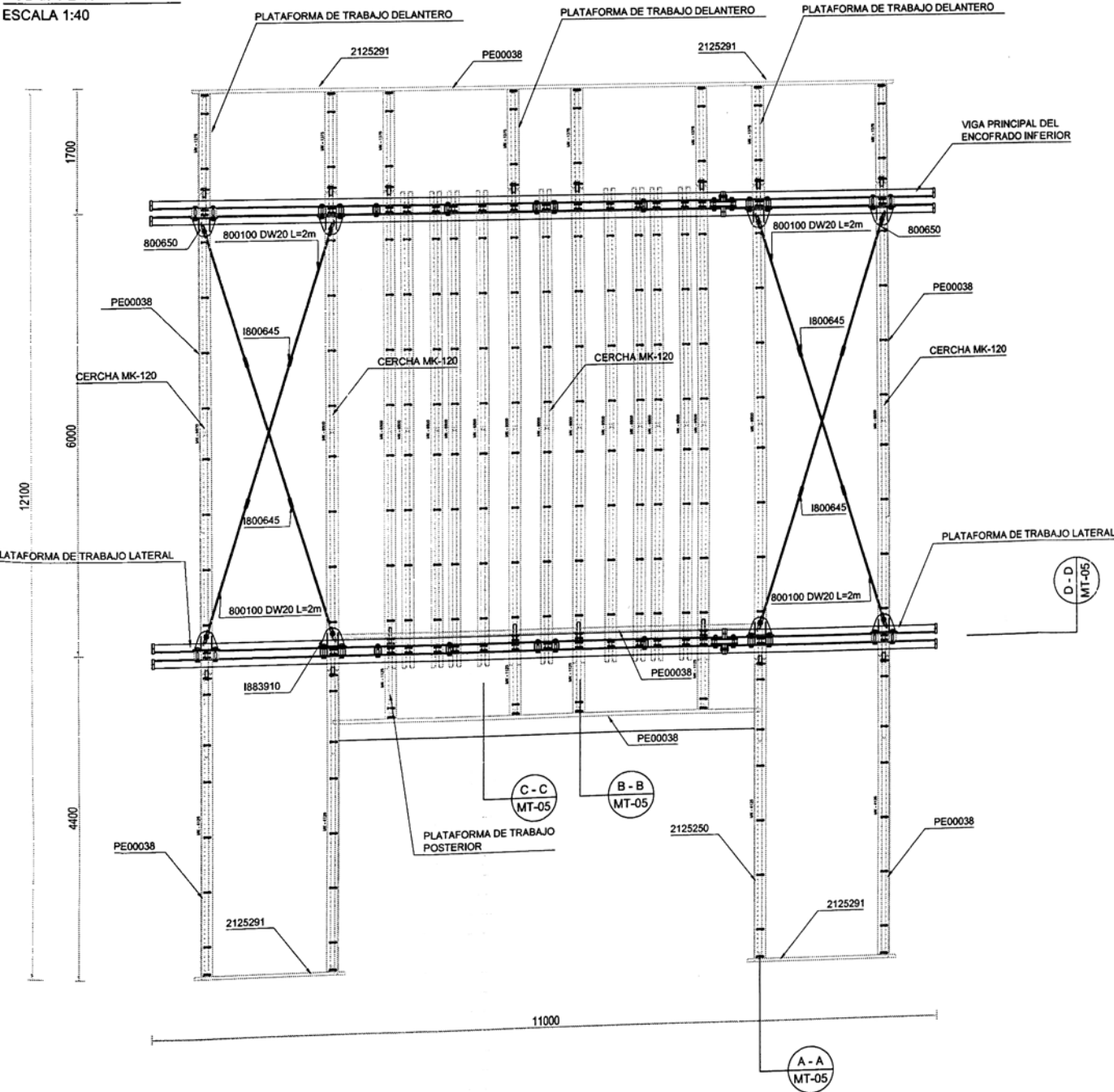
HOJA: 10 DE 10



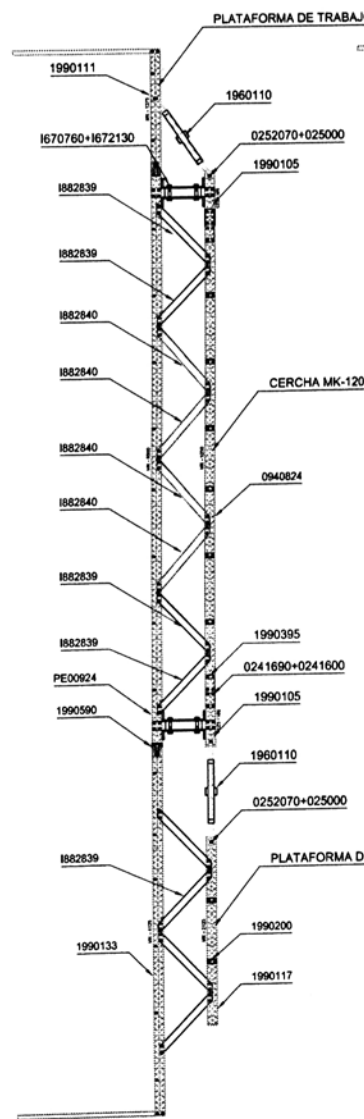
MONTAJE DEL ENCOFRADO INFERIOR

1 PIEZA POR ESTRUCTURA PRINCIPAL

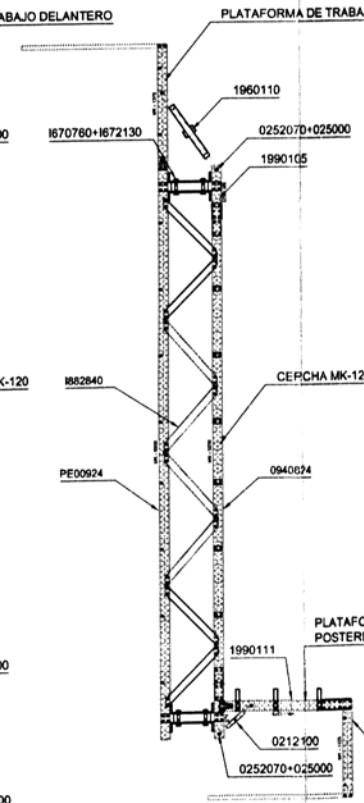
VISTA DE PLANTA
ESCALA 1:40



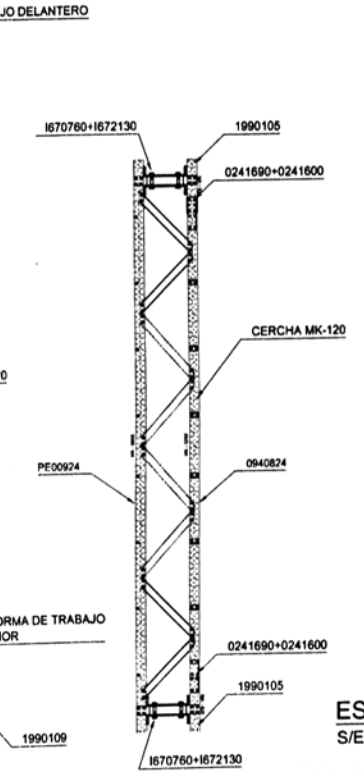
SECCIÓN A-A
ESCALA 1:40



SECCIÓN B-B
ESCALA 1:40

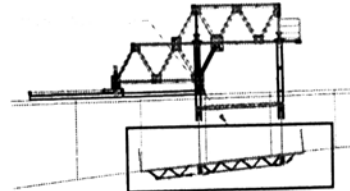


SECCIÓN C-C
ESCALA 1:40

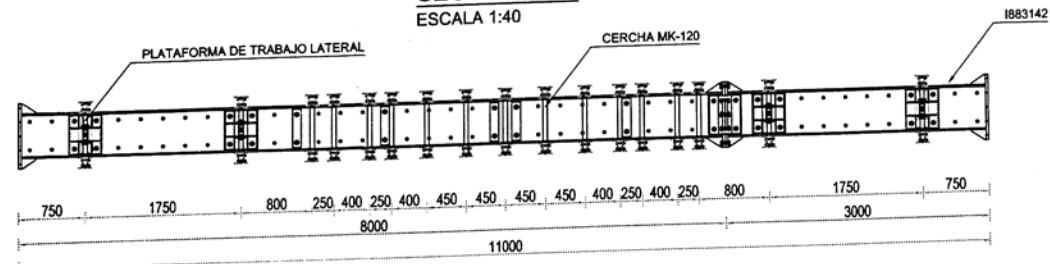


APTO PARA SU REVISIÓN

ESTRUCTURA PRINCIPAL
S/E



SECCIÓN D-D
ESCALA 1:40



ENCOFRADO DE FONDO		
CODIGO	DESCRIPCION	kg / PIEZA
1883904	TUBO BARAND MK D48x1,7	5,83
1882839	TUBO CERCHA FONDO 80X50X4/795	15,03
1882840	TUBO CERCHA FONDO 80X50X4/841	16,03
PE00038	TUBO 48 / 6	21,60
0212100	TENSOR 1" 0,36-0,52 (D20)	2,40
0241600	TUERCA M16 DIN-934-8,8	0,03
0241690	TORNILLO M16x90 DIN-931-8,8	0,17
025000	PASADOR R/5	0,03
0252070	BULÓN E20x70	0,30
0940824	PERFIL MK-120 / 5,250	63,0
PE00924	PERFIL MK-120 / 6,500	79,50
1960110	TENSOR E 1-1,55	18,83
1990105	PERFIL MK-120 / 0,625	7,44
1990109	PERFIL MK-120 / 1,125	13,73
1990111	PERFIL MK-120 / 1,375	16,50
1990117	PERFIL MK-120 / 2,125	25,93
1990133	PERFIL MK-120 / 4,125	49,50
1990200	CASQUILLO MK-120/52	0,50
1990395	UNIÓN ORTOGONAL MK	6,50
1990570	CABEZAL BARANDILLA MK	0,9
1990590	NUDO AXIAL M D20 MK	1,50
2125148	ABRAZADERA FLJA 48x43	1,2
2125250	TUBO 48 / 4,1	14,6
2125291	TUBO 48 / 2,1	7,0
2125312	ENCHUFE DOBLE 48	1,3
1800100	BARRA ANCLAJE DW20 L=2000MM	5,12
1800645	MANGUITO HEX. DW20/130	0,80
1800650	TUERCA DW20 SW36 L60	0,40
1883141	PERFIL UPN-500 / 8	770,00
1883142	PERFIL UPN-500 / 3	318,00
1670760	TORNILLO M30X160 UNI 5737-8,8	1,60
1672130	TUERCA M30 UNI 5588-8,8	0,80

INFORMACIÓN GENERAL

PROYECTO: TREN ELÉCTRICO TRAMO 2

OPERA: PUENTE SOBRE VÍA DE EVITAMIENTO PUENTE HUASCAR

CONSORCIO TREN ELÉCTRICO

MONTAJE DEL FONDO DEL ENCOFRADO

FECHA: 21/05/2013

INDICADA: 01 DE 01

ULMA

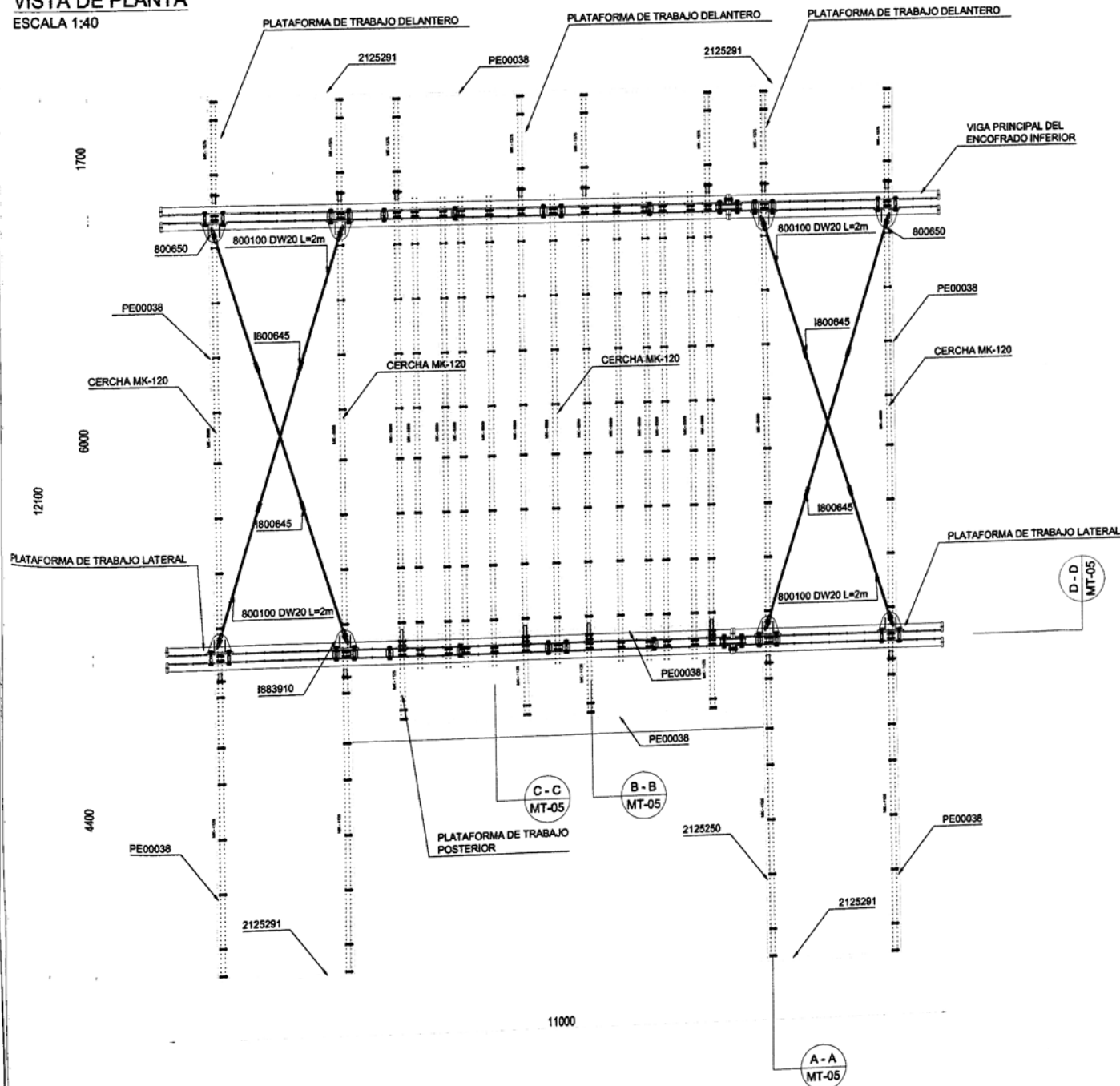
ULMA Encofrados Perú S.A.

Av. Argentina 2883 Lima, Central: 0114-700

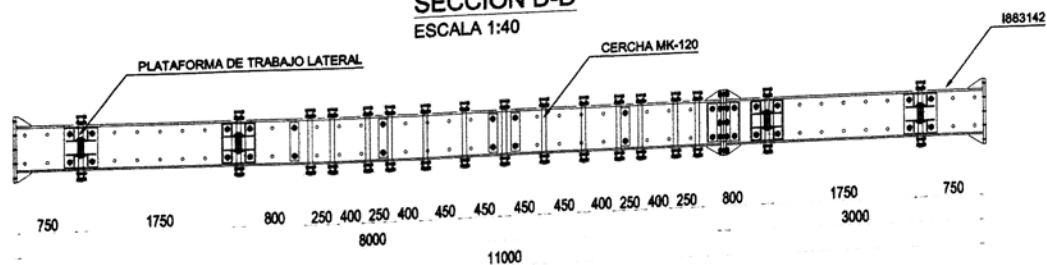
MONTAJE DEL ENCOFRADO INFERIOR

1 PIEZA POR ESTRUCTURA PRINCIPAL

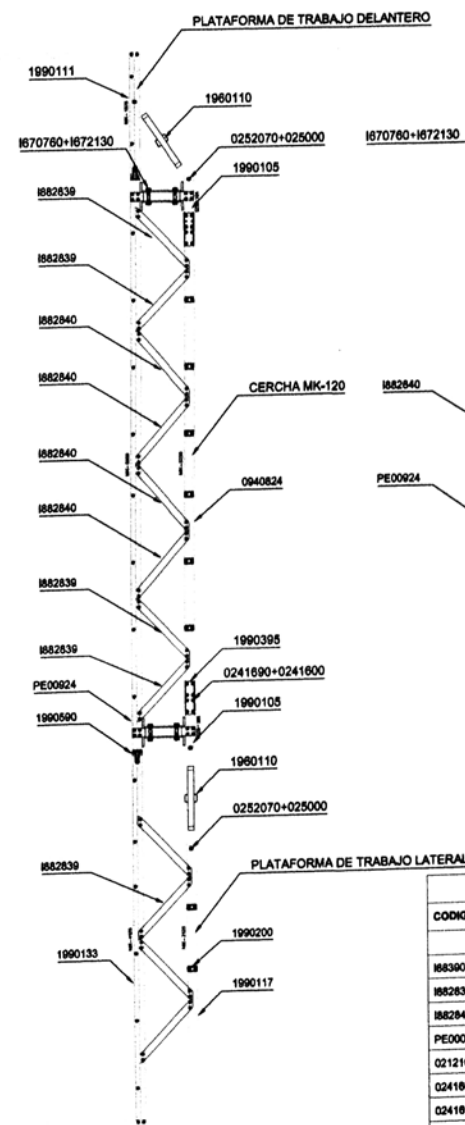
VISTA DE PLANTA
ESCALA 1:40



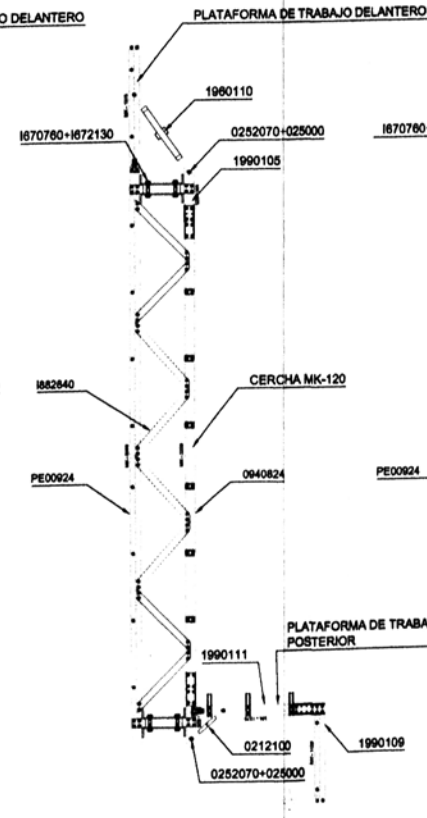
SECCIÓN D-D
ESCALA 1:40



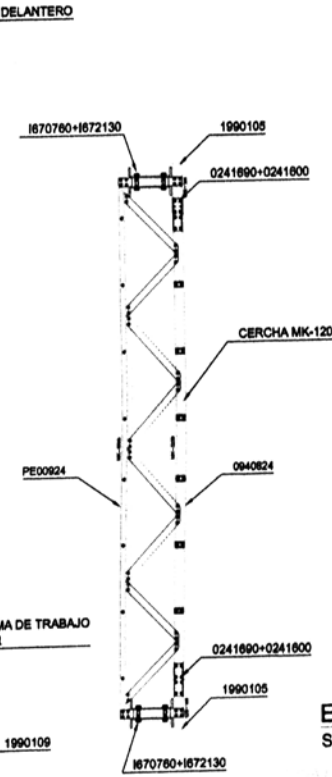
SECCIÓN A-A
ESCALA 1:40



SECCIÓN B-B
ESCALA 1:40

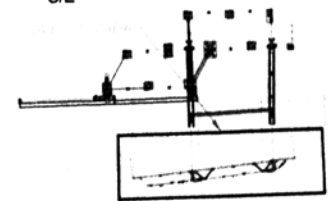


SECCIÓN C-C
ESCALA 1:40



APTO PARA SU REVISIÓN

ESTRUCTURA PRINCIPAL
S/E



ENCOFRADO DE FONDO		
CODIGO	DESCRIPCION	kg / PIEZA
1883904	TUBO BARAND MK D48/1,7	6,83
1882839	TUBO CERCHA FONDO 80X80X4/795	16,03
1882840	TUBO CERCHA FONDO 80X80X4/841	16,03
PE00038	TUBO 48 / 8	21,80
0212100	TENSOR 1" 0.36-0.52 (D20)	2,40
0241600	TUERCA M16 DIN-934-8.8	0,03
0241690	TORNILLO M16x90 DIN-934-8.8	0,17
025000	PASADOR R/5	0,03
0252070	BULÓN E20x70	0,30
0940824	PERFIL MK-120 / 5,250	63,0
PE00024	PERFIL MK-120 / 6,500	79,50
1990110	TENSOR E 1-1,55	18,83
1990105	PERFIL MK-120 / 0,825	7,44
1990109	PERFIL MK-120 / 1,125	13,73
1990111	PERFIL MK-120 / 1,375	16,50
1990117	PERFIL MK-120 / 2,125	25,93
1990133	PERFIL MK-120 / 4,125	49,50
1990200	CASQUILLO MK-120/52	0,80
1990395	UNIÓN ORTOGONAL MK	6,90
1990570	CABEZAL BARANDILLA MK	0,9
1990590	NUDO AXIAL M D20 MK	1,50
2125148	ABRAZADERA FLJA 48/48	1,2
2125250	TUBO 48 / 4,1	14,8
2125291	TUBO 48 / 2,1	7,0
2125312	ENCHUFE DOBLE 48	1,3
1800100	BARRA ANCLAJE DW20 L=2000MM	5,12
1800645	MANGUITO HEX. DW20/190	0,80
1800650	TUERCA DW20 SW38 L80	0,40
1883141	PERFIL UPN-500 / 8	770,00
1883142	PERFIL UPN-500 / 3	318,00
1870760	TORNILLO M30X160 UNI 5737-8.8	1,60
1872130	TUERCA M30 UNI 5568-8.8	0,80

DECLARACION DE RESPONSABILIDAD
 El presente proyecto de obra ha sido elaborado por el Sr. [Nombre] Ingeniero Civil, quien declara que el mismo cumple con los requisitos técnicos y normativos exigidos para la ejecución de la obra.
 Fecha: 10 FEB 2013
 Firmado: [Firma]

ULMA
 ULMA Encofrados Perú S. A.
 Alameda 2883 Lima, Central 613-6700

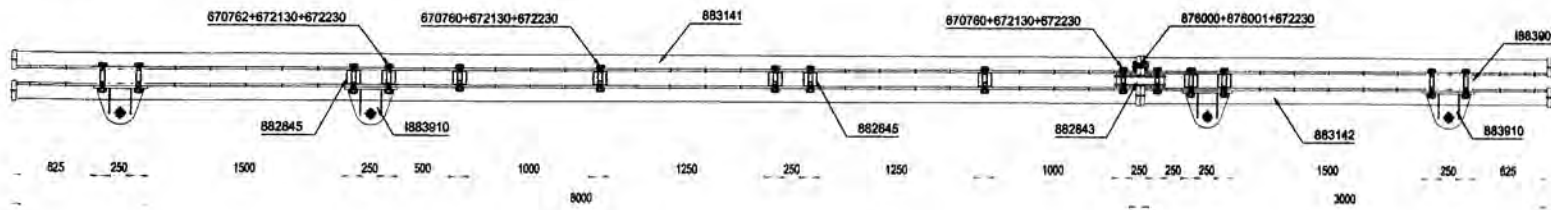
TREN ELÉCTRICO TRAMO 2
 PUENTE SOBRE VÍA DE EVITAMIENTO
 PUENTE HUANCA
 CONSORCIO TREN ELÉCTRICO
 MONTAJE DEL FONDO DEL ENCOFRADO

CVS-MT-05
 00

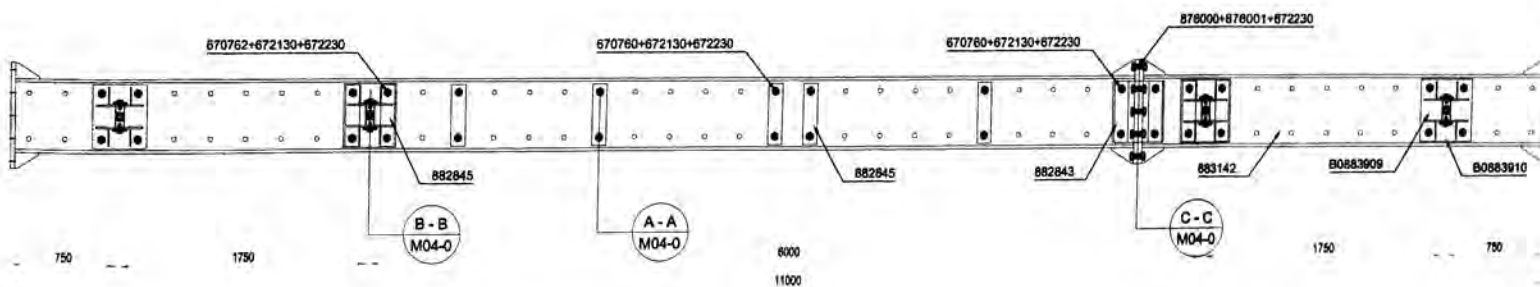
MONTAJE DE LA VIGA PRINCIPAL INFEROR

2 PIEZAS POR ESTRUCTURA PRINCIPAL

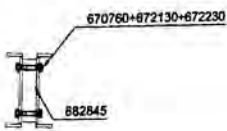
VISTA DE PLANTA
Scale 1:25



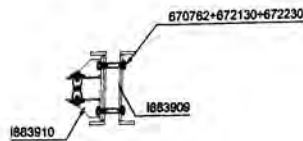
SECCIÓN LONGITUDINALMENTE
ESCALA 1:25



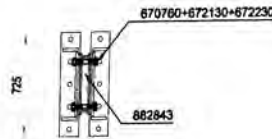
SECCIÓN A-A
ESCALA 1:25



SECCIÓN B-B
ESCALA 1:25



SECCIÓN C-C
ESCALA 1:25

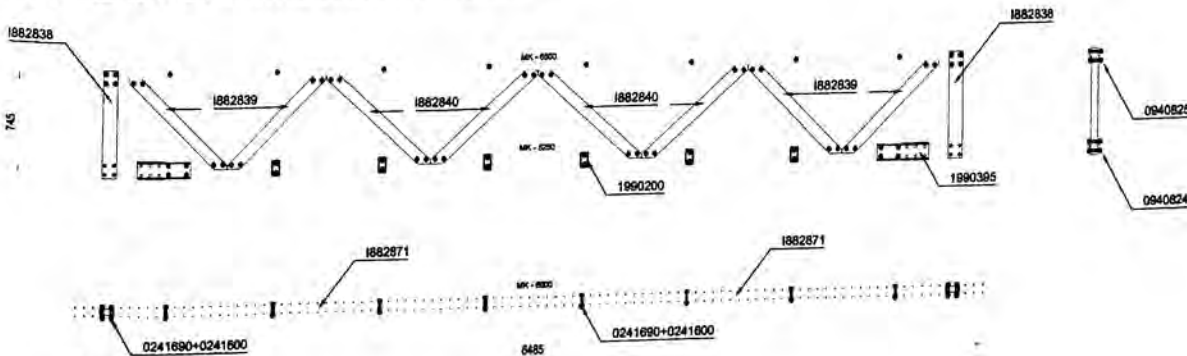


MONTAJE ENCOFRADO INFERIOR

ESCALA 1:25

REFUERZO INFERIOR

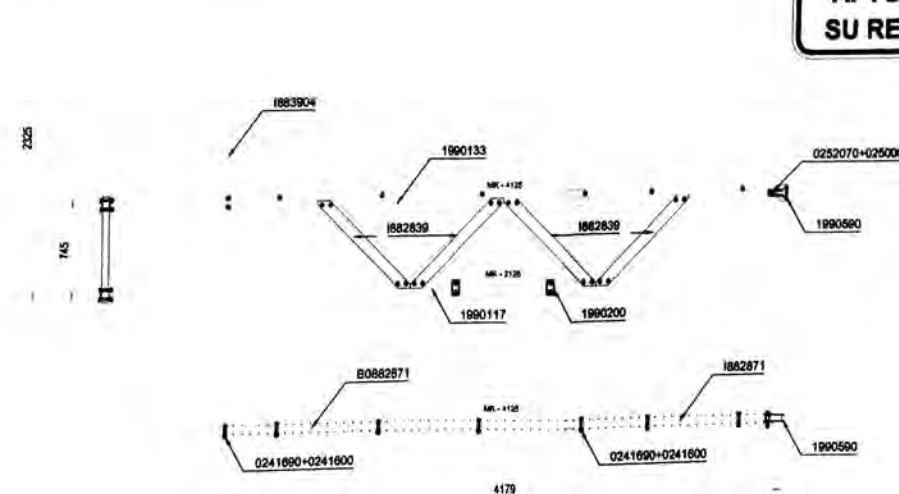
17 PIEZAS POR ESTRUCTURA PRINCIPAL



PLATAFORMA DE TRABAJO LATERAL

4 PIEZAS POR ESTRUCTURA PRINCIPAL

ESCALA 1:25

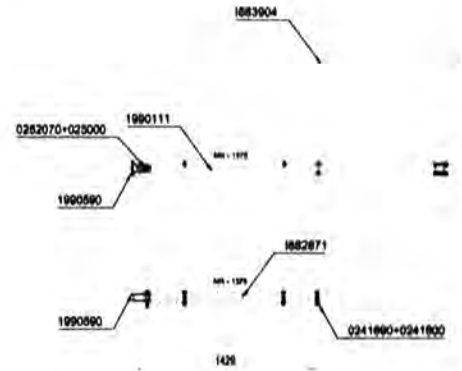


APTO PARA SU REVISIÓN

ENCOFRADO DE FONDO		
CODIGO	DESCRIPCION	kg / PIEZA
883904	TUBO BARAND MK 04x1,7	5,83
882838	TUBO CERCHA FONDO 80X80X4/75	18,03
882840	TUBO CERCHA FONDO 80X80X4/84	18,03
PE00036	TUBO 48 / 8	21,80
0212100	TENBOR 1" 0,36-0,82 (D20)	2,40
0241600	TUERCA M18 DIN-934-8,8	0,03
0241690	TORNILLO M18x90 DIN-931-8,8	0,17
025000	PASADOR R/S	0,03
0252070	BULÓN E20x70	0,30
0940824	PERFIL MK-120 / 8,250	83,0
PE00924	PERFIL MK-120 / 8,500	79,90
1990110	TENSOR E 1-1,58	18,63
1990108	PERFIL MK-120 / 0,825	7,44
1990109	PERFIL MK-120 / 1,125	13,73
1990111	PERFIL MK-120 / 1,375	16,50
1990117	PERFIL MK-120 / 2,125	25,03
1990133	PERFIL MK-120 / 4,125	49,50
1990200	CASQUILLO MK-120/82	0,80
1990395	UNIÓN ORTOGONAL MK	8,90
1990570	CABEZAL BARANDILLA MK	0,9
1990590	NUDO AXIAL M D20 MK	1,80
2125148	ABRAZADERA FIJA 48/48	1,2
2125250	TUBO 48 / 4,1	14,8
2125291	TUBO 48 / 2,1	7,0
2125312	ENCHUFE DOBLE 48	1,3
8001100	BARRA ANCLAJE DW20 L=2000MM	5,12
800645	MANGUITO HEX. DW20/130	0,80
800650	TUERCA DW20 SW38 L50	0,40
883141	PERFIL UPN-600 / 8	770,00
883142	PERFIL UPN-600 / 3	318,00
870760	TORNILLO M30X190 LNH 8737-8,8	1,80
872130	TUERCA M30 LNH 3588-8,8	0,80

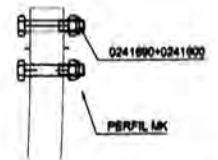
PLATAFORMA DE TRABAJO FRONTAL

8 PIEZAS POR ESTRUCTURA PRINCIPAL

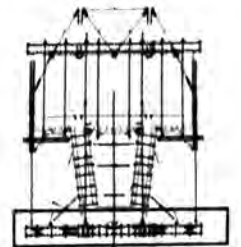


DETALLES DE CONEXIÓN

CONEXIÓN "A"
ESCALA 1:5



ESTRUCTURA PRINCIPAL
S/E

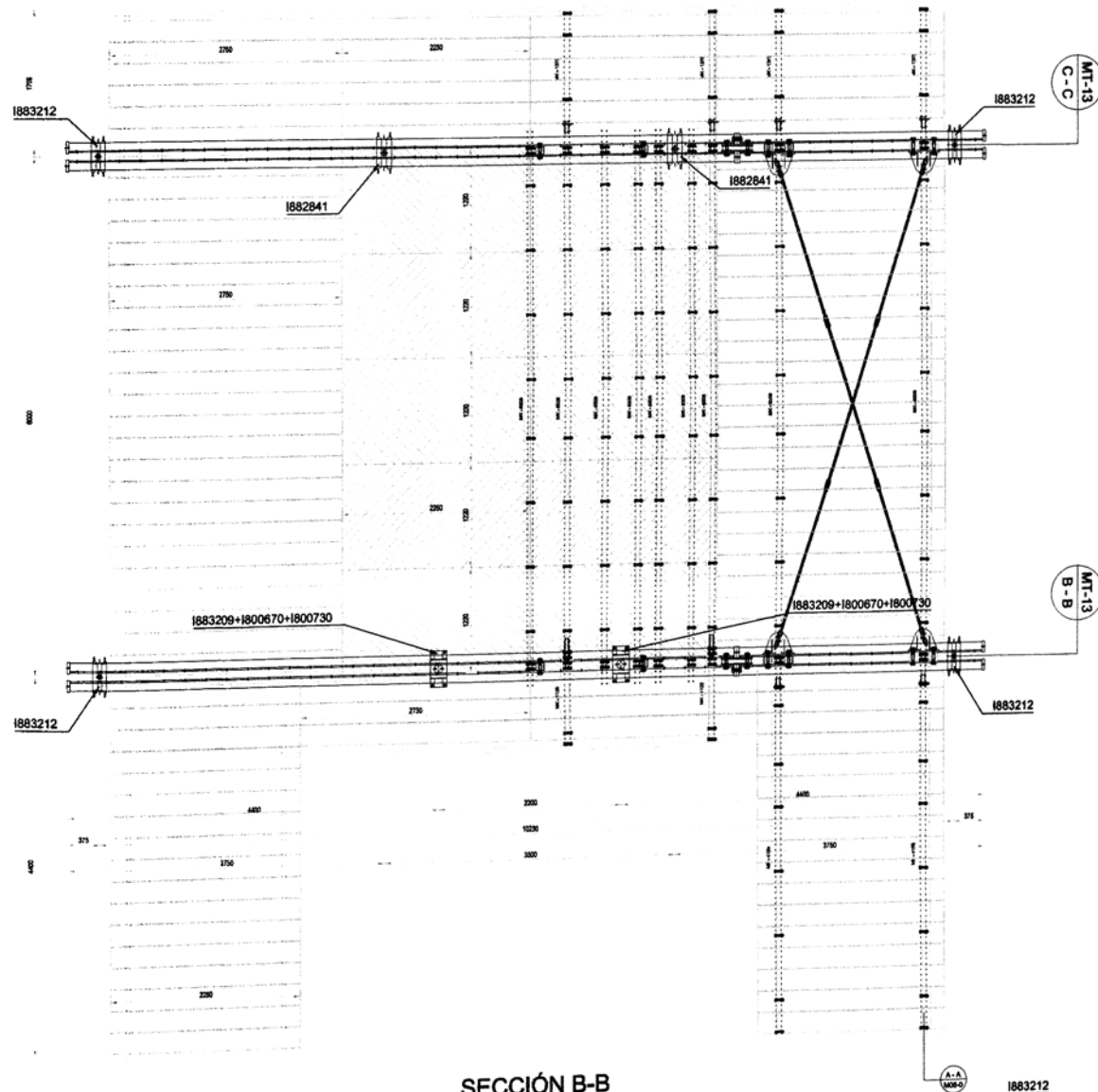


ULMA Encofrados Perú S.A.
 TREN ELÉCTRICO TRAMO 2
 PUENTE SOBRE VIA DE EVITAMIENTO
 PUENTE PLAJACAN
 CONSORCIO TREN ELÉCTRICO
 MONTAJE DEL FONDO DEL ENCOFRADO
 DISEÑO: [] DISEÑO: [] LIAJ: []
 ASESOR: [] REVISOR: []
 AUTORIZADO: []
 CVS-MT-07
 00

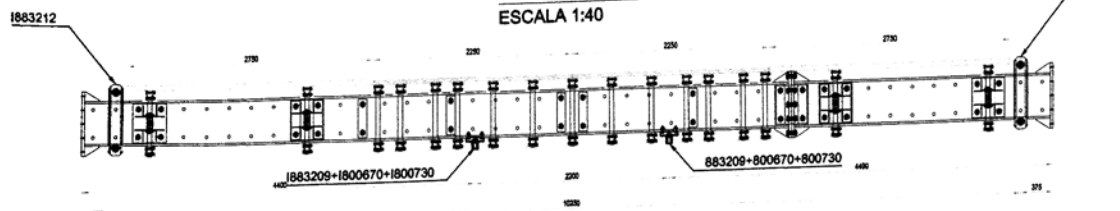
MONTAJE DE LA PARTE INFERIOR DEL ENCOFRADO

1 PIEZA DEL ESTRUCTURA PRINCIPAL

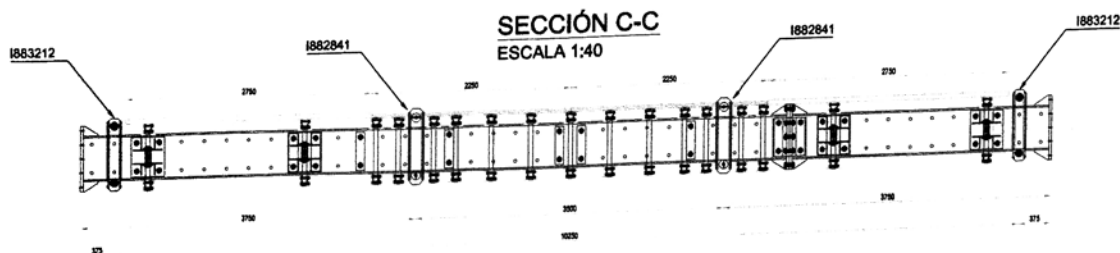
VISTA DE PLANTA
ESCALA 1:40



SECCIÓN B-B
ESCALA 1:40



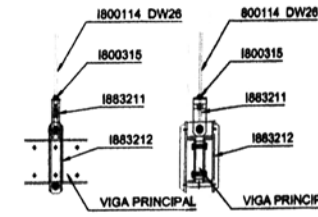
SECCIÓN C-C
ESCALA 1:40



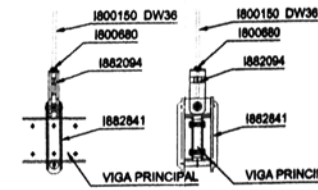
SECCIÓN A-A
ESCALA 1:40



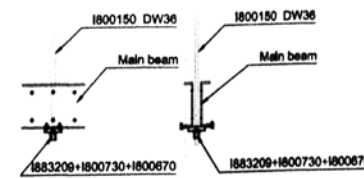
FIJACION DW26
ESCALA 1:40



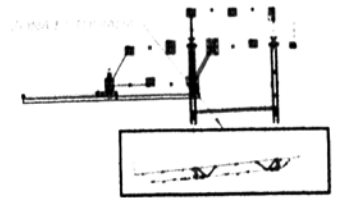
FIJACION DW36
ESCALA 1:40



FIJACION DW36
ESCALA 1:40



ESTRUCTURA PRINCIPAL
S/E



**APTO PARA
SU REVISIÓN**

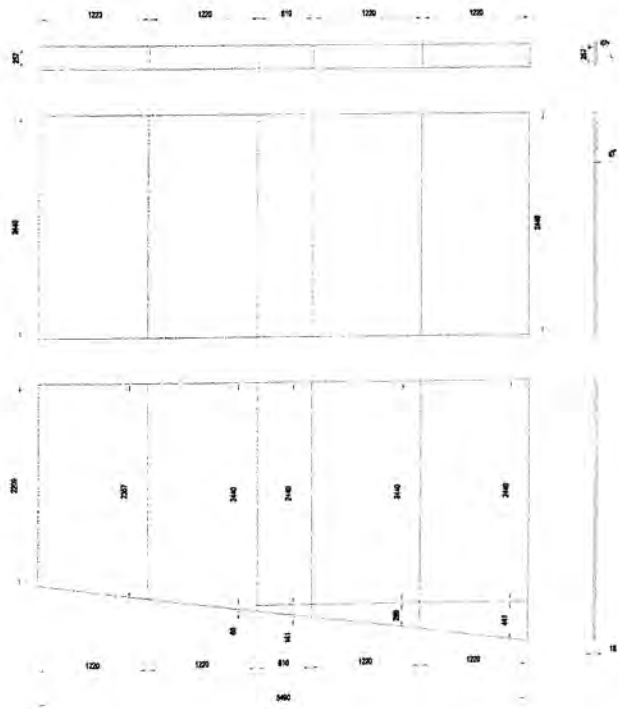
FONDO DE ENCOFRADO		
CODIGO	DESCRIPCIÓN	kg / PIEZA
PE00038	TUBO 48 / 6	20,00
2125148	ABRAZADERA FLJA 48/48	1,2
2125250	TUBO 48 / 4,1	14,80
2125291	TUBO 48 / 2,1	7,00
2125312	ENCHUFE DOBLE 48	1,30
I882841	CARDAN DW 36	132,70
I883209	CAJA PLACA CALOTA DW 36	5,28
I883212	CARDAN DW 26,5	106,60
I883211	TUERCA ARTICULADA DW26,5	32,30
I882094	TUERCA ARTICULADA DW36	53,00

UULMA
UULMA Encofrados Perú S.A.
Av. Argentina 2882 Lima, Central: 613 4700

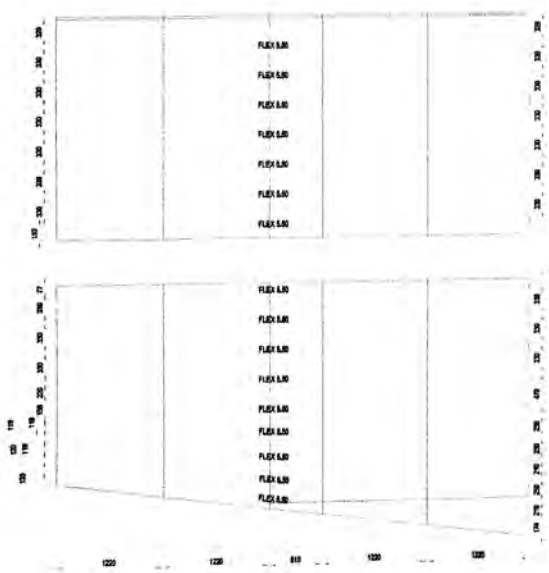
TREN ELÉCTRICO TRAMO 2
PUENTE SOBRE VÍA DE EVITAMIENTO
PUENTE HUANCA
CONSORCIO TREN ELÉCTRICO
MONTAJE DE ENCOFRADO DE FONDO

CVS-MT-06

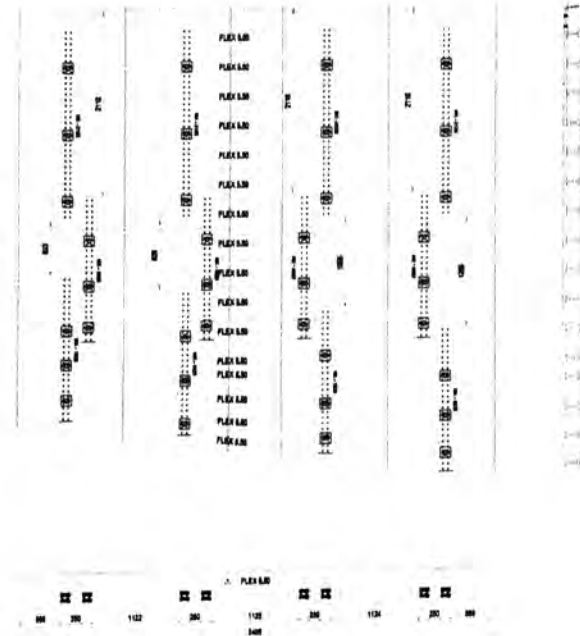
CORTE DE MADERA 2 PIEZAS LADO IZQUIERDO
ESCALA 1:40



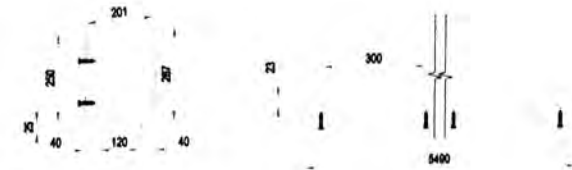
POSICIÓN DE LAS VIGAS ULMAFLEX
ESCALA 1:40



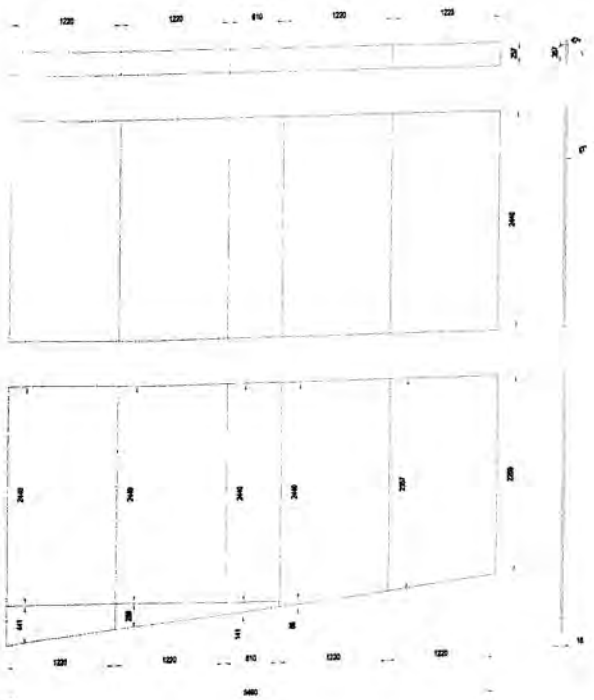
POSICIÓN DE MK - VIGAS ULMAFLEX
ESCALA 1:40



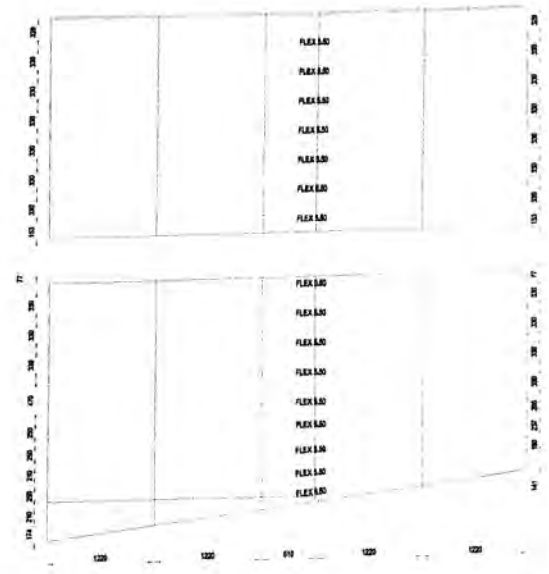
DETALLE DE LA MADERA
ESCALA 1:10



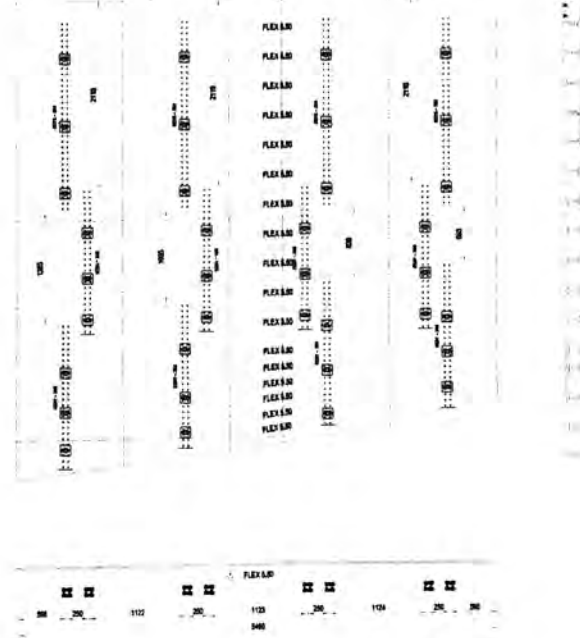
CORTE DE MADERA 2 PIEZAS LADO DERECHO
ESCALA 1:40



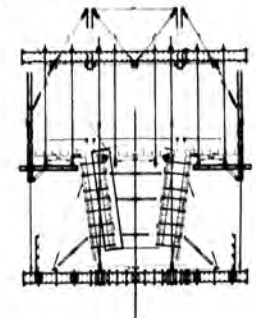
POSICIÓN DE LAS VIGAS ULMAFLEX
ESCALA 1:40



POSICIÓN DE MK - VIGAS ULMAFLEX
ESCALA 1:40



ESTRUCTURA PRINCIPAL
S/E



APTO PARA SU REVISIÓN

ULMA
ULMA Encofrados Perú S. A.
Av. Argentina 2802 Lima, Correo: 013 0700

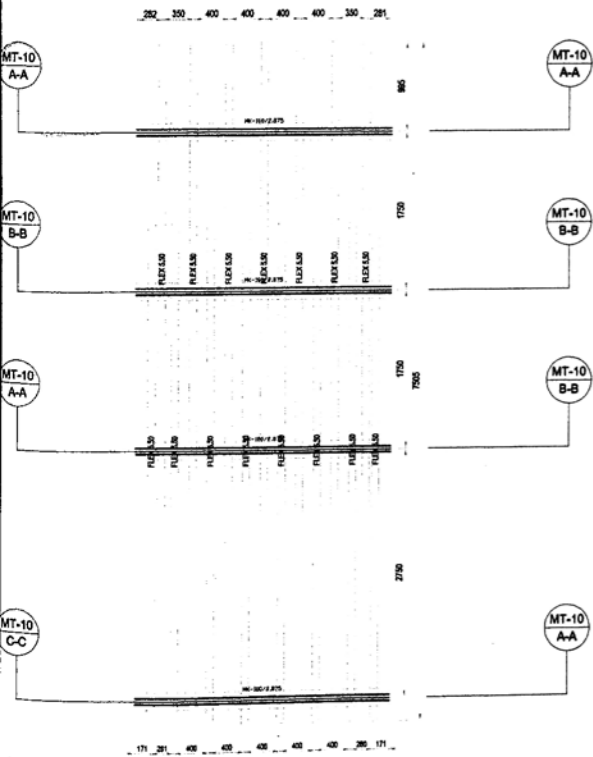
TREN ELÉCTRICO TRAMO 2
PUENTE SOBRE VÍA DE ENTRENAMIENTO
PUENTE HUSCAR

CONSORCIO TREN ELÉCTRICO
MONTAJE DEL ENCOFRADO DEL HASTIL INTERIOR

0. CARRERA 0. CARRERA 1.000
A. BARRERA 1.000
AT. 1.000

DVS-MT-11
11 DE 11

POSICIÓN DE LAS VIGAS ULMAFLEX 2pcs.
ESCALA 1:40



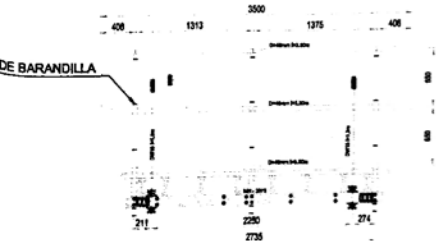
SECCIÓN A-A
ESCALA 1:40



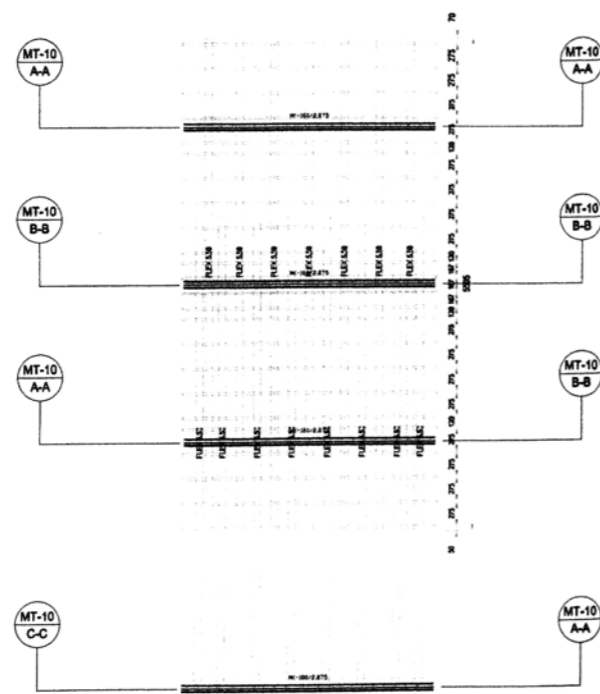
SECCIÓN B-B
ESCALA 1:40



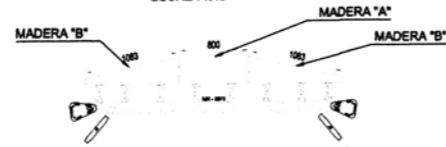
SECCIÓN C-C
ESCALA 1:40



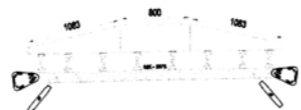
POSICIÓN DE LA MADERA
ESCALA 1:40



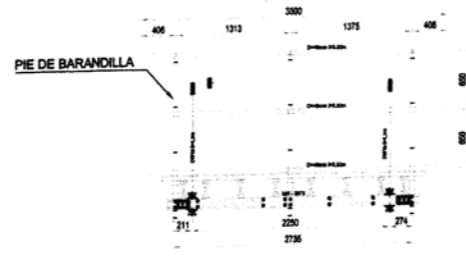
SECCIÓN A-A
ESCALA 1:40



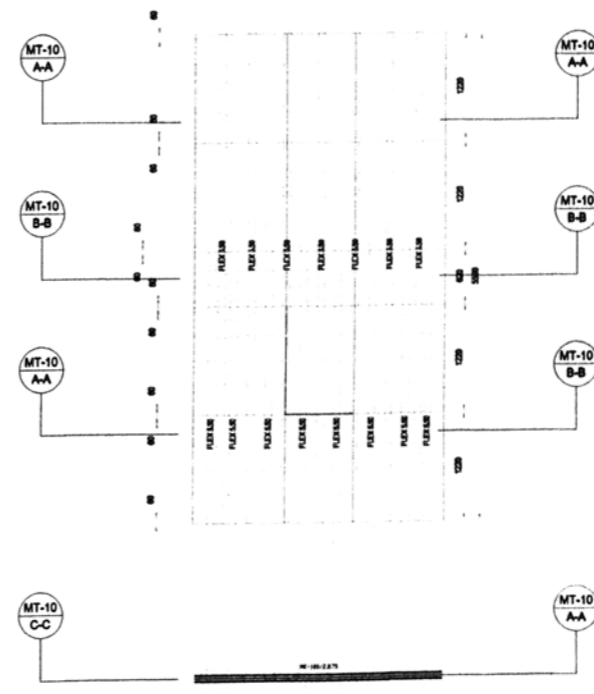
SECCIÓN B-B
ESCALA 1:40



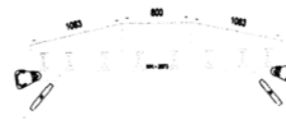
SECCIÓN C-C
ESCALA 1:40



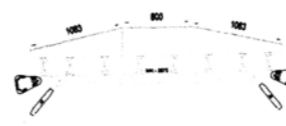
POSICIÓN DE LA MADERA CONTRACHAPADA
ESCALA 1:40



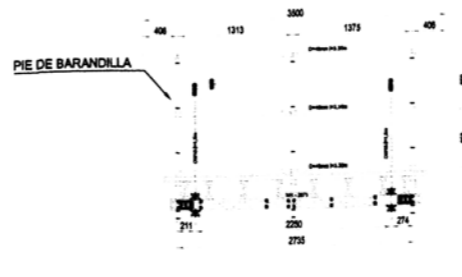
SECCIÓN A-A
ESCALA 1:40



SECCIÓN B-B
ESCALA 1:40



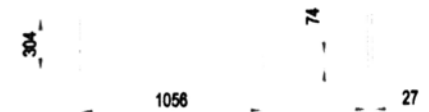
SECCIÓN C-C
ESCALA 1:40



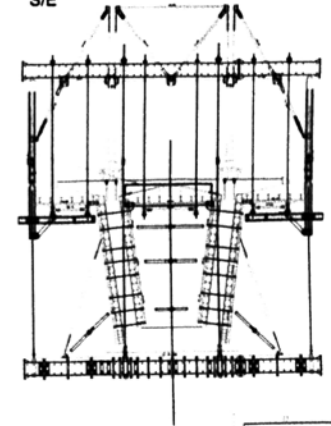
DETALLE MADERA "A" 48 PIEZAS
ESCALA 1:20



DETALLE MADERA "B" 96 PIEZAS
ESCALA 1:20



ESTRUCTURA PRINCIPAL
S/E



ZONA ESTUDIADA

APTO PARA SU REVISIÓN

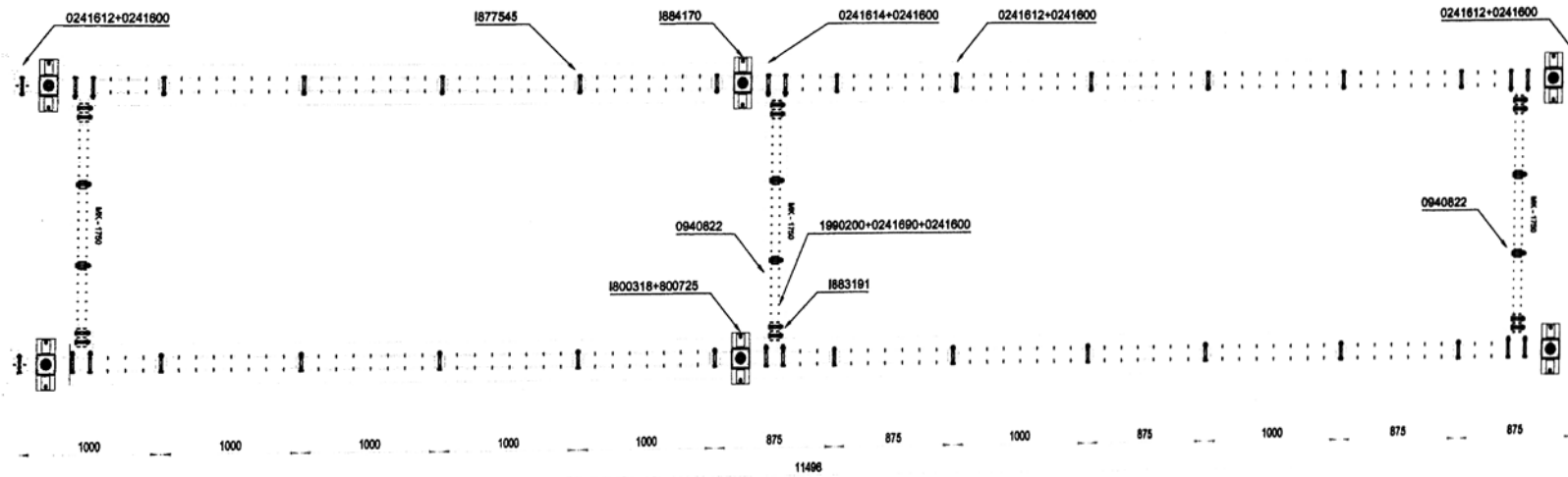
ULMA Encofrados Perú S.A.
 Av. Agrícola 2882 Lima, Control: 813-8700
 TEL: 011-441-0000 FAX: 011-441-0001
 WWW.ULMA.COM
 CTS: 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100

CONSORCIO TREN ELÉCTRICO
 PUNTE SOBRE VÍA DE ENTRENAMIENTO
 PUNTE HUASCAR
 MONTAJE DEL ENCOFRADO DE LOSA SUPERIOR INTERIOR

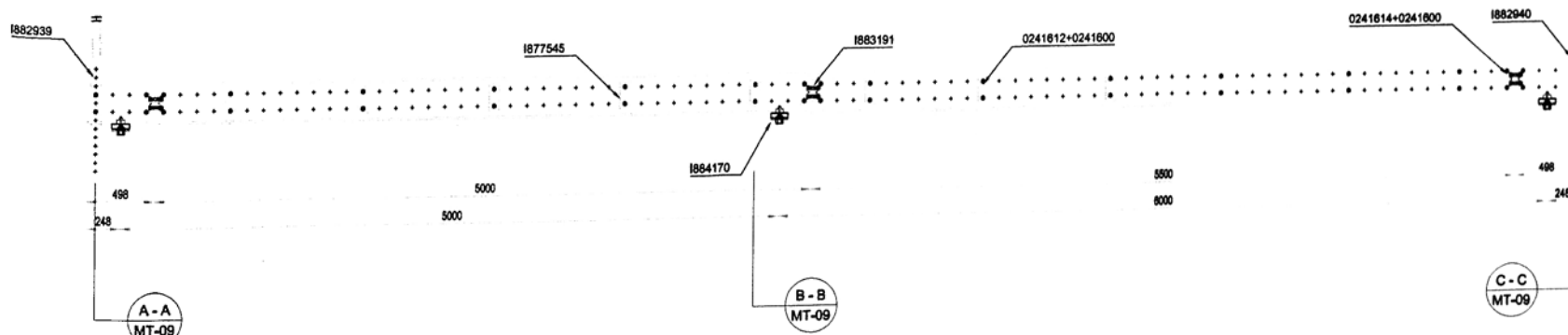
CYS-MT-10
 14 DE 14

MONTAJE DEL ENCOFRADO DE SUSPENSION INTERNA
1 PIEZA POR ESTRUCTURA PRINCIPAL

VISTA DE PLANTA
ESCALA 1:25



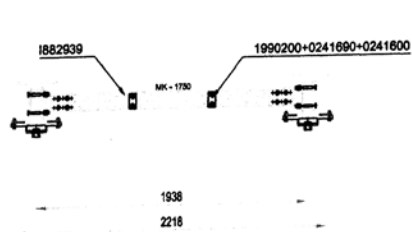
SECCIÓN LONGITUDINAL
ESCALA 1:25



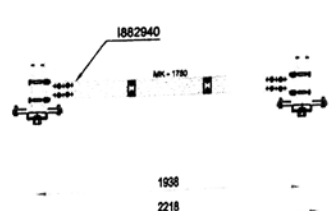
SECCIÓN A-A
ESCALA 1:25



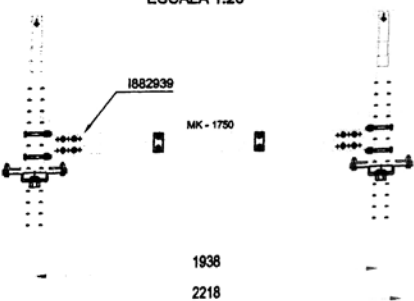
SECCIÓN B-B
ESCALA 1:25



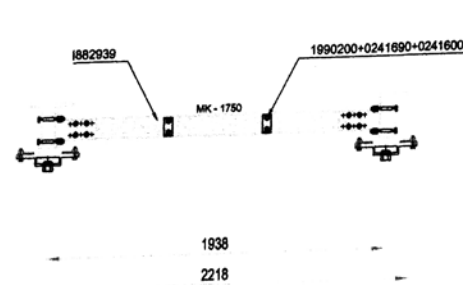
SECCIÓN C-C
ESCALA 1:25



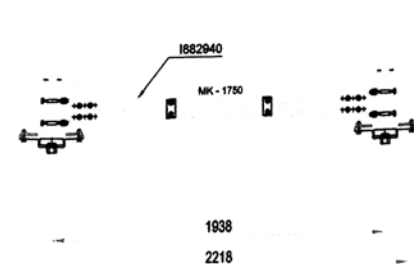
SECCIÓN A-A
ESCALA 1:20



SECCIÓN B-B
ESCALA 1:20

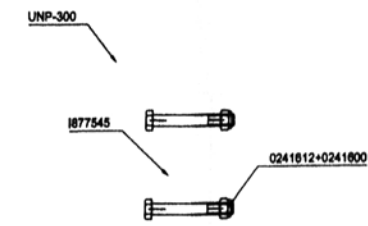


SECCIÓN C-C
ESCALA 1:20

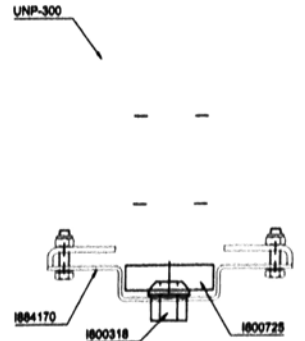


DETALLES DE CONEXIÓN

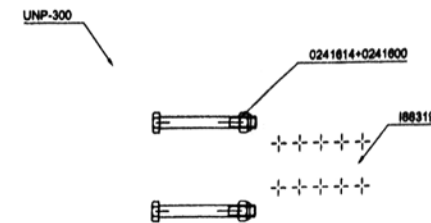
CONEXIÓN "A"
ESCALA 1:5



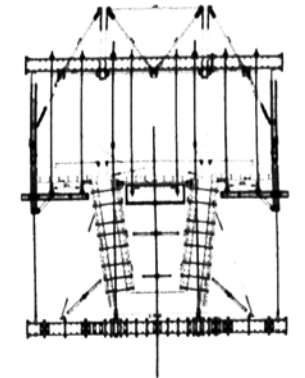
CONEXIÓN "B"
ESCALA 1:5



CONEXIÓN "C"
ESCALA 1:5



ESTRUCTURA PRINCIPAL
S/E



APTO PARA SU REVISIÓN

BLOQUE DEL ENCOFRADO EN SUSPENSION		
Code	Description	kg / pieza
0241600	TUERCA M16 DIN-934-8.8	0,1
0241612	TORNILLO M16x120 DIN-831-8.8	0,2
0241614	TORNILLO M16x140 DIN-831-8.8	0,2
0241690	TORNILLO M16x90 DIN-831-8.8	0,1
0940822	PERFIL MK-120 / 2,875	34,8
1990110	PERFIL MK-120 / 1,250	15,0
1990200	CASQUILLO MK-120/52	0,5
800318	VM NUT DW26.5 SW50 CONICAL	7,1
800725	AC PLATE DW26.5 130/130/55 F38 CONICAL	4,3
80877545	CP SPACER UNP-300	1,9
80882870	CP PROFILE UNP300 L=6500MM	300,2
80882936	CP PROFILE UNP300 L=11800MM	531,3
80882939	ID REG. TUBE FOR INTERNAL FORMWORK	30,9
80882940	SP CRANE HOOK FOR INNER PANEL 3T	3,0
80883191	MC CONNECTION BEAM UNP300	5,9
80884170	MC HOLDER PLATE 800725	3,4

ULMA GRUPO PERUANO
ULMA Encofrados Perú S. A.
 Av. Angamos 2882 Lima, Perú. 011 4780 1980
 011 4780 1980

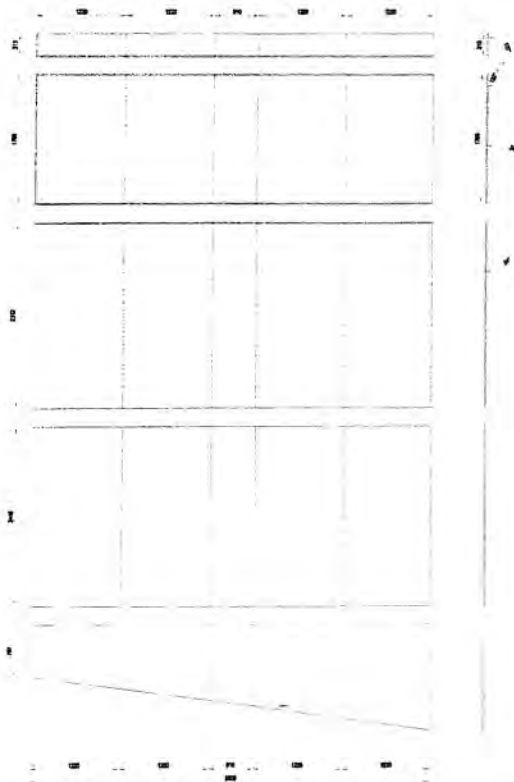
TRIN ELECTRICO TRAMO 2
 PUENTE SOBRE VAS DE ENTUBAMIENTO
 PUENTE HUANUCO

CONCORDO TRIN ELECTRICO
 MONTAJE DEL ENCOFRADO DE LOSA
 SUSPENSION EXTERIOR

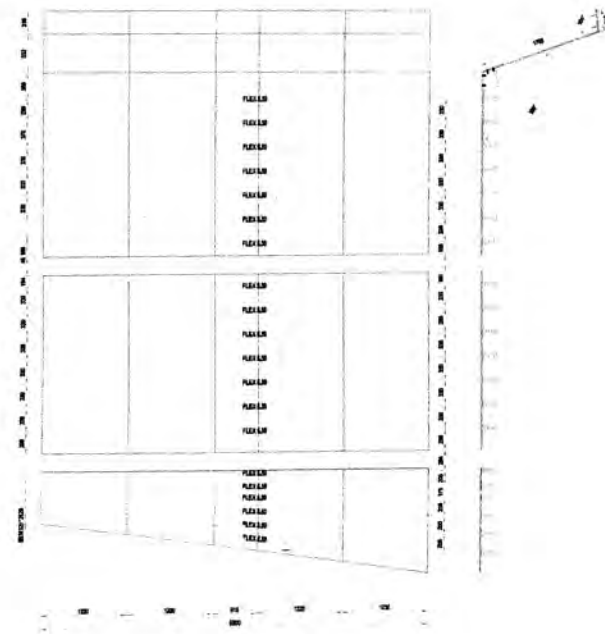
0. CHAVE 0. CHAVE 0. CHAVE 0. CHAVE
 A. SERIA 0. SERIA 0. SERIA 0. SERIA
 AT. REVISION 0. REVISION 0. REVISION 0. REVISION

CVS-MT-09
 00

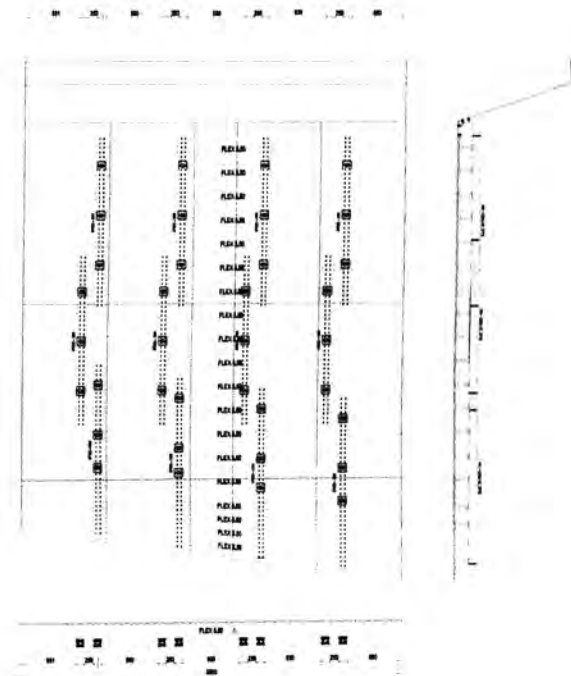
CORTE DE MADERA 2 PIEZAS LADO IZQUIERDO
ESCALA 1:50



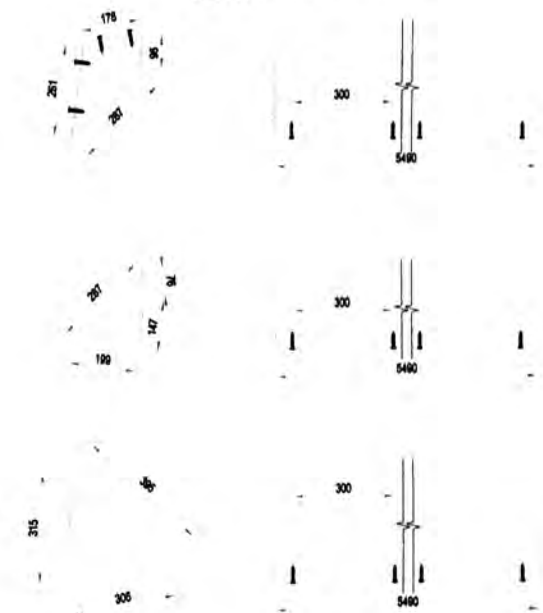
POSICIÓN DE LAS VIGAS ULMAFLEX
ESCALA 1:50



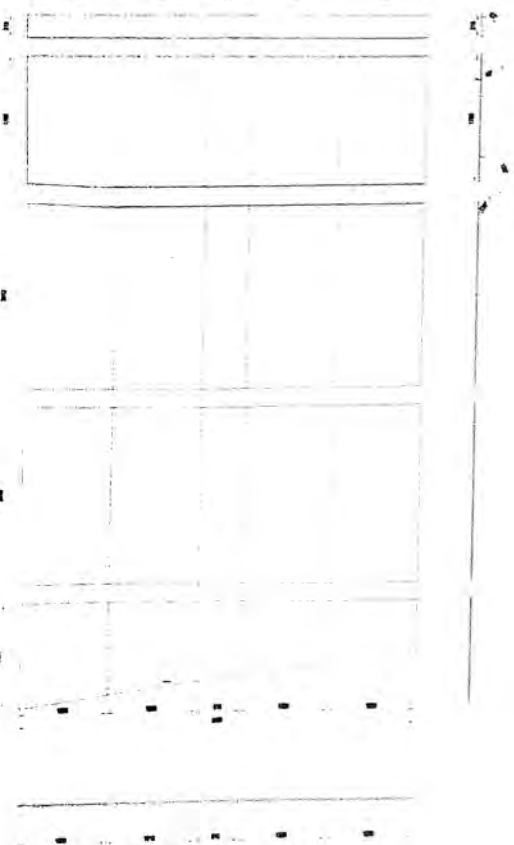
POSICIÓN DE MK - VIGAS ULMAFLEX
ESCALA 1:50



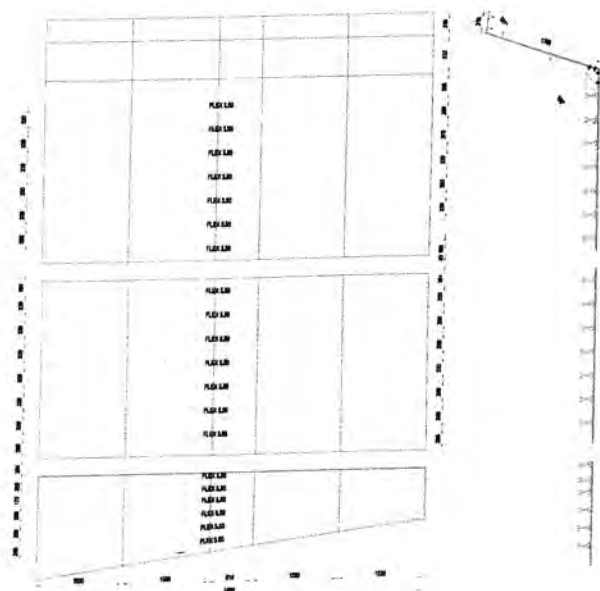
DETALLE DE LA MADERA
ESCALA 1:10



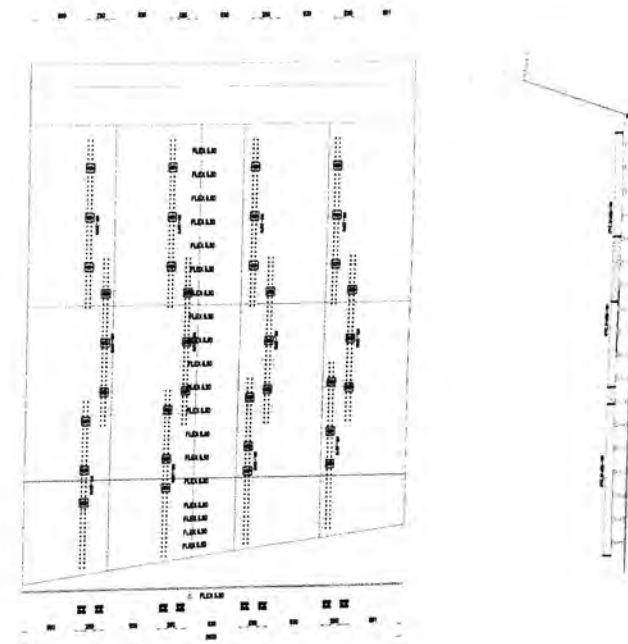
CORTE DE MADERA 2 PIEZAS LADO DERECHO
ESCALA 1:50



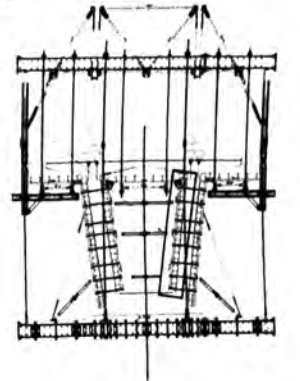
POSICIÓN DE LAS VIGAS ULMAFLEX
ESCALA 1:50



POSICIÓN DE MK - VIGAS ULMAFLEX
ESCALA 1:50



ESTRUCTURA PRINCIPAL
S/E



APTO PARA SU REVISIÓN

ULMA
 ULMA Encorados Perú S. A.
 Av. Argentina 2800 Lima, Perú. 011 6700

TREN ELÉCTRICO TRAMO 2
 PUENTE SOBRE VÍA DE ENTRENAMIENTO
 PUENTE HUMANCAR

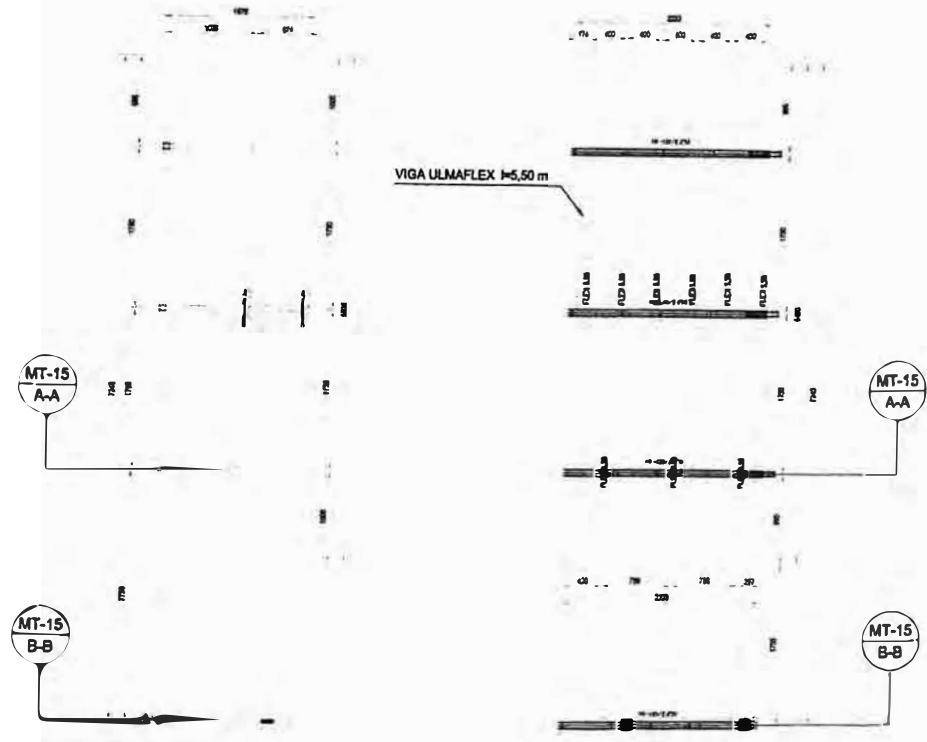
MONTAJE DEL ENCORADO DEL HASTIAL EXTERIOR

C. OCHOA O. OCHOA L.M.
 A. RIVERA V. RIVERA M.S.

CVS-MT-15
 11 DE 11

POSICIÓN DE LA VIGA ULMAFLEX 2 PIEZAS

ESCALA 1:40



SECCIÓN A-A
ESCALA 1:40

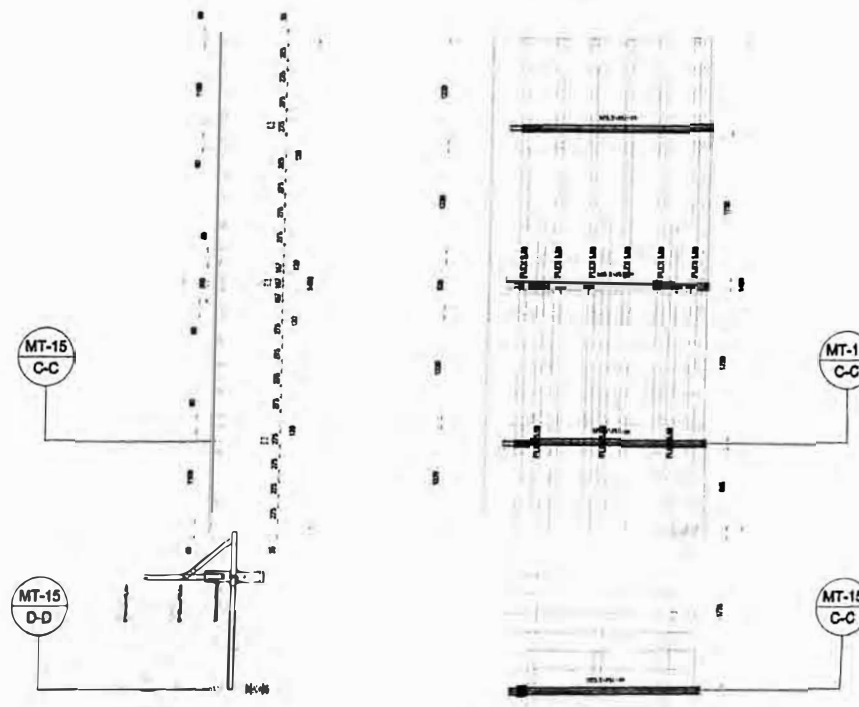


SECCIÓN B-B
ESCALA 1:40

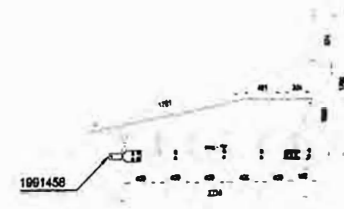


POSICIÓN DE MADERA CONTRACHAPADA

ESCALA 1:40



SECCIÓN C-C
ESCALA 1:40



SECCIÓN D-D
ESCALA 1:40

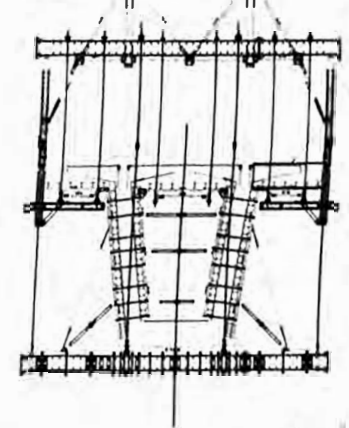


DETALLE DE MADERA 48pcs.

ESCALA 1:20

2295 27

ESTRUCTURA PRINCIPAL S/E



APTO PARA SU REVISIÓN

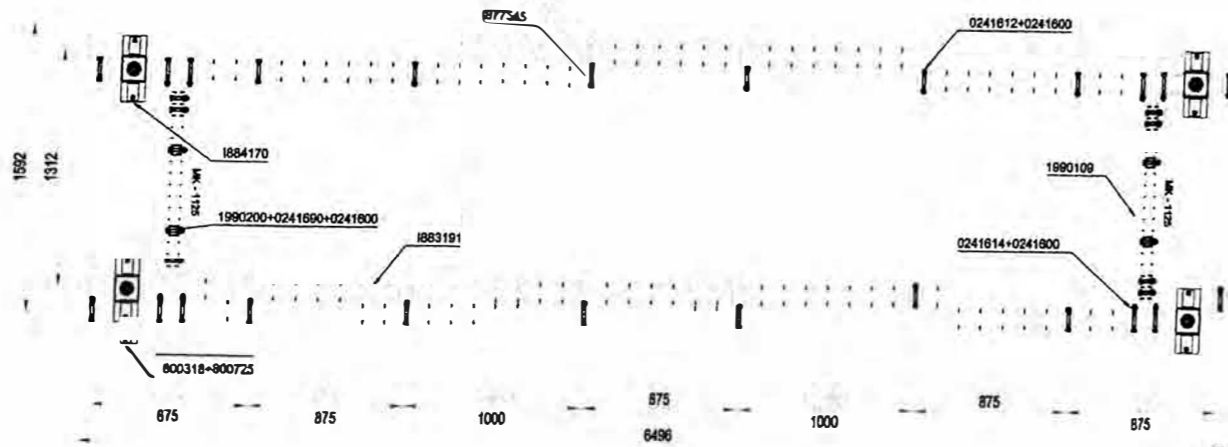
ULMA
ULMA Encofrados Perú S.A.
Av. Independencia 2899 Lima, Central 011 5760

TREN ELÉCTRICO TRAMO 2
ENCOFRADO DE PAÑO TÍPICO
CONCRETO TREN ELÉCTRICO
MONTAJE DEL ENCOFRADO DE ALAMBRE

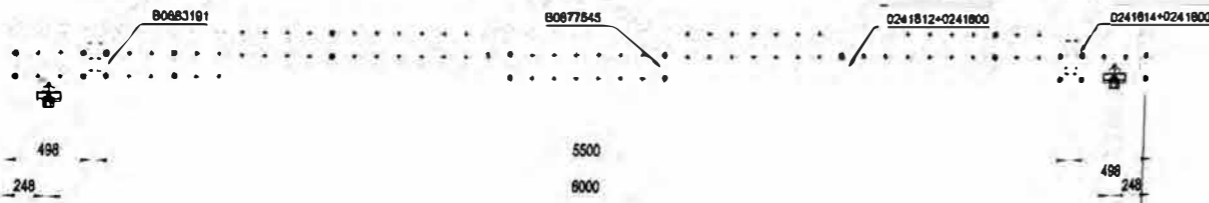
CVS-MT-15

MONTAJE DEL ENCOFRADO DE SUSPENSION EXTERNA
2 PIEZAS POR ESTRUCTURA PRINCIPAL

VISTA DE PLANTA
ESCALA 1:20

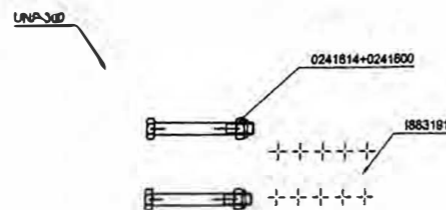


SECCIÓN LONGITUDINAL
ESCALA 1:20

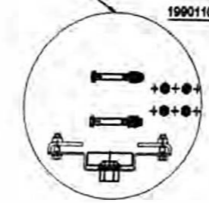


DETALLES DE CONEXIÓN

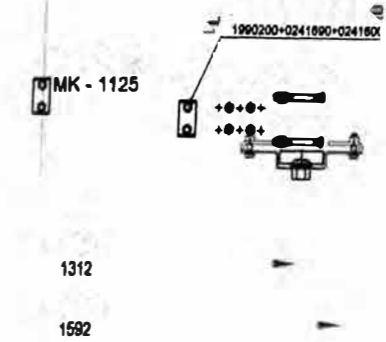
CONEXIÓN "C"
ESCALA 1:5



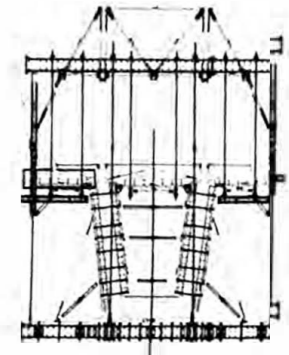
CONEXIÓN "C"



SECCIÓN D-D
ESCALA 1:10



ESTRUCTURA PRINCIPAL
S/E



D - D
M02-0

BLOQUE DEL ENCOFRADO EN SUSPENSION		
Código	Descripción	kg / pieza
0241800	TUERCA M18 DIN-934-B	0,1
0241812	TORNILLO M18x120 DIN-931-B	0,2
0241814	TORNILLO M18x140 DIN-931-B	0,3
0241880	TORNILLO M16x80 DIN-931-B	0,1
0240822	PERFIL MK-120 / 7.875	34,8
1990110	PERFIL MK-120 / 1.230	18,0
1990200	CASQUILLO MK-120/32	0,3
800318	VINILIT DW26L3 Ø180 CONICAL	7,1
800723	AC PLATE DW26L3 1301 30/36 F38 CONICAL	4,3
80677545	CP SPACER UNP300	1,9
80682370	CP PROFILE UNP300 L=4500MM	300,2
80682938	CP PROFILE UNP300 L=11500MM	631,3
80682938	ID REG. TUBE FOR INTERNAL FORMWORK	30,9
80682938	S/P CRANE HOOK FOR INNER PANEL ST	3,0
80683191	MC CONNECTION BEAM UNP300	8,9
80684170	MC HOLDER PLATE 800723	3,4

APTO PARA SU REVISIÓN

ULMA
ULMA Encofrados Perú S.A.
Av. Argentina 1881 Lima, Central 413 4700

TRIM ELÉCTRICO TRIM 2
PLANTA BORNES 16 DE CUYABAMBO
PLANTA HUANUCO

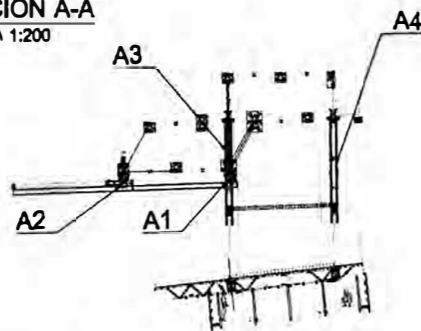
COMERCIO TRIM ELÉCTRICO
MONTAJE DEL ENCOFRADO DE LOSA
SUSPENSION EXTERNA

CVS-MT-13

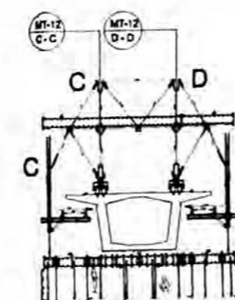
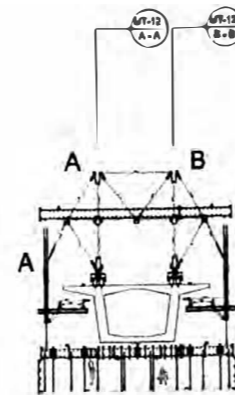
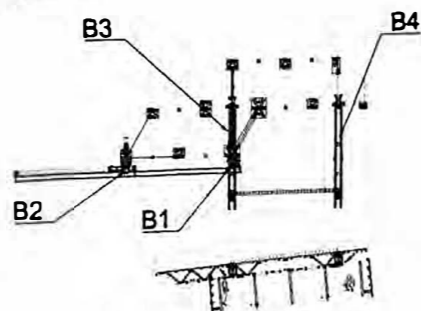
RECORRIDO DEL MONTAJE FINAL

POSICIÓN DEL MONTAJE Y SUSPENSION

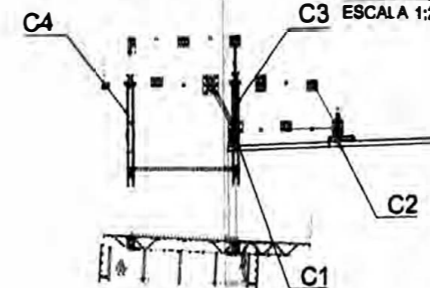
SECCIÓN A-A
ESCALA 1:200



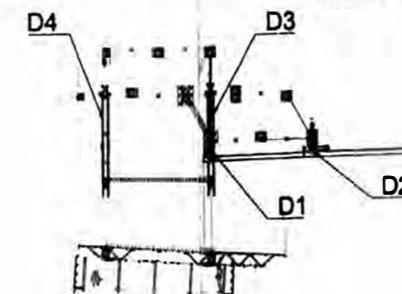
SECCIÓN B-B
ESCALA 1:200



SECCIÓN C-C
ESCALA 1:200



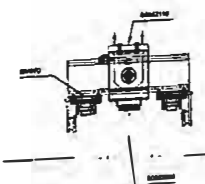
SECCIÓN D-D
ESCALA 1:200



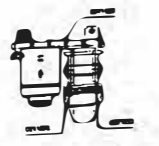
**APTO PARA
SU REVISIÓN**

POSICIÓN DE ELEMENTOS DE RODAMIENTO

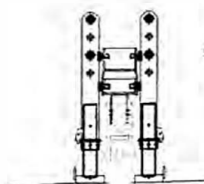
A1
ESCALA 1:25



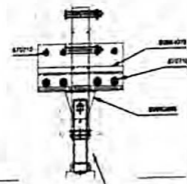
A2
ESCALA 1:25



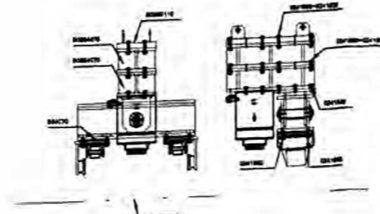
C1
ESCALA 1:25



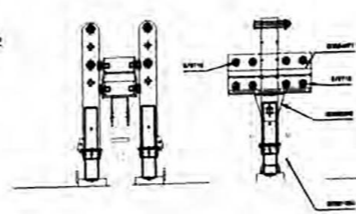
C2
ESCALA 1:25



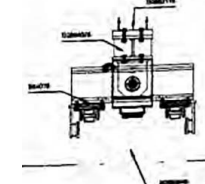
C1
ESCALA 1:25



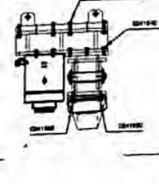
C2
ESCALA 1:25



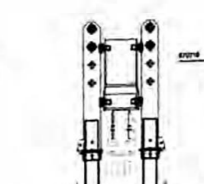
B1
ESCALA 1:25



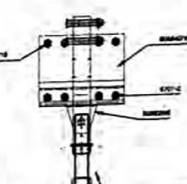
B2
ESCALA 1:25



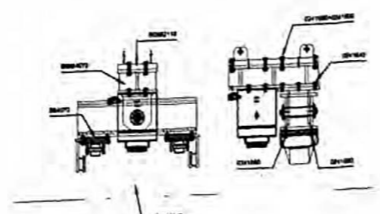
D1
ESCALA 1:25



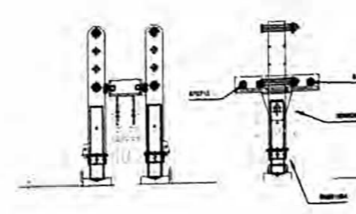
D2
ESCALA 1:25



D1
ESCALA 1:25



D2
ESCALA 1:25



POSICIÓN DE LOS ELEMENTOS DE SUSPENSION

A3
ESCALA 1:100



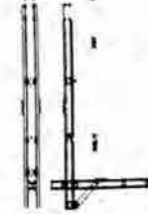
A4
ESCALA 1:100



C3
ESCALA 1:100



C4
ESCALA 1:100



B3
ESCALA 1:100



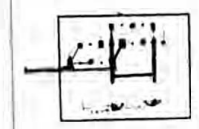
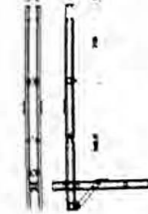
B4
ESCALA 1:100



D3
ESCALA 1:100



D4
ESCALA 1:100



El presente proyecto es propiedad de ULMMA Encofrados Perú S.A. y no debe ser reproducido, copiado, distribuido, vendido, alquilado, prestado o utilizado en forma alguna sin el consentimiento escrito de ULMMA Encofrados Perú S.A. ULMMA Encofrados Perú S.A. se reserva todos los derechos de propiedad intelectual y industrial que corresponden a esta obra. Queda permitida la reproducción parcial o total de esta obra para fines académicos o de investigación, siempre que se cite la fuente y se permita a ULMMA Encofrados Perú S.A. el uso de los derechos de autor. ULMMA Encofrados Perú S.A. no se hace responsable de los errores u omisiones que puedan contener en esta obra. ULMMA Encofrados Perú S.A. no se hace responsable de los daños o perjuicios que puedan resultar del uso de esta obra. ULMMA Encofrados Perú S.A. no se hace responsable de los daños o perjuicios que puedan resultar del uso de esta obra. ULMMA Encofrados Perú S.A. no se hace responsable de los daños o perjuicios que puedan resultar del uso de esta obra.