

UNIVERSIDAD CATOLICA SANTA MARIA

FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERIAS CIVIL Y DEL AMBIENTE

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**“ESTUDIO COMPARATIVO DE LA CONSTRUCCIÓN DE TABLERO DEL
PUENTE CHILINA MEDIANTE FALSO PUENTE Y VOLADIZOS
SUCESIVOS”**

Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil

que presenta:

Carlos Augusto Luque Botto

Arequipa - 2017

RESUMEN

El presente estudio comparativo dará a conocer los sistemas y tecnologías constructivas utilizadas para la construcción del Puente Chilina que se realizó en la Ciudad de Arequipa- Perú.

Una breve descripción de estos procesos y el desarrollo de sus etapas constructivas, permitirá comparar ambas tecnologías en aspectos determinados; desde que sistema utilizar con relación a su vano principal como la comparación de sus cuantías y costos.

De esta manera se tendrá un mejor entendimiento de los procesos constructivos utilizados, la importancia de hacer un análisis de las condiciones y diferentes escenarios que se presentan; y así, poder escoger el mejor sistema a utilizar para la construcción de un puente de este tipo y de la misma metodología.

Palabras Clave: Carro de avance, Cimbra, Comparativo, Encofrados, Costos, Proceso constructivo, Chilina.

ABSTRACT

This comparative study will be released constructive systems and technologies used to build Chilina's bridge that took place in the city of Arequipa, Peru.

A brief description of these processes and the development of its constructive steps, will allow comparing both technologies in certain aspects; since which system to be used in relation to its main span as comparing quantities and costs.

This way you will have a better understanding of the construction processes used, the importance of an analysis made of their conditions and different scenarios presented; and thus, to choose the best system to use for the construction of a bridge of this type and the same methodology.

Key Words: Bridge Builder, Falsework, Comparative, Formworks, Costs, Constructive Process, Chilina.



*A mi Madre, el mejor ejemplo de persona y un gran ser humano,
me dio la fortaleza que se debe tener ante cualquier circunstancia;
mi familia, mi pareja, amigos y personas que me dejaron
una enseñanza en la vida.*

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
OBJETIVO	3
ALCANCE	
CAPITULO I	
ESTADO DEL ARTE	4
1.1. Puentes de sección cajón.....	5
1.2. Puentes en voladizos sucesivos (avance en voladizo o cantiléver).....	9
1.3. Puentes en falso puente.....	13
CAPITULO II	
VOLADIZOS SUCESIVOS HORMIGONADOS “IN SITU”	15
2.1. EJECUCIÓN DE LA DOVELA DE PILA (DOVELA “0”)	16
2.2. EJECUCIÓN DEL TABLERO	20
2.2.1. Carro de Avance	20
2.2.1.1. Montaje de Carro de Avance	27
2.2.1.2. Operación de Carro de Avance	31
2.2.2. Ejecución de Dovelas	35
2.3. DOVELA DE CIERRE.....	41
2.4. POST-TENSADO DE CIERRE	42
2.5. PROCESO DE DESMONTAJE DEL CARRO DE AVANCE	43
CAPITULO III	
VIGA SECCIÓN CAJÓN EN FALSO PUENTE (CIMBRA CONVENCIONAL) HORMIGONADA “IN SITU”	44
3.1. GENERALIDADES.....	44
3.1.1. Compactación del terreno	44
3.1.2. Losa de cimentación	45
3.1.3. Cimbra o falso puente.....	45
3.2. PREPARACION DE SUELOS Y EJECUCION DE CIMIENTO DE FALSO PUENTE	46
3.3. PRE ARMADO DE TORRES	47
3.4. MONTAJE DE TORRES.....	48

3.5.	ARMADO DE PLATAFORMA	50
3.6.	INSTALACIÓN DE ENCOFRADOS EXTERIORES E INTERIORES	51
3.7.	EJECUCIÓN DE LA PRIMERA FASE DE VIGA CAJÓN (U).....	52
3.8.	POST-TENSADO PARCIAL Y DESENCOFRADO DE “U” DE VIGA CAJON	53
3.9.	INSTALACIÓN DE ENCOFRADO DE LOSA SUPERIOR	54
3.10.	EJECUCIÓN DE SEGUNDA FASE DE VIGA CAJÓN (LOSA SUPERIOR).....	55
3.11.	POST-TENSADO FINAL DE CONTINUIDAD Y DESMONTAJE DE ENCOFRADO DE LOSA SUPERIOR.....	56
3.12.	DESMONTAJE Y DESARMADO DE TORRES	58
CAPITULO IV		
	COMPARACIÓN DE LOS DOS SISTEMAS CONSTRUCTIVOS.	59
4.1.	CONTROL GEOMÉTRICO	60
4.1.1.	Voladizos con dovelas “In Situ”	60
4.1.1.1.	Posicionamiento previo del carro de avance	61
4.1.1.2.	Posicionamiento durante el proceso de montaje de acero estructural	64
4.1.1.3.	Cheque previo al vaciado.....	65
4.1.1.4.	Control después del vaciado.....	66
4.1.1.5.	Control después del postensado	67
4.1.2.	Tablero con Falso Puente (Cimbra)	68
4.2.	RELACIÓN SISTEMA CONSTRUCTIVO Y LA LUZ PRINCIPAL DEL PUENTE	69
4.3.	TIEMPOS DE PRE MONTAJE Y MONTAJE	72
4.4.	CUANTÍAS Y COSTOS	73
CAPITULO V		
	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	78
5.1	CONCLUSIONES	78
5.2	RECOMENDACIONES.....	81
	BIBLIOGRAFÍA	82
ANEXOS		
I)	PLANOS	
II)	GRAFICOS	
III)	DOCUMENTACIÓN	
IV)	PRESUPUESTOS	
V)	ANÁLISIS DE APORTES UNITARIOS	
VI)	PROGRAMACION DE TRABAJO TABLERO SUR (V3,V4 Y V5 – CARROS DE AVANCE Y FALSO PUENTE)	

INTRODUCCIÓN

En el Perú, ya se vienen utilizando varios sistemas o procesos constructivos para la ejecución de puentes, siendo el más usado el cimbrado convencional para puentes de luces cortas. Logrando así unir dos puntos en el sistema vial del país mayormente en el fondo de quebradas o ríos de poca anchura. Con las nuevas tecnologías se lograron hacer puentes de mayor envergadura, así se logro saltar las adversidades del relieve tan complicado que presenta el país.

Al tener juntas en un mismo proyecto, como lo es el Puente Chilina, una tecnología ya utilizada años atrás en el mundo (sus inicios en Francia) y nueva en el Perú (**voladizos sucesivos**); y una tecnología convencional (**falso puente o cimbra convencional**) conocida y utilizada ya en muchos proyectos de puentes a lo largo de la historia peruana; es un perfecto escenario para poder describir los sistemas ya mencionados.

De esta manera, se desarrollara cada sistema describiendo sus pasos desde los pre-trabajos hasta su culminación la cual sería la colocación de concreto en los sistemas de encofrados como su desmontaje para tener como elemento final el tablero de un puente con viga cajón.

Ya con el conocimiento del funcionamiento tanto de los voladizos sucesivos y la cimbra convencional, tendremos aspectos en ambas tecnologías que se comparan, con lo que llegaremos a la resolución de este estudio y algunas conclusiones sobre los sistemas utilizados para la construcción del Puente Chilina.



OBJETIVO

Se hará una comparación de los dos sistemas constructivos (**Falso Puente o Cimbra Convencional Vs. Voladizos o Segmentos Sucesivos**) para la ejecución del tablero del Puente Chilina el cual presenta ambos sistemas. Descripción y Análisis comparativo de los sistemas constructivos tanto en productividad como en costos.

ALCANCE

- Dar a conocer los sistemas constructivos con los que se ejecuta el Puente Chilina.
- Descripción de los procedimientos de ejecución de los sistemas expuestos para la construcción de una viga cajón.
- Realizar una comparación de los sistemas constructivos, Cimbra Convencional y Voladizos Sucesivos.

CAPITULO I

ESTADO DEL ARTE

Los puentes son estructuras que se construyen sobre una depresión o irregularidad del terreno, ya sea un canal, río, abismo, valle, quebrada, etc.; para comunicar ambos extremos o dos puntos.

Los tipos de puentes dependen según su material y también según la estructura.

Según su material tenemos puentes de cuerdas, de madera, metálicos (fundición, hierro forjado, acero), **de hormigón armado y pre-esforzado**.

Según su estructura tenemos fijos y móviles; entre los móviles podemos identificar basculantes, giratorios, desplazamiento horizontal, elevación vertical, transbordador; y entre los fijos están los puentes de vigas, de arcos, de

armaduras, atirantados, pontones y **puentes cantiléver o voladizos**, los cuales serán descritos en este estudio.

El **método de Voladizos o Cantiléver** consiste en ejecutar la mayoría del puente sin un falso puente (cimbra) o andamios a nivel de suelo, trabajando con secciones consecutivas conocidas como **segmentos o dovelas**, los cuales son soportados en volado por el segmento anterior. Luego de ser construido un nuevo segmento los tendones internos son tensionados lo cual rigidiza firmemente los segmentos anteriores y así formando un voladizo auto-portante que sirve para soportar las operaciones subsecuentes.

1.1. PUENTES DE SECCIÓN CAJÓN

El tablero en este tipo de puentes presenta una sección de cajón mono o multicelular, al igual que dos voladizos superiores. El peralte o canto de la sección es de mucha importancia, ya que permite cubrir el rango superior de las luces que pueden realizarse con los puentes de tramo recto.

Por lo tanto, estas estructuras son de gran importancia técnica y económica, en las que el proceso constructivo adquiere una especial relevancia, incidiendo en muchas de las condiciones de diseño, por lo que ha de tenerse muy presente al plantear el análisis de sus formas y dimensiones.

Los tipos de sección transversal más comunes son los siguientes:

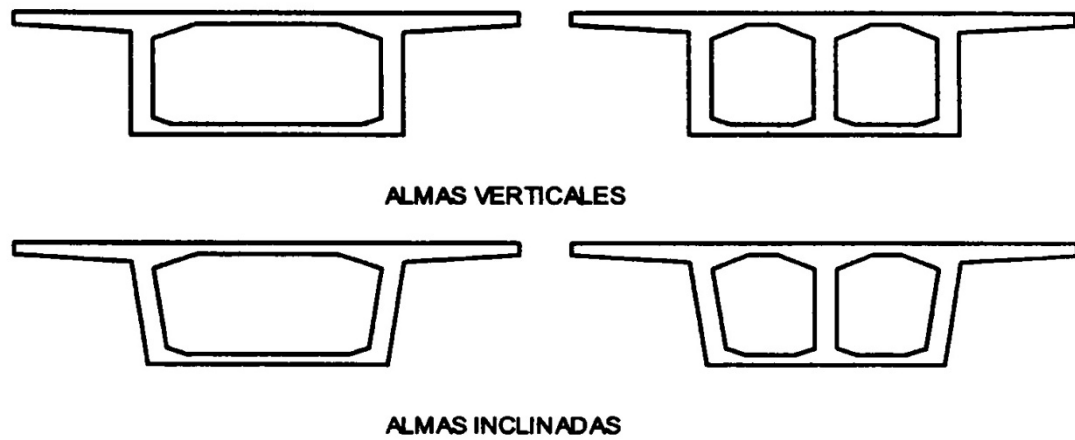


Fig 01. Secciones transversales típicas (Fuente: Ministerio de Fomento 2000)

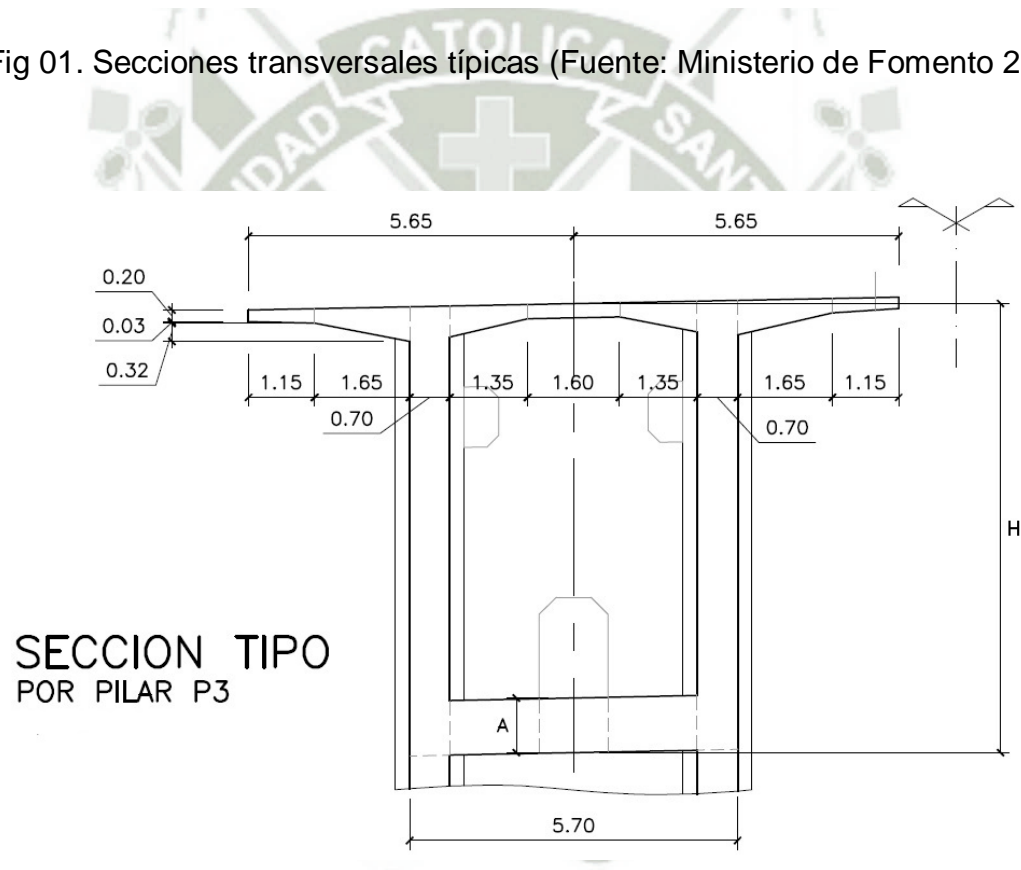


Fig02. Sección Transversal Típica (Pilar 03 – Puente Chilina, Plan Técnico
GRA)

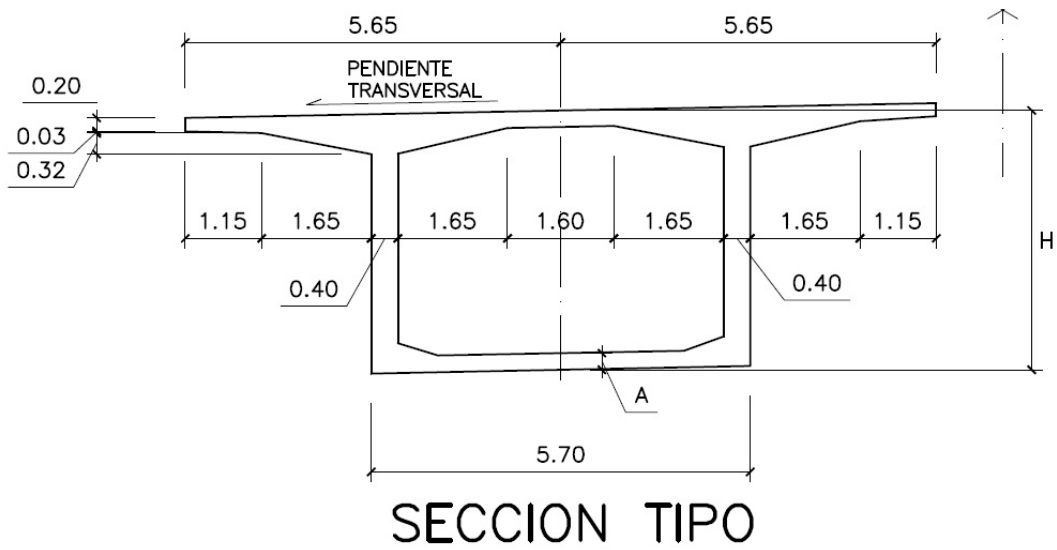


Fig 03. Sección Transversal Típica (Fuente: Puente Chilina, Plan Técnico GRA)

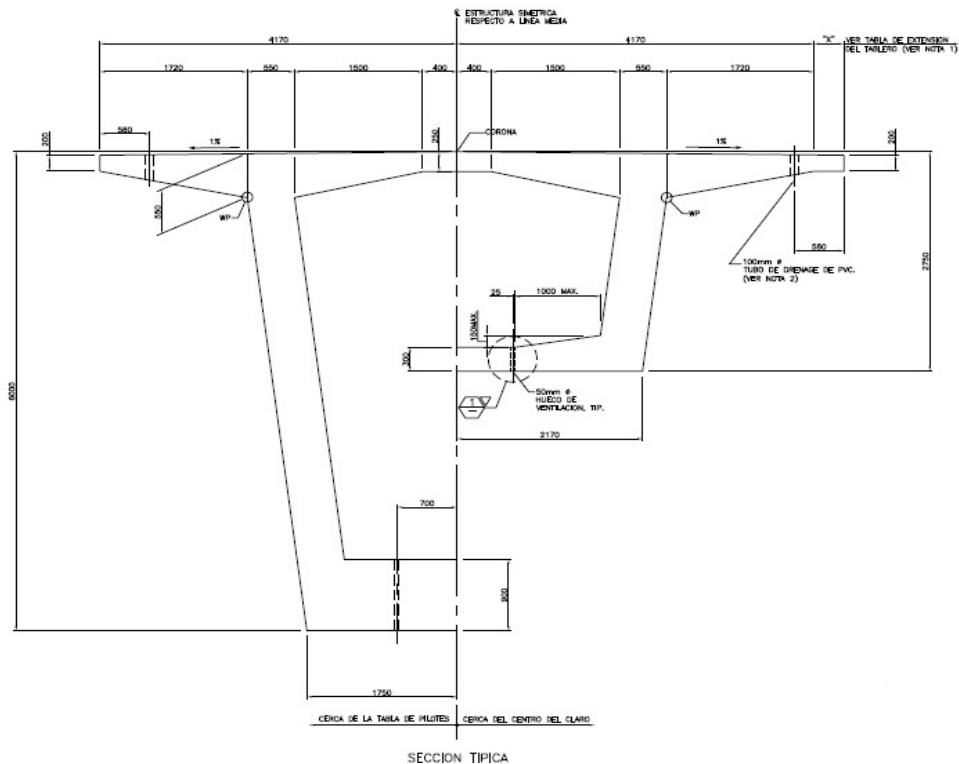


Fig 04. Sección Transversal Típica (Fuente: Puentes Línea 01 – Metro de Lima)

La simplicidad en la ejecución de la viga cajón única consigue el utilizar las secciones mono celulares para lograr anchuras de tablero de 16 m. hasta 20 m. Si se quiere lograr anchuras mayores (hasta 30 m. de losa) con una sección cajón única, se puede estabilizar los voladizos y la losa central del tablero con puntales metálicos o traviesas (vigas transversales).

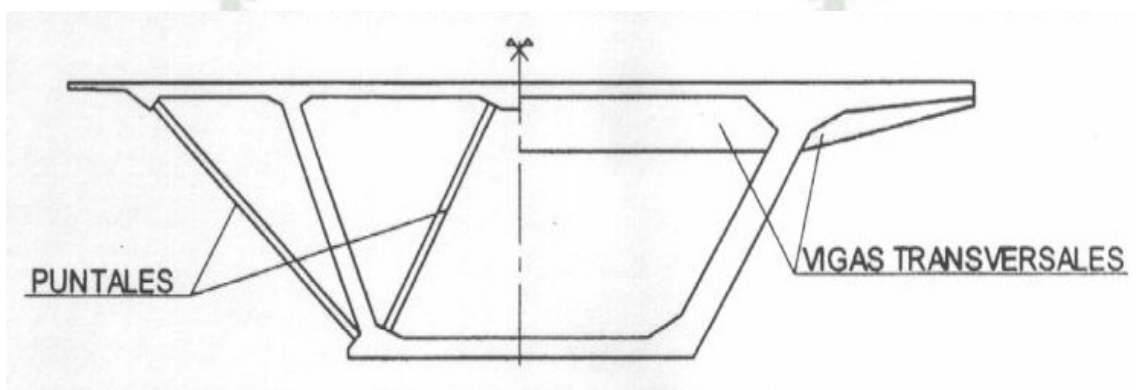


Fig 05. Sección cajón estabilizada por puntales metálicos o traviesas. (Fuente: Ministerio de Fomento 2000)

Al tener un Peralte o canto constante, se puede escoger secciones de almas inclinadas o verticales sin mayores complicaciones en su ejecución. En el caso de un peralte o canto variable se utilizan mayormente almas verticales, al ser más sencilla su ejecución.

En el caso del Puente Chilina se tiene una viga cajón única con peralte variable y almas verticales. Cabe destacar que en el Perú se construyeron los puentes del Tren Eléctrico en Lima con un cajón único también con peralte variable pero con almas inclinadas.

La Viga cajón se compone de:

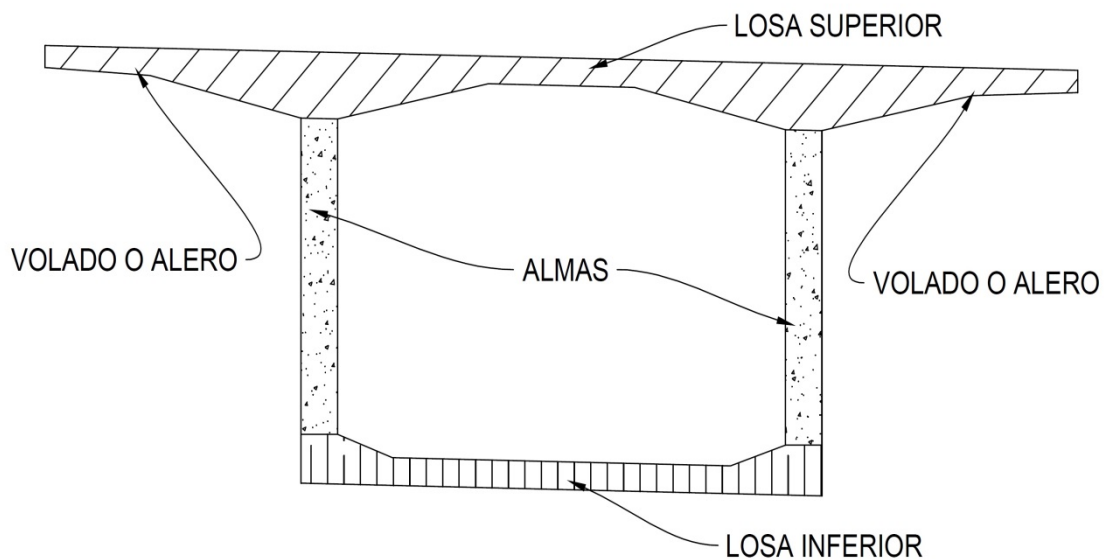


Fig 06. Fuente Propia - Partes de una Viga cajón convencional.

1.2. PUENTES EN VOLADIZOS (AVANCE EN VOLADIZO O CANTILÉVER)

Desde tiempos antiguos, los primeros puentes en voladizo fueron construidos en madera, tanto en Europa, así como vestigios de estructuras en China, India y Tíbet, Incluso en Sudamérica se pueden encontrar puentes de madera construidos antiguamente con esta técnica.

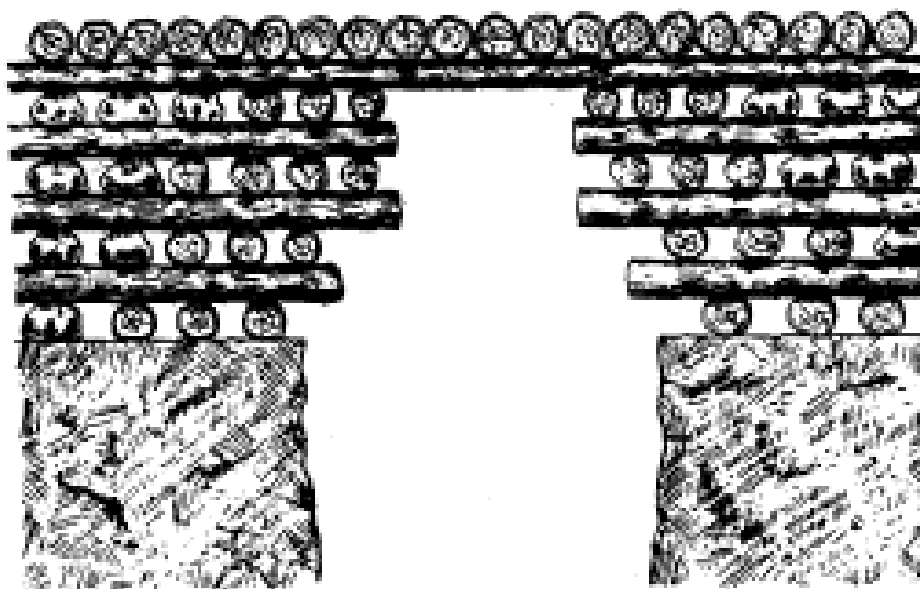


Fig 07. - Puente Galo de madera (Francia) (Fuente: Puentes de Hormigón - Jaques Mathivat)

Un ejemplo son las obras galas construidas con troncos de árboles colocados ortogonalmente en franjas horizontales, entre los cuales se colocaban bloques de rocas formando contrapesos.

En los siglos XIX y XX, este método constructivo se aplicó a la ejecución de puentes de grandes arcos metálicos y “cantiléver” del último siglo.

Seguidamente se tuvo un nuevo material, el concreto armado, con lo que muchos constructores se interesaron en la aplicación de esta técnica con él.

Pero debido al número elevado de armaduras necesarias para mantener la resistencia de la ménsula y a la fisuración que se genera en los extremos del tablero.

Este procedimiento constructivo de puentes tiene su verdadero desarrollo a raíz de la aparición del pre-esforzado (tensado con cables). Freyssinet, precursor del pre-esforzado, logra grandes logros al poder tensar los elementos de concreto a los estribos de los puentes y así rigidizar la estructura y poder realizar un volado de mayor longitud.

Este procedimiento constructivo aparece siempre ligado a la sección cajón, ejecutada “in situ” o constituida por dovelas prefabricadas, en general de peralte variable, también se presentan de canto constante, y con él se alcanzan luces máximas de vano de máximo 250 metros.

La construcción de tableros vaciados “in situ” se suele realizar con “carros de avance”, que pueden desplazarse en voladizo por un solo lado ayudados por un tensado provisional constructivo desde la dovela “0” por ambos lados.

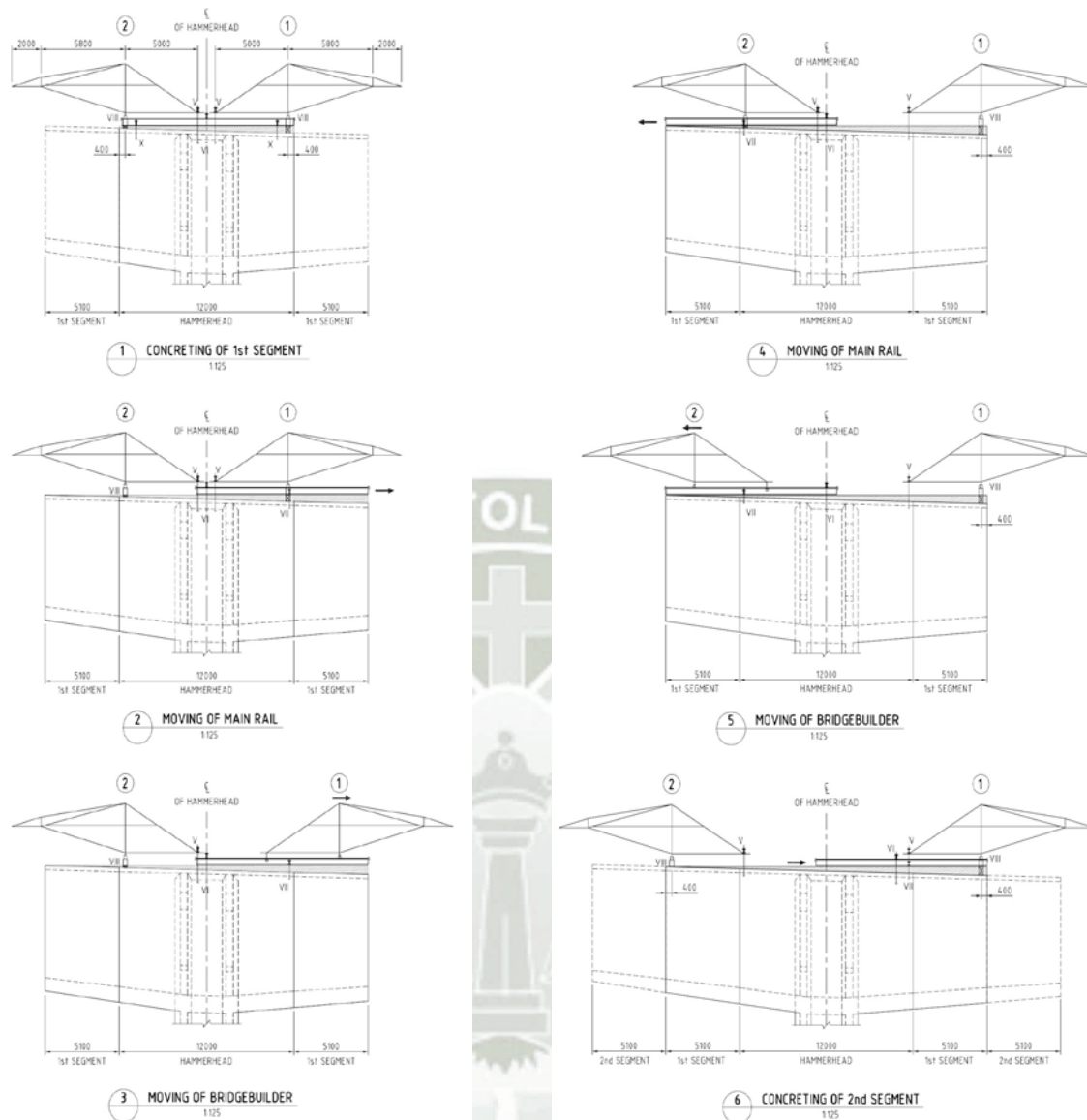


Fig 08. Secuencia de lanzamiento de un par de voladizos mediante Carros de Avance (Fases 01-06 – Fuente; Puente Chilina Plan Técnico GRA)

El proceso constructivo consta de:

- Ejecución de la dovela “0”, mediante encofrados apoyados en ménsulas arriostradas al pilar o torres de soporte estructurales.
- Montaje de carros de avance y lanzamiento simétrico de los mismos para ejecutar el tablero.
- Unión de las mitades del vano mediante una dovela de cierre y establecer la continuidad estructural con un tensado posterior.

1.3. PUENTES EN FALSO PUENTE O CIMBRA CONVENCIONAL

Es el sistema constructivo más frecuente en las obras de puentes o viaductos construidas “in situ”. Abarca todos los tipos frecuentes de tableros a excepción de los cajones con peralte o canto variable, los cuales también son realizados por segmentos cimbrados pero muy rara vez. La longitud de puentes construidos con este sistema puede ser de los 5m hasta los 100m de luz (Anexo: Grafico 01).

El sistema consiste, en esencia, en sostener los encofrados sobre los que se va a colocar el concreto del tablero, mediante una estructura metálica tradicional constituida por vigas y puntales.

Cuando alturas de rasante no son excesivas (hasta los 15 -20 metros) se utilizan cimbras apoyadas. En el caso del Puente Chilina se utilizó este método.

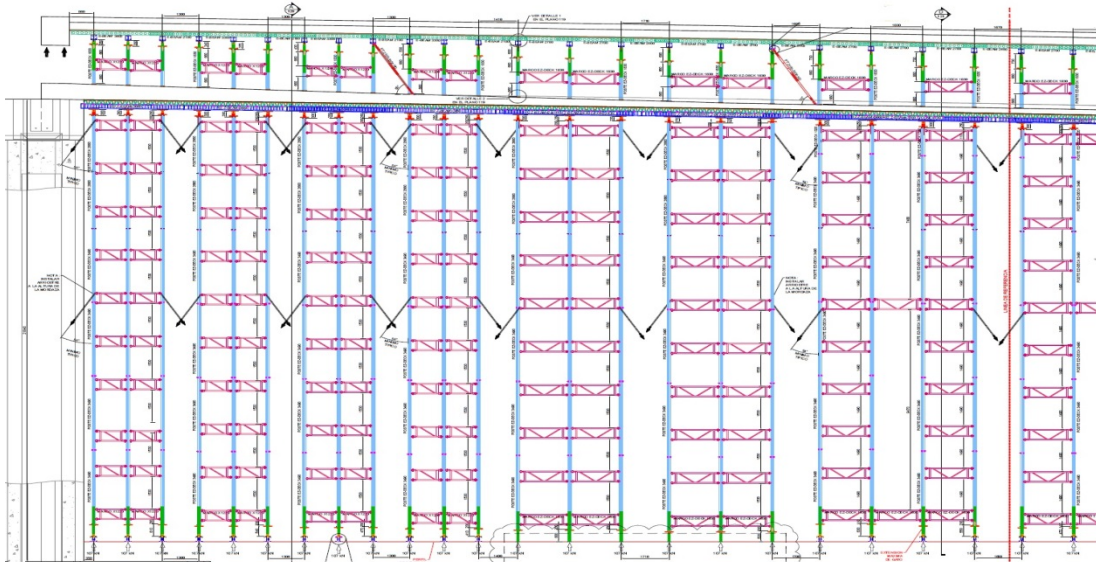


Fig 09. Cimbra apoyada (Vano 05 – Fuente: EFCO Puente Chilina)

Para alturas de rasante mayores resultarían antieconómicas, por lo que hasta los 35-40 metros, se recurre al empleo de cimbra aporcada que se compone de torres y tijerales o vigas metálicas.

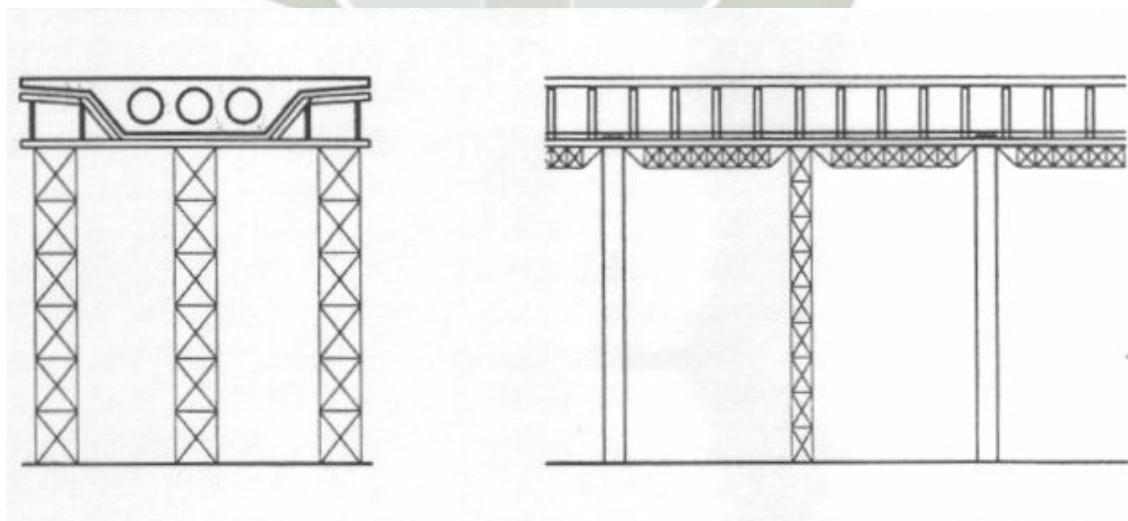


Fig10. Cimbra tipo torres o vigas metálicas (Fuente: Ministerio de Fomento

2000)

CAPITULO II

VOLADIZOS SUCESIVOS EJECUTADOS “IN SITU”

La construcción por voladizos sucesivos consiste en construir el tablero de un puente avanzando por tramos (dovelas o segmentos), haciendo soportar a la parte ya construida el peso propio del mismo tramo siguiente (nueva dovela), al igual que el peso de los encofrados y de las estructuras que permiten su construcción, para este estudio comparativo serian los Carros de Avance.

Cada segmento se une al precedente (dovela anterior) cuando adquiere una resistencia de concreto suficiente y una fuerza de tensado necesaria. De esta forma se convierte en auto portante y de esta manera está listo para soportar un nuevo avance.

La estabilidad del “cantilever” se asegura en cada ciclo de la ejecución por tendones de post-tensado del proceso constructivo, colocados y dispuestos en la losa superior de la viga cajón. Longitud creciente al ejecutar mas dovelas.

Para la construcción del Puente Chilina (Arequipa-Perú) se ejecuto una Dovela “0” de 8 metros de altura en los pilares 1 y 2, y una de 7 metros de altura en el pilar 3. De la misma manera se utilizaron Carros de Avance de la marca NRS (Noruega) y VSL (Francia) para la ejecución de los voladizos sucesivos. Seguidamente, se describirá el proceso constructivo a realizarse con este sistema.



Foto 01: Fuente propia – Pilar 03: Voladizos Sucesivos con Carro de Avance NRS (Puente Chilina, Arequipa-Perú)

2.1. EJECUCIÓN DE LA DOVELA DE PILA (DOVELA “0”)

Son 3 fases en las que se compone la ejecución de la Dovela 0.

- Fase 1: Consiste en la construcción de la losa inferior de la sección. En esta fase tenemos las siguientes actividades:

Montaje de Consolas G (ULMA) en el eje longitudinal del puente y montaje de Consolas BMK (ULMA) en el eje transversal, habilitación y colocación de paneles de fenólico del encofrado inferior de la losa, armado de las plataformas laterales de trabajo, Colocación de acero estructural de la losa inferior y acero vertical de hastiales y diafragmas de Dovela 0, encofrado del contorno de la losa inferior. Y teniendo todas las actividades completas según protocolos, con el control topográfico revisado y dando el visto bueno, como última actividad se procede a la colocación de concreto.

Para todas estas se suele disponer de una grúa torre correspondiente, colocada a pie de pila.

- Fase 2: Esta etapa comprende la ejecución de los hastiales y los diafragmas de la dovela 0. Las actividades a realizar son: colocación de acero horizontal y restante vertical en hastiales y diafragmas de la dovela, montaje de encofrados de hastiales Exteriores e interiores como también los encofrados de diafragmas; y así, con las actividades concluidas según protocolos, con el control topográfico revisado, se procede al hormigonado o colocación de concreto.

- Fase 3: Para concluir la construcción de la dovela 0, esta fase consiste en la ejecución de la losa superior de la sección de concreto. Las actividades a realizar en esta fase son: apuntalamiento cimbra y colocación de encofrado interior de la losa superior, montaje de apuntalamiento cimbra del fondo de losa superior exterior (aleros), colocación de acero y colocación de ductos de postensado de la losa superior, encofrado de frisos; y finalmente, según protocolos, con el control topográfico revisado, se procede al vaciado de concreto de la losa superior, teniendo mucho cuidado con el vibrado para así no tener vacíos entre los ductos de post-tensando y en los espirales de las culatas.



Foto 02: Fuente Archivo Fotográfico P. Chilina – P 03: Consolas, Plataformas de trabajo y Colocación de Acero



Foto 03: Fuente Arch. Fotográfico P. Chilina – Encofrado Completo Losa Sup.

Luego de concluir con la ejecución de la Dovela 0, luego de 36 horas se procede al post-tensado del elemento, y seguidamente a su desencofrado y desmontaje de las plataformas de trabajo y Consolas G y BMK. De tal forma el pilar con la Dovela 0 quedan libres de estructuras para seguir con el proceso de ejecución del tablero con el montaje de carros de avance.

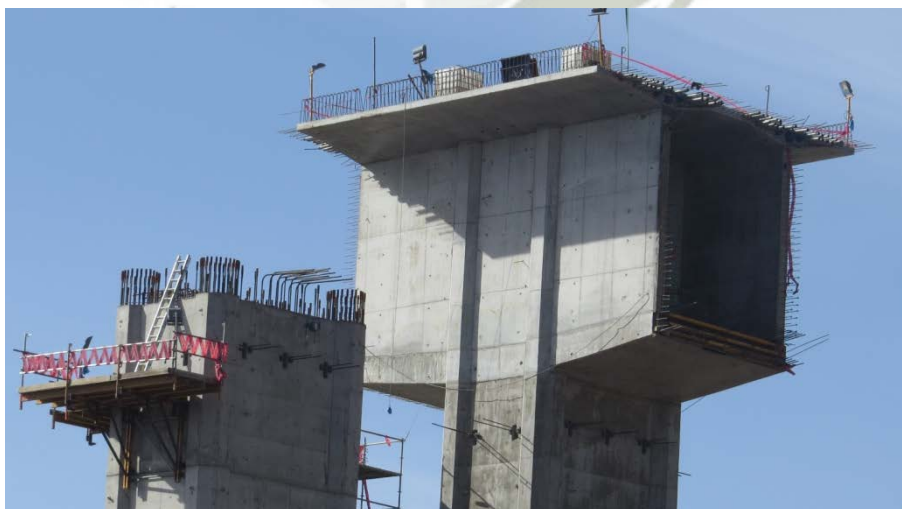


Foto 04: Fuente Arch. Fotográfico Puente Chilina – P 03: Dovela “0” Ejecutada

2.2. EJECUCIÓN DEL TABLERO

El procedimiento para la colocación de concreto en las dovelas es por parejas, ya que si se hiciera a destiempo (1 día o más de diferencia), el post-tensado dependería de la última dovela ejecutada (36 horas luego de vaciado alcanzando la resistencia adecuada). Así ya por parejas, se tiene como siguiente paso luego del hormigonado el post-tensado en el sistema isostático estructural que presentan las "T". El Post-tensado está constituido por uno o más cables para cada alma, y va anclado en las partes superiores de la sección transversal (Intersección entre losa superior y almas). Mayormente se presentan cartelas en estas intersecciones para tener el área necesaria para la colocación de anclajes. El concreto ha de tener una determinada resistencia antes de poner en carga los anclajes, en el caso del Puente Chilina se debe llegar a 280 kg/cm² o más de resistencia a las 36 horas luego del vaciado.

Existen 3 sistemas constructivos para ejecutar tableros de avance en voladizo, los carros de avance (voladizos simétricos), el uso de vigas autolanzables (inglés: Launching Gantry), y el carro de avance modificado, es decir avance en voladizo por un solo lado. Para este proyecto, se desarrolla del carro de avance.

2.2.1. Carro de avance

Esta tecnología es el más común de todos los medios para construir tableros en voladizos sucesivos. Y aunque se encuentran algunas

modificaciones dependiendo el proveedor de los carros y su uso; por lo general, en funcionamiento y operación son iguales.

Un carro funciona como un encofrado auto-deslizante horizontal, operarios montajistas lo operan, los carros del proyecto llevan encofrados con los que se va vaciando concreto para las dovelas "In Situ", otros tipos de carros pueden trasladar las dovelas pre-fabricadas y colocarlas.

Un carro de avance está compuesto por:

- a) Marcos o Estructuras Principales: Elementos portantes. Son aquellos que componen la estructura principal del carro y su función es soportar las cargas transmitidas por los elementos transversales que soportan los encofrados, al igual que carga de acero y concreto, y transmitir las al tablero (dovela ejecutada anteriormente), donde están ancladas de forma fija y segura.
- b) Vigas o Cerchas Metálica Transversales: El carro de avance tiene dos vigas (celosía o vigas tipo I) ubicadas transversalmente con respecto a los marcos principales. Estas proporcionan rigidez y capacidad portante necesarias al conjunto, además permite la transmisión de todos los esfuerzos y cargas generadas por el concreto y el peso propio de la estructura metálica que compone los carros.

- c) Apoyos frontales o *roller* frontal: Los apoyos están formados por las rodajes o *rollers* que permiten que el carro se desplace de un una dovela a otra, y un gato hidráulico vertical sobre el que se apoya en la fase de colocación de concreto de la dovela. La función principal del gato hidráulico es nivelar el carro de avance antes de empezar el vaciado de concreto, esto elimina el efecto de la deformación del carro de avance y soporta todas las cargas en la dovela anterior.
- d) Anclaje o “*roller*” trasero: Es un anclaje vertical el cual evita el volteo que se produciría por el peso de concreto fresco recién colocado. Se disponen una serie de agujeros o pases para pasar las barras de anclaje del carro. Los cuales se ubican en la parte delantera y trasera de la dovela, de esta manera los agujeros delanteros pasan a funcionar como traseros en la siguiente fase evitando generar una mayor cantidad de agujeros en la misma dovela para el siguiente segmento.

En la fase de lanzamiento del carro de avance al desplazarse hacia adelante, se genera un volteo mínimo, si el centro de gravedad del todo el conjunto de estructuras metálicas se encuentra por delante de los rollers o apoyos frontales. Para estos casos la parte de atrás se debe anclar en la viga de desplazamiento o riel con unas ruedas o rollers en el anclaje trasero que hacen tope en el ala superior de la viga, deberá estar asegurada con pisa-rieles y barras al hormigón.

- e) Vigas de desplazamiento o rieles: Son para desplazarse de una dovela a otra. Esta maniobra se realiza solo después de pretensar la dovela, luego de alcanzar la resistencia del concreto deseada (36 horas luego de ser ejecutada). La estructura metálica del carro se apoya en el concreto de la dovela con los gatos hidráulicos verticales, liberando el riel y así proceder a moverlo hacia adelante hasta ocupar la siguiente posición y así repetir el ciclo.
- f) Vigas y estructuras de soporte para el encofrado: Estos elementos que soportan los encofrados empleados en la construcción de las dovelas: exterior, interior y plataforma inferior; los cuales penden de las barras y teclas o polipastos de las vigas o cerchas transversales, y también del riel de desplazamiento del encofrado interior con barras roscadas y rodillos. En conclusión son unas armaduras que conforman los diferentes encofrados. Se apoyan en la parte delantera de la última dovela ejecutada.
- g) Plataformas de trabajo: Son espacios de trabajo adecuados a las características operativas de los carros de avance como niveles de trabajo y la estructura portante. Presenta medidas de protección y seguridad colectivas y espacio para las diferentes maniobras de liberación de encofrados, lanzamiento de carros de avance, aseguramiento y nivelación, no se debe utilizar como zona de acopio de materiales o residuos.

- h) Elementos auxiliares: Elementos necesarios para el correcto funcionamiento de los carros: rodajes del encofrado interior, equipo hidráulico, barras de soporte y anclajes, tecles o polipastos, tuercas, planchas niveladoras, etc.
- i) Plataformas auxiliares: Son opcionales y soportan a los trabajadores que realizan trabajos exteriores de los encofrados de las dovela.

A continuación, se aprecia las partes que componen un carro de avance.

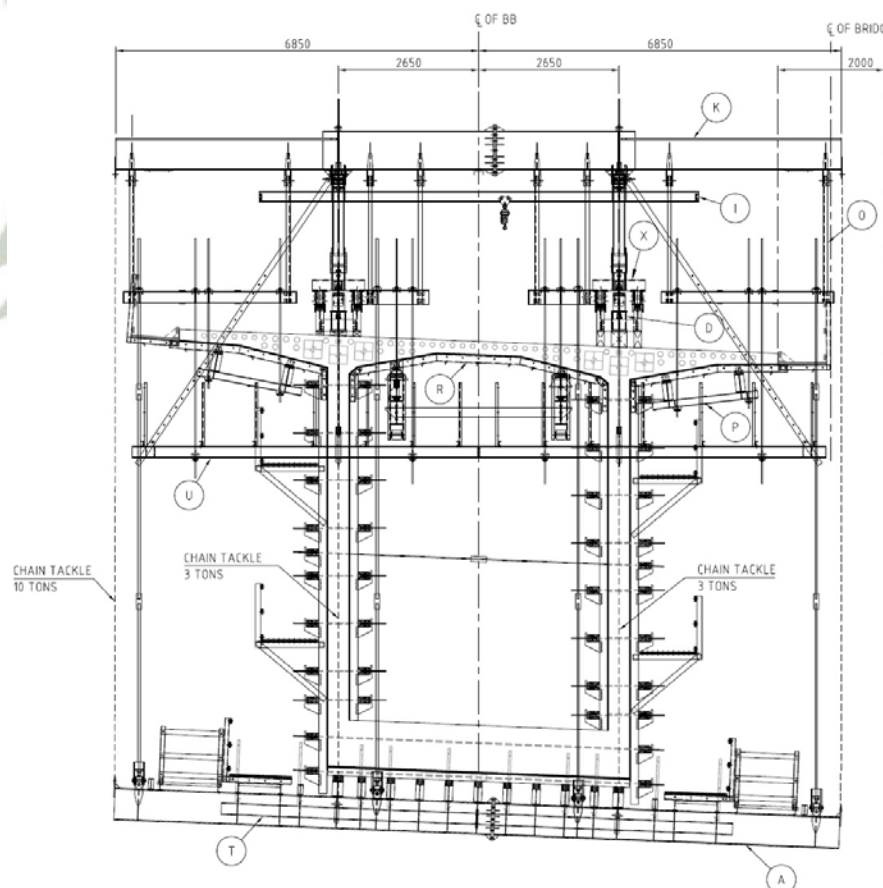


Fig 11. Vista frontal del Carro de Avance. (Fuente: NRS – Puente Chilina GRA)

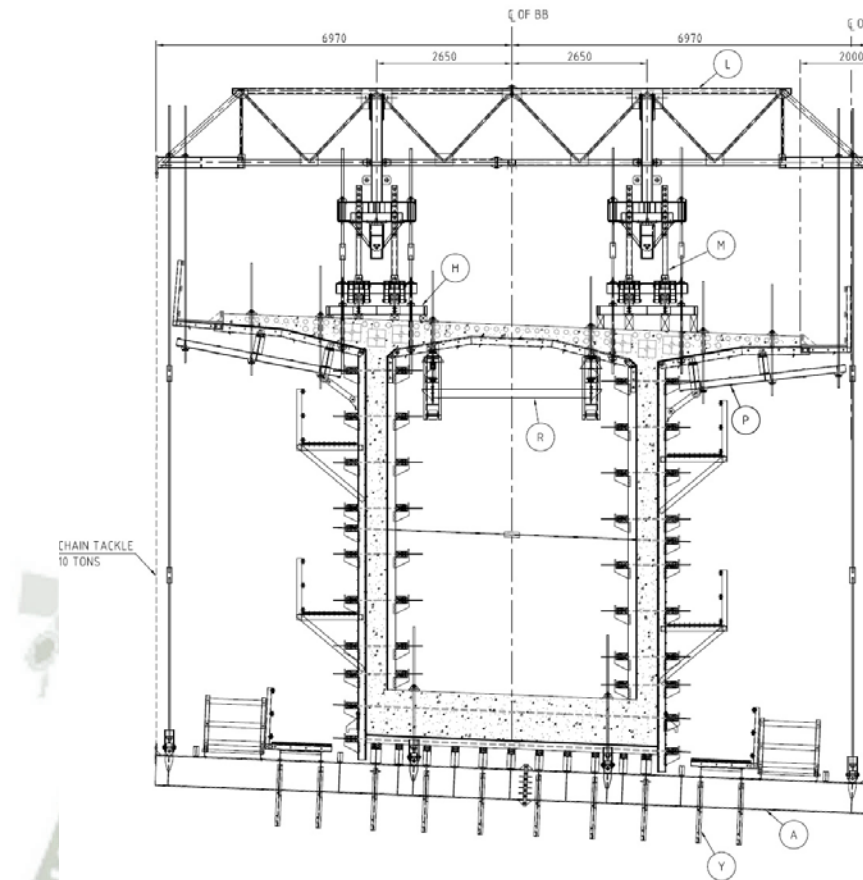


Fig 12. Vista post. del Carro de Avance. (Fuente: NRS – Puente Chilina GRA)

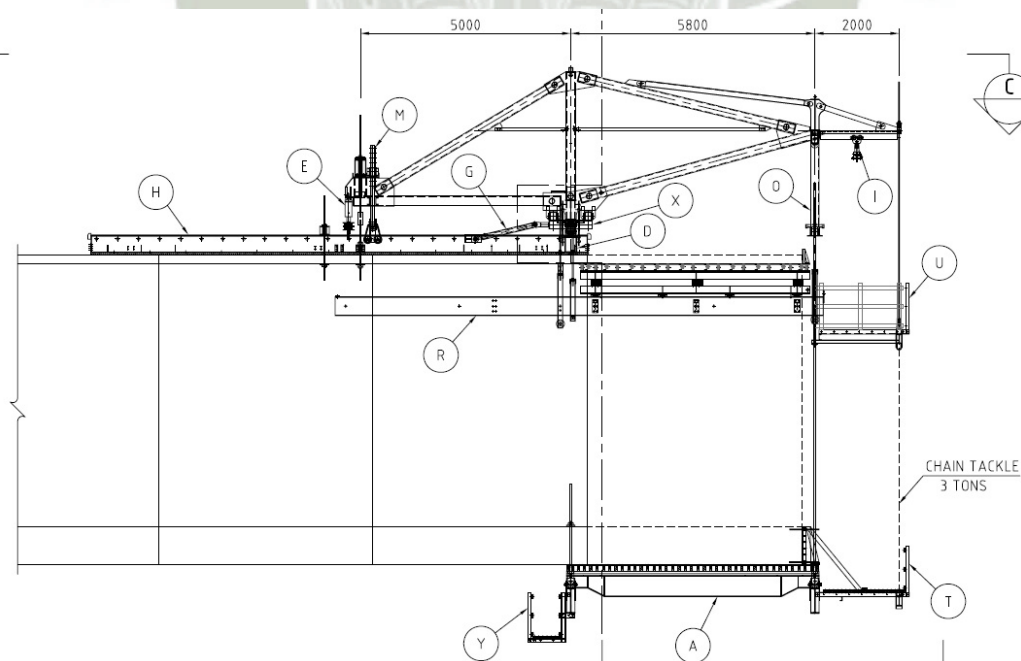


Fig 13. Vista lateral del Carro de Avance. (Fuente: NRS – Puente Chilina GRA)

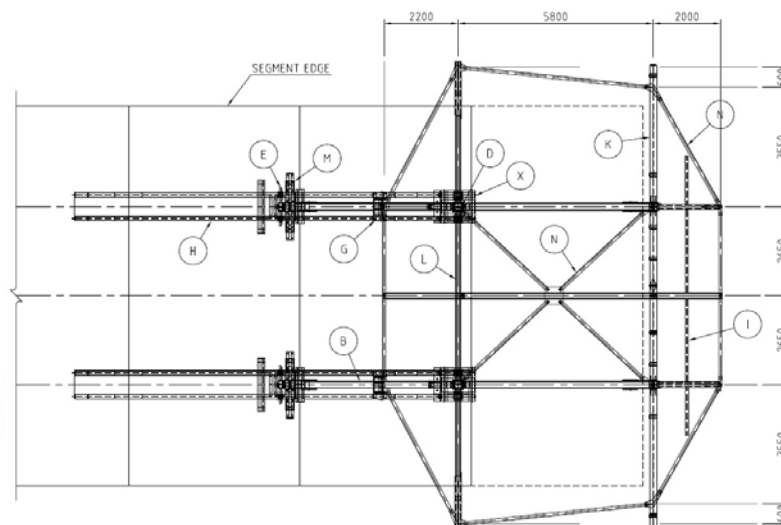


Fig 14. Vista en planta, Carro de Avance. (Fuente: NRS – Puente Chilina GRA)

PIEZA	DESCRIPCION
A	PLATAFORMA INFERIOR
B	MARCO PRINCIPAL
D	GATAS HIDRAULICAS
E	PISTONES ANCLAJE
G	PISTONES DE LANZAMIENTO
H	RIEL PRINCIPAL
I	SOPORTE FRONTAL TRANSVERSAL
K	VIGA FRONTAL
L	MARCO TRASERO
M	RODAJE O ROLLER TRASERO
N	ARRIOSTRE
O	PENDULONES
P	ENCOFRADO EXTERIOR
R	ENCOFRADO INTERIOR
T	PLATAFORMA DE TRABAJO INFERIOR
U	PLATAFORMA DE TRABAJO SUPERIOR
X	RODAJE O ROLLER DELANTERO
Y	PLATAFORMA DE TRABAJO TRASERA

Cuadro 01: Lista de Piezas del Carro de Avance NRS.(Fuente Propia)

Los carros de avance se utilizan apenas finaliza la construcción de la dovela 0 y desmontaje de consolas o ménsulas instaladas para realizarla. Desde ese momento se puede izar la pareja de carros de avance para su respectivo montaje y utilización para ejecutar la dovela 01 de ambos lados de forma simétrica que sirve para desplazar la pareja de carros sobre ellas. De esta forma poder ejecutar los siguientes segmentos de forma simétrica y en sentidos opuestos a partir del pilar.

En otros proyectos se da el caso que la dovela 0 es asimétrica o, un caso más común, suele ser que los carros de avance son de un tamaño mayor a la mitad de la dovela 0, por lo que se monta un carro, se coloca concreto en la dovela 01 de ese carro, se lanza el carro sobre la dovela 01 ya ejecutada y postensada y así se puede liberar la cabeza de la pila para que pueda recibir al segundo carro. Tras el proceso de montaje del segundo carro y ejecución y postensado de la dovela 01 par, se puede iniciar la construcción de las diversas dovelas de forma simétrica y en sentidos opuestos a partir de la pila. Un ejemplo claro de este proceso lo tenemos en proceso constructivo de los Puentes del Metro de Lima – Línea 1.

2.2.1.1. Montaje de Carros de Avance

Para el proceso de montaje de carros de avance se siguieron los pasos a continuación:

- 1) Rieles y calzos: Ubicados sobre la dovela 0 ya ejecutada, esta sería la dovela de apoyo. Se colocan en posición según planos y se asegura mediante barras roscadas y pisa-rieles.

- 2) Marcos o Estructuras principales y “rollers” o rodajes: Este grupo de estructuras esta formado por dos conjuntos de vigas (los marcos principales dependiendo de la marca del proveedor tienen diferentes formas: romboidal, triangular, “Z”, etc.) que se desplazan sobre las vigas riel y soportan la carga de la estructura, elementos de transporte y anclaje, constituyendo la estructura principal del carro de avance. Las vigas verticales y vigas delanteras del marco que forman la estructura principal se apoyan sobre los rollers delanteros, traccionan los rodajes o “rollers” traseros y llevan colocados los amarres para el montaje de las vigas o cerchas transversales de celosía superiores.



Foto 05: Fuente Propia – Montaje de Marcos Principales.

- 3) Vigas tipo I o de celosía, vientos horizontales y pendolones: Se montan las vigas de celosía igualmente con torres grúa y maniobras lo más amplias posibles, teniendo una holgura de espacio de la pasteca de la grúa sobre las estructuras principales del carro de avance.



Foto 06: Fuente Archivo Fotográfico P. Chilina – Izaje de Viga Frontal.

- 4) Paneles y Hastiales: Al ser una estructura plana, es aconsejable el pre-montaje a nivel del suelo tanto la armadura del encofrado interior y exterior, e izarla luego con la torre grúa para montarla en su posición final.

- 5) Montaje de la plataforma inferior o BF (*bottom form*): mediante gatas para izajes de alto tonelaje y tendones.

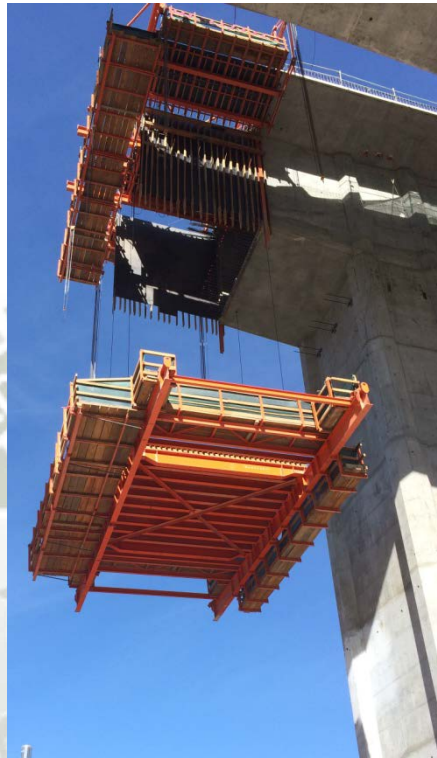


Foto 07: Fuente Propia – Izaje de plataforma de trabajo inferior o *Bottom Form*

- 6) Equipo hidráulico: Finalmente, para cada pareja de carros de avance se tiene una central hidráulica, dos gatos hidráulicos verticales con rosca de seguridad de 60 Tm de capacidad cada uno.

Una vez hecho el montaje de los carros de avance, se realiza una revisión técnica del aseguramiento y anclaje de todas las partes, sobre todo barras roscadas y uniones de barras con la ayuda de un checklist de montaje y otro checklist de seguridad de barras.

2.2.1.2. Operación de Carros de Avance

Luego de tener los carros de avance chequeados y anclados a la Dovela cero, periódicamente se realizarán revisiones de seguridad cuando se desplacen los carros de avance a lo largo de todo el ciclo constructivo con la ayuda de varios checklist, sobretodo en dos fases principales:

1. Lanzamiento de carros de avance: Las estructuras del carro sufren una serie de esfuerzos y deformaciones que corresponden al movimiento de estos. También los elementos (barras, tuercas, placas y uniones) que mantiene a los carros asegurados al tablero corren el riesgo de desgaste por lo que se tensionan y liberan repetidas veces en todos los ciclos, mas aun si no se respeta la manipulación que aconseja el fabricante, de esta forma se podría llegar reemplazar dichos elementos por otros nuevos.

Es también muy importante ver que las placas de reparto estén asentadas perfectamente sobre el concreto y que éstas mantengan la perpendicularidad con las barras roscadas, para esto dependiendo la pendiente transversal del tablero se pueden usar placas con bisel para lograr la perpendicularidad. Además de esto hay que tener especial cuidado con el estado y utilización de los gatos hidráulicos y el posicionamiento de los carriles durante el lanzamiento. Durante la parte operativa se lleva una lista de control “checklist” en el cual se verifican

los procesos a seguir y el aseguramiento de la estructura. (Anexo: Documentación Checklist Doc. 01 y Doc. 02)

2. Colocación de concreto: Para esta fase el carro de avance soporta los máximos esfuerzos, por lo cual se debe estar extremadamente atento ante algún comportamiento anómalo de la estructura. Además, debe comprobarse el hermetismo y rigidez de los encofrados, se debe distribuir el concreto de forma equitativa y manteniendo equilibrado el carro de avance de forma transversal para que la estructuras y encofrados no se sobre-esfueren y no haya cambios bruscos de cotas, también se debe tener énfasis en la seguridad de las plataformas de trabajo debido que el personal se desplaza y realiza trabajos y maniobras constantemente.



Foto 08: Fuente Propia – C.A. Preparados para colocación de concreto.

Con los carros de avance montados y las revisiones necesarias realizadas se podrá proceder al movimiento y posicionamiento de estos, para lo cual se necesitaran equipos hidráulicos especiales (gatas y pistones) adaptados para realizar dos funciones diferenciadas:

- a) Avance: En esta fase el equipo está sometido exclusivamente a las cargas propias producidas por el peso de la misma estructura metálica. Con el carro de avance montado y anclado al tablero, se lanzan los rieles sobre la dovela ejecutada donde deben anclarse y asegurar nuevamente. Posteriormente, se libera el carro de sus anclajes traseros, se asienta sobre los rieles, desplazándose sobre los rieles hasta la siguiente posición sobre la dovela recientemente ejecutada y post-tensada y vuelve a fijarse al tablero. Al desplazarse el carro de avance sobre las vigas riel debe tener los encofrados abiertos, apoyado en las ruedas delanteras y sujeto por los rodajes traseros para evitar el volteo de la estructura ya que el centro de gravedad se encuentra hacia adelante. El encofrado interior se desplaza a través un par de rieles que están situados bajo la losa superior del tablero. Dependiendo el tipo o fabricante se pueden desplazar a la par del encofrado exterior o se puede lanzar el encofrado interior después, para dar espacio a la colocación de acero y luego lanzar el encofrado interior.

- b) Puesta en cota: Esta operación se realiza mediante gatos hidráulicos verticales de grandes prestaciones. Una vez lanzado el carro se procede

a su nivelación. Para ello se realiza primero el alineamiento del eje central, operación que se ejecuta fijando un poco el encofrado sobre la dovela anterior en la losa inferior. Luego, y simultáneamente, se procede a la corrección del eje y aseguramiento total en la dovela antigua, y nivelado de los puntos característicos del encofrado exterior (aleros). El proceso de posicionamiento y nivelación dura de 2 o 3 horas por carro.

Un ciclo completo de avance de dovelas se ejecuta en una semana (7 días calendario).

Mayormente la longitud de la dovela depende de la rapidez con que se quiera obtener el proyecto. Un tamaño normal en los primeros puentes segmentados ha sido 3.0 m. a 3.5 m. en el mundo. En la actualidad se ejecutan dovelas de hasta 6 m. y 7 m. de longitud. Al tener dovelas de mayor longitud es necesario cuidar especialmente la rigidez del carro y el procedimiento de colocación de concreto. Este debe realizarse siempre de adelante hacia atrás para que el carro de avance adquiera toda su flecha cuando se vierta el concreto fresco que estará en contacto con la antigua dovela. Al no realizarse de la forma indicada se corre el peligro que se genere una grieta en la junta de unión entre dovelas. La longitud de dovela en el Puente Chilina es de 5.10m y un vano principal de 157m.

El peso de los carros depende del tamaño (longitud) de la dovela a ejecutar, por ejemplo los pequeños oscilan entre 30 Ton y 40 Ton, y los

grandes 100 Ton y 120 Ton. Los carros de avance de mayores dimensiones pueden ser cubiertos con lonas o mallas para aislar el interior de las inclemencias del tiempo, y para realizar el curado del hormigón. El peso de un carro de avance NRS o VSL es de aprox. 60 a 70 Ton para un vano entre 100m. y 150 m.

2.2.2. Ejecución de Dovelas

A continuación se describen las operaciones necesarias para ejecutar un ciclo de dos dovelas simétricas:

- Lanzamiento y fijación del carro de avance: El ciclo comienza cuando el concreto alcanza la resistencia de 280kgf/cm^2 que se necesita para poder efectuar las operaciones de post-tensado. Es cuando se procede a hacer la separación del encofrado y el tensado de los cables de post-tensado. Se procede al lanzamiento del carro con el sistema hidráulico de avance como también los encofrados interior y exterior. Tras el avance del carro, se ancla la plataforma de trabajo inferior en la losa inferior y las alas de los encofrados laterales a la sección recientemente ejecutada y, a continuación, se procede al alineamiento horizontal del carro de avance y al nivelado topográfico en su posición y cotas definitivas.

- Colocación de acero de la losa inferior y de los hastiales de la sección:
El acero de la sección se inicia montando la malla de losa inferior sobre el encofrado de la plataforma inferior disponiendo los separadores necesarios para el recubrimiento.
- Encofrado del resto de la sección: Los encofrados interiores se encuentran abiertos (o en el caso de los encofrados interiores de NRS se encuentra retrasados aun en la dovela anterior) totalmente limpios, con su correspondiente capa de aditivo desmoldante, durante las operaciones de avance del carro y colocación de acero de losa y hastiales. Cuando finaliza esta última operación, el encofrado interior se despliega y se sitúa en posición, sujetándolo primeramente a la zona delantera de la dovela anterior.
- Colocación de acero y colocación de ductos de la losa superior: Primero se procede a colocar la malla o armadura inferior de la losa, con sus correspondientes separadores. Los ductos de los cables de tesado del procedimiento constructivo se montan a continuación utilizando como referencia el acero colocado y sujetándolas a ella y a varillas de acero adicionales horizontales, para evitar su movimiento con la colocación de concreto. El proceso de voladizos sucesivos precisa de dos grupos simétricos respecto al eje del tablero de cables horizontales. Conforme avanza el proceso, se van anclando cables por cada pareja de dovelas.

Tras la colocación de los ductos de tesado del proceso constructivo, se coloca la malla superior del armado de acero de la losa.



Foto 09: Fuente Arch. Fotográfico P. Chilina – Acero y Ductos PT en Losa Sup.

- Nivelación definitiva del carro: Cuando el segmento está preparado para la colocación del concreto, previamente se debe de hacer una comprobación topográfica de la cota del mismo, para proceder, a continuación, a levantar el carro hasta aproximarlos a las cotas fijadas por el proyectista.
- Colocación del concreto en la dovela: Durante este proceso, el carro de avance permanece apoyado sobre gatos verticales situados bajo el marco principal y anclado al tablero en su parte posterior mediante barras y un soporte trasero. La sustentación de los diferentes encofrados se distribuye de forma que el frente delantero queda suspendido de la viga transversal delantera, mientras el trasero se ancla directamente al tablero anterior. A medida que las dovelas reducen su peralte, la parte saliente del encofrado exterior aumenta respecto a la plataforma inferior del carro, lo cual obliga a desmontar los paneles sobrantes. Sin

embargo, el encofrado interior debe ser cortado o desmontado para adaptarlo a la disminución de cota en el interior de las dovelas.

La colocación de concreto comienza en primer lugar con la ejecución de la losa inferior de la sección transversal. En segundo lugar, luego de 1 hora de fraguado, se ejecutan los hastiales de la sección lentamente y por capas de 0.50m para evitar el empuje del concreto de la losa inferior. Finalmente se ejecuta la losa superior, llevándola a todo lo ancho de la dovela, comenzando por el extremo frontal libre de la dovela y avanzando hacia la zona contigua a la dovela anterior. Terminada la colocación del concreto, se le hace un frotachado o acabado rugoso a la superficie y se le aplican los aditivos curadores y selladores.



Foto 10: Fuente Archivo Fotográfico P. Chilina – Colocación de concreto losa inferior.

- Desencofrado de las dovelas: Al día siguiente de ejecutar la dovela se procede al desencofrado lateral.

- Curado del hormigón: Las superficies expuestas del concreto de la dovela (friso, sección transversal y losa superior) deben curarse para evitar su fisuración por un proceso no controlado de retracción. Este cuidado es tanto más 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 en cemento de altas resistencias iniciales, se producen altos niveles de calores de hidratación a corto plazo. El curado del hormigón de la dovela debe comenzar en el momento en que se inicia el fraguado, lo cual se manifiesta por una pérdida del brillo superficial.
- Enfilado y tensado de los cables del proceso constructivo: Teniendo la enfiladora en la parte superior del tablero se procede al enfilado de los ductos, actividad que es directamente proporcional entre el tiempo de enfilado con longitud de dovelas ejecutadas. Por lo general algunas empresas dan un procedimiento de tesado del Proceso Constructivo, en el que se incluye un programa de tensado completo, indicando: el orden de tesado, las fuerzas de tensado y las presiones equivalentes según los equipos utilizados, así como los alargamientos (ΔL) teóricos previstos y los valores de alarma.
- Inyección de los ductos: La lechada para la inyección de los ductos se fabrica sobre el tablero, situando sobre el mismo la mezcladora de lechada y la bomba de inyección. La lechada se introduce dentro del

ducto a través de los tubos de PVC de purga que se han conectado a los ductos con chimeneas, sujetándolos a ellos con cinta industrial.

Y de esta manera, se culmina un ciclo de ejecución de dovelas simétricas y a la par inicia nuevamente un nuevo ciclo. De esta forma se ejecutan las siguientes dovelas repitiendo el ciclo.

A continuación se detalla la programación del ciclo óptimo semanal para la ejecución de un par de dovelas.

Descripción de la Actividad	SEMANA 1						
	DIA	DIA	DIA	DIA	DIA	DIA	DIA
	01	02	03	04	05	06	07
Puente CHILINA							
Pilar 03							
CARRO NRS							
Postensado Dovelas	■						
Lanzamiento C.A.01	■						
Nivelacion de BS y EFW (aleros) C.A. 01	■						
Colocación de Acero losa inferior y muros C.A. 01	■						
Lanzamiento C.A.02	■						
Nivelacion de BS y EFW (aleros) C.A. 02		■					
Colocación de fierro losa inferior y muros C.A. 02		■					
Lanzamiento IF C.A. 01		■					
Corte y preparacion de encofrado C.A. 01		■					
Nivelacion de plataforma superior (IF) C.A. 01		■					
Colocación de fierro losa superior y PT C.A. 01		■	■				
Encofrado cara de dovelas y losa superior C.A. 01			■	■			
Lanzamiento IF C.A. 02			■	■			
Corte y preparacion de encofrado C.A. 02			■	■			
Nivelacion de plataforma superior (IF) C.A. 02			■	■			
Colocación de fierro losa superior y PT C.A. 02			■	■	■		
Encofrado cara de dovelas y losa superior C.A. 02				■	■	■	
Controlo de geometria / Liberación						■	
Vaciado dovela						■	
Curado							■

Cuadro 02 : Elaboración Propia. Ciclo semanal (7 D.), Ejecución de par de Dovelas con C.A. (Fuente Propia)

2.3. DOVELA DE CIERRE

Para la total finalización de un vano del tablero del puente, se ejecuta la dovela de cierre. Para ello, se puede ejecutar de dos formas:

- a) Se inmovilizan los dos voladizos con vigas metálicas y se utilizan la plataforma inferior de uno de los carros como superficie de trabajo. Los encofrados exteriores se reutilizan o desmontan al igual que el interior del carro, para sustituirlos por encofrados hechos "In Situ" pero más ligeros.



Foto 11: Fuente Archivo Fotográfico P. Chilina – Dovela de Cierre.

- b) O también, como se realizó en varios puentes al igual que en el Puente Chilina, se realiza el cierre con el carro de avance. Para lo cual uno de

los carros de avance ya retrocedió al momento de ejecutar la última dovela del voladizo contrario. Este carro de avance se vuelve a lanzar para ser anclado en la última dovela ejecutada del otro voladizo. El carro de avance abraza ambos voladizos contiguos en sus extremos. Se asegura el carro de avance y se rigidiza para transferir las cargas a ambos voladizos. De esta manera se procede a ejecutar la dovela de cierre.

2.4. POST-TENSADO DE CIERRE

Como operación final de tablero se realiza el tesado de continuidad, produciéndose la unión de los dos voladizos contiguos y convirtiendo a ambos en una viga continua, para absorber las cargas de uso. Se introducen los equipos de enfilado y gatas de tensado dentro del cajón del tablero y se procede a enfilear dichos cables para luego tensar los cables de continuidad. Para introducir los cables se utilizan los agujeros dejados en la losa superior. Los ductos de los cables de continuidad se inyectan también desde la losa superior del tablero.

Por último y con respecto a la finalización del tablero se puede indicar que se deben tapar las ventanas de acceso como también los insertos que se dejan para el anclaje del carro de avance, así como la instalación de juntas de dilatación si están proyectadas sobre el tablero.

2.5. PROCESO DE DESMONTAJE DEL CARRO DE AVANCE

Cuando se llega al centro del vano y después de ejecutar la última pareja de dovelas y el cierre central del vano, se continúa con el desmontaje de los carros de avance siguiendo el proceso inverso al montaje.

Los carros situados en estribos, se desmontan con la ayuda de grúas móviles, mientras que los ubicados en el centro del tablero se desplazan hacia atrás, un lanzamiento en retroceso, es decir a la dovela 0, para luego proceder a su desmontaje.



CAPITULO III

VIGA SECCIÓN CAJÓN EN FALSO PUENTE (CIMBRA CONVENCIONAL) HORMIGONADA “IN SITU”

3.1. GENERALIDADES

3.1.1. Compactación del Terreno

La compactación se define como un proceso mecánico mediante el cual se logra la densificación del suelo al reducirse los espacios vacíos por la expulsión de parte del aire contenido en ellos a través de la aplicación de una determinada carga.

El terreno compactado permite realizar una cimentación segura y evitar asentamientos por cargas concentradas.

3.1.2. Losa de cimentación

La losa de cimentación, que sirve de apoyo a la cimbra, es una placa de hormigón de 0.20m de espesor con refuerzo de acero longitudinal y horizontal de concreto $f'c=210$ kg/cm² apoyada sobre el terreno la cual reparte el peso y las cargas del puente sobre toda la superficie de apoyo.

Las losas son un tipo de cimentación superficial que tiene muy buen comportamiento en terrenos poco homogéneos que con otro tipo de cimentación podrían sufrir asentamientos diferenciales. Se diseña para soportar el peso de la cimbra, más sobrecargas y transmitir los esfuerzos menores a los admisibles al terreno.

3.1.3. Cimbra o falso Puente

Se define como Falso Puente la estructura provisional que tiene por objeto sustentar el peso propio de los encofrados y del concreto fresco y las sobrecargas de construcción, ajustándose a la forma principal de la estructura, hasta que el proceso de endurecimiento del concreto se haya desarrollado de forma tal que la estructura sea capaz de resistir por sí misma las citadas acciones.

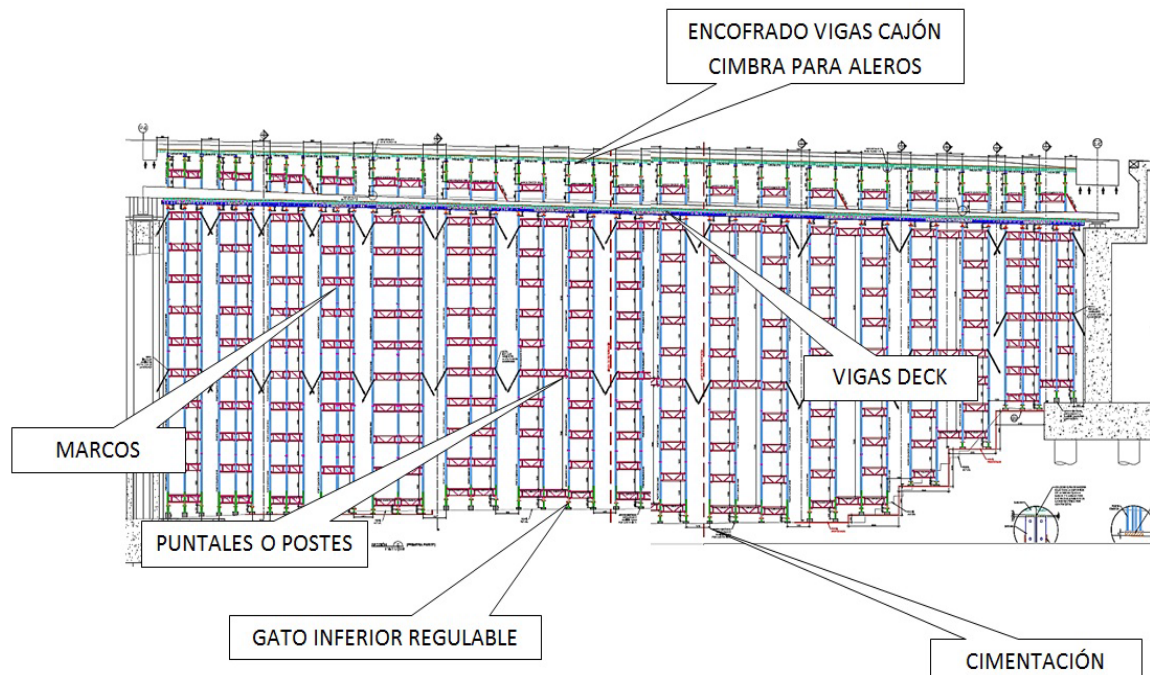


Fig 15. Partes de una Cimbra Apoyada Convencional (Fuente: EFCO - Puente Chilina Vano 05 GRA)

3.2. PREPARACION DE SUELOS Y EJECUCION DE CIMENTO DE FALSO PUENTE

La preparación del terreno en donde apoyará la cimbra empieza con el mejoramiento del terreno natural, reemplazando parte de éste por material apropiado para formar una capa compactada.

Se empieza con los trabajos de compactación y nivelación, a fin de dejar un espacio en lo posible limpio y uniforme, listo para el trazado de la cimentación y para el pre-montaje de las torres de cimbra.

Sobre el terreno compactado se requiere una cimentación rígida, pudiendo ser ésta mediante dados de concreto en la parte inferior de cada apoyo o mediante una losa armada continua bajo la sombra que genera la cimbra, para el presente proyecto este último es el elemento más adecuado a fin de repartir mejor las cargas de los postes.

La correcta ejecución de las actividades anteriores (nivelación, compactación y cimentación) garantizan los no asentamientos de la cimbra tras recibir la carga del hormigón fresco.

3.3. PRE ARMADO DE TORRES

El apuntalamiento vertical de la cimbra está formado por postes de aluminio, los cuales junto con los marcos, que sirven de arriostramiento horizontal, forman las “torres deck-z”.

Las torres deck-z se pre-arman en cuerpos, a nivel de suelo, se arman de forma horizontal (echadas).

Cada poste de aluminio se une a otro a tope a través de pernos que ajustan un plato de conexión. Se conectan los marcos E-Z con los postes, se arma primero el lado más largo de la torre.

Luego se instalan los marcos E-Z en los lados cortos de la torre, formando ángulos rectos con los marcos del lado largo, perpendiculares al piso.

Se instalan el resto de postes en los marcos parados y se instalan los marcos E-Z restantes para completar el otro lado largo de la torre y así tenerla completa.

Se instalan los gatos inferiores y los cabezales U. Se ajustan a la altura requerida.

Como actividad paralela se ensambla los soportes de losa (Fondo de viga cajón) utilizando las vigas Z-BEAMS y las E-BEAMS de EFCO, y se procede a colocar y asegurar las laminas de fenólico.

Todos estos trabajos se realizan de forma segura en el piso con la supervisión de un especialista del encofrado y apoyo de ingeniería.

3.4. MONTAJE DE TORRES

Las torres deck-z luego son erguidas con grúas de izaje y de retención hacia el siguiente tramo de una torre o para formar otra torre.

La grúa a utilizar depende de los recursos que se tengan en obra, en este caso se utilizaron grúas móviles y torres grúa. Se posicionan y de acuerdo al armado se genera un plan de montaje y de desplazamiento de la grúa según su radio y tabla de cargas.

Se coloca la maniobra en el lado que presentan los cabezales-U, los cuales soportaran las plataformas superiores de la cimbra. Se procede al izaje siempre trabajando con una grúa de asistencia (en este caso camiones grúa) para así hacer la retenida al momento del izaje.



Foto 12: Fuente Archivo Fotográfico P. Chilina – Dovela de Cierre.

Ya con el elemento en vertical izado, se libera la maniobra de asistencia (retenida) y se procede a la ubicación ya trazada por topografía en la losa de cimentación, cualquier giro de la grúa se realiza con la carga (torre) a ras de suelo.

Cuando se tenga la torre estabilizada en los ejes ya marcados, la grúa procede a bajar gancho y así asentar la torre sobre la losa de cimentación.

3.5. ARMADO DE PLATAFORMA

Al tener ya las torres en posición, los trabajos de armado de fondo de losa inician colocando y empernando en primera instancia las vigas Z-BEAM en los Cabezales-U ya instalados en los postes de las torres.

Las vigas E-BEAMS se instalando seguidamente sobre las Z- BEAM a las distancias que estipulan los planos de detalle de la modulación del encofrado.

Con ambas vigas aseguradas y en posición, se colocan las láminas de fenólico para así generan una superficie uniforme a lo largo de la parte superior de la cimbra.



Foto 13: Fuente Archivo Fotográfico P. Chilina – Laminado cimbra.

Teniendo el fondo de losa asegurado, nivelado y ya aplicado el aditivo desmoldante; se procede a la colocación de acero estructural pre

dimensionado. De esta manera quedaría todo listo para la siguiente etapa de colocación de encofrados de cierre.

3.6. INSTALACIÓN DE HASTIALES EXTERIORES E INTERIORES

Los hastiales son pre montados en el suelo con Vigas E-BEAMS y SUPER STUD, siendo la posición de vigas E-BEAMS de forma horizontal y las SUPER STUD de forma vertical; se colocan los paneles de fenólico sobre las vigas E-BEAMS y se aseguran clavándolas.

Teniendo el acero estructural colocado, mediante el uso de grúas se izan los hastiales exteriores y se colocan y aseguran momentáneamente en su posición, se colocan puntales telescópicos en diagonal apoyados en la plataforma de trabajo lateral de la cimbra.

Revisar la continuidad del apanelado de encofrado, para que todas las juntas estén cerradas. Se debe aplicar aditivo desmoldante a las superficies que estén en contacto directo con el concreto para así, asegurar la calidad y buen aspecto del concreto endurecido.



Foto 14: Fuente propia – Encofrado interior de Viga cajón sobre cimbra.

3.7. EJECUCIÓN DE LA PRIMERA FASE DE VIGA CAJÓN (U)

Ya verificada la cuantía, posicionamiento y distancias del acero estructural; revisado los ductos de post-tensado tanto en muros como en losa inferior y bloques, y así también la verificación del recubrimiento, aseguramiento y la nivelación de encofrados verticales; se tendría listo el elemento de la primera fase (U) para la colocación de concreto.

En el caso del Puente Chilina se inicia del estribo 02, luego vano 05, pasando por el pilar 04 y su diafragma y terminando en la mitad del vano 04.

Iniciado el vaciado de losa inferior, se debe tener una diferencia de 01 a 02 horas (dependiendo el slump del concreto) para dar tiempo de fragua al

concreto colocado en la losa inferior; así con el concreto ya más endurecido se puede dar paso al inicio de la colocación de concreto en los diafragmas como en muros siguiendo la dirección de estribo 02 hacia vano 04 como se planteó el procedimiento de colocación de concreto para el Puente Chilina.

3.8. POST-TENSADO PARCIAL Y DESENCOFRADO DE “U” DE VIGA CAJON.

Luego de 36 horas de fragua, se asegura que la resistencia del concreto sobrepase los $f'c$ 280 Kg/cm² necesarios para poder realizar el tensado y así luego poder pasar a la etapa de desencofrado del elemento.

El post-tensado se realiza en 02 etapas en el Puente Chilina, para estas etapas se utilizan gatas hidráulicas:

- Se tensa el vano 04 y sus retensados (07blisters o bloques) de la losa inferior.
- Se tensa el vano 05, se tensan 04 de los 10 tendones que se encuentran en los muros del elemento (02 tendones por muro) y sus respectivos retensados.

Terminados los tensados y retensados; dando visto bueno al procedimiento y alcanzando las fuerzas de tensado según expediente técnico; se procede al desencofrado de la U a lo largo del vano 04 y 05 retirando los encofrados

interiores primero, seguidamente los encofrados exteriores liberándolos de los puntales diagonales de nivelación y aseguramiento laterales.

3.9. INSTALACIÓN DE ENCOFRADO DE LOSA SUPERIOR

Las áreas de trabajo exterior laterales y el interior de la U estarán libres de materiales y encofrados.

Con esto se procede a Montar el apuntalamiento con postes E-Z SHORE y vigas Z-BEAMS, estos apuntalamientos son pre montados a nivel de piso y luego con grúa izados a su posición en los laterales para el encofrado de fondo de losa superior exterior (aleros). De forma paralela se monta internamente el encofrado interior de la losa superior con el mismo material (EFCO en este proyecto). Seguidamente se procede a colocar las vigas E-BEAMS y asegurar el fenólico que le dará el acabado caravista al elemento.

Habiendo colocado ambas mallas de acero estructural (inferior y superior) de la losa superior de la viga cajón, se termina el encofrado colocando los frisos.

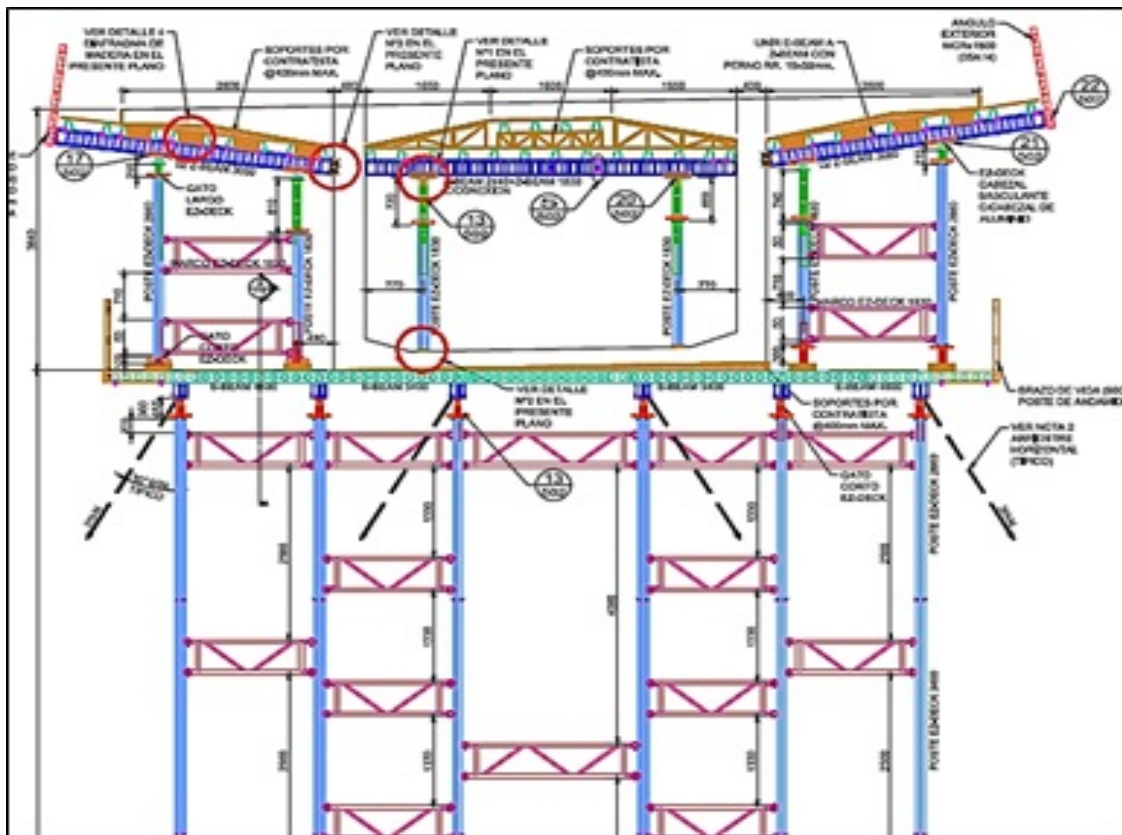


Fig 16. Sec. Trans. de Cimbra y encofrado de la losa superior. (Fuente: EFCO)

3.10. EJECUCIÓN DE SEGUNDA FASE DE VIGA CAJÓN (LOSA SUPERIOR)

Ya verificada la cuantía, posicionamiento y distancias del acero estructural, y así también la verificación del recubrimiento, aseguramiento y la nivelación de encofrados interiores de losa como aleros; se tendría listo el elemento de la segunda fase para la colocación de concreto.

En el caso del Puente Chilina se inicia del estribo 02, luego vano 05, pasando por el pilar 4 y su diafragma y terminando en la mitad del vano 04.

El vaciado de losa superior sería de la misma manera, siguiendo la dirección de estribo 02 hacia vano 04 como se planteó el procedimiento de hormigonado para el Puente Chilina.



Foto 15: Fuente propia – Colocación de concreto en losa sup. de viga cajón.

3.11. POST-TENSADO FINAL DE CONTINUIDAD Y DESMONTAJE DE ENCOFRADO DE LOSA SUPERIOR

Luego de 36 horas de fragua, se asegura que la resistencia del concreto sobrepase los $f'c$ 280 Kg/cm² necesarios para poder realizar el tensado y así luego poder pasar a la etapa de desencofrado final del elemento y así tener la Viga cajón completa.

El post-tensado se realiza en 02 etapas en el Puente Chilina:

- Se tensa el vano 04 (14 blisters o bloques restantes) de la losa inferior sin retensados.
- Se tensa el vano 05, se tensan los 06 de los 10 tendones restantes que se encuentran en los muros del elemento (03 tendones por muro) y sus respectivos retensados.

Así de esta manera se completaría tanto el post-tensado de continuidad del vano 04 como el post-tensado estructural del vano 05.

Terminados los tensados y retensados y dando visto bueno al procedimiento, alcanzando las fuerzas de tensando según expediente técnico, se procede al desencofrado de la losa superior a lo largo del vano 04 y 05 retirando los encofrados interiores y exteriores (aleros) soltando las gatas de los Cabezales-U. Esto facilita el retiro de los paneles de fenólico y vigas E-BEAMS.

Ya teniendo libre el apuntalamiento de los aleros para retirarlos con grúa y bajar los postes E-Z SHORE y así poder desmontarlos en el suelo.

3.12. DESMONTAJE Y DESARMADO DE TORRES

Al tener la cimbra libre de Encofrados, tanto plataformas de trabajo como los paneles de fenólico de fondo de losa. Se procede a desarmar las vigas E-BEAMS y Z-BEAMS para de esta manera tener libres las torres en la parte superior y así se pueda independizar las torres.

Con la ayuda de una grúa móvil, se procede al desmontaje, se coloca la maniobra en la parte superior de la torre de postes, y con la asistencia de una grúa más pequeña se le coloca en la parte inferior la maniobra de la retenida para así poder ir echando las torres una por una.

Ya con la torre en el suelo, una cuadrilla entra al desarmado de ella, para así luego proceder al empaquetado y desmovilización de obra del sistema de encofrados.



Foto 16: Fuente Propia – Vista Panorámica (18.08.14 - Puente Chilina)

CAPITULO IV

COMPARACIÓN DE LOS DOS SISTEMAS CONSTRUCTIVOS.

Ya con la descripción de los dos sistemas constructivos desarrollados anteriormente, se procederá a comparar ambos procesos en este capítulo.

Teniendo en cuenta factores como el control geométrico, relación entre el sistema constructivo y la luz principal, tiempos de montajes, cuantías y costos; se plasmara una mejor idea de la utilización de los sistemas mencionados en la construcción del Proyecto del Puente Chilina, como algunas de sus similitudes y diferencias.

4.1. PROCESOS DE CONTROL GEOMÉTRICO

Ambos sistemas constructivos tiene como parte importante y obligatoria el realizar sus procesos de control geométrico precisos para el correcto cierre de los vanos; pero al ser dos sistemas distintos de construcción y presentar tecnologías distintas de molde; la manera de controlar la geometría es también completamente distinto.

Para los puentes que son construidos por voladizos sucesivos, es de gran importancia calcular las flechas que presenta el puente durante el proceso constructivo. Esto con el fin de poder controlar la rasante del puente cuando haya finalizado el avance con el voladizo, obteniendo la rasante deseada y la perfecta unión con el siguiente voladizo.

Y teniendo puentes con cimbra convencional la prioridad es controlar y mantener los niveles y alineamiento de las estructuras de soporte (falso puente) para que al colocar el concreto no sufra deformaciones y se comporte de manera uniforme y tener la rasante proyectada.

4.1.1. Voladizos con dovelas “In Situ”

Este proceso conlleva todos los trabajos a realizar desde la nivelación previa del carro de avance hasta el vaciado de la losa superior de la dovela y

su posterior postensado. A nivel de topografía, los trabajos de posicionamiento del carro se van a realizar en 5 ocasiones por cada dovela:

1. Posicionamiento previo del carro de avance.
2. Posicionamiento durante el proceso de montaje de acero estructural.
3. Chequeo previo al vaciado.
4. Control después del vaciado.
5. Control después del postensado

4.1.1.1. Posicionamiento previo del carro de avance

Consiste en realizar la primera nivelación con las contraflechas teóricas proporcionadas por el proyectista para poder continuar con los trabajos mientras se realiza el recalculo de las contraflechas. El posicionamiento del carro de avance constará de 2 fases.

a) Losa inferior de dovela.

Mediante el posicionamiento de esta base inferior podremos asegurar la correcta posición (planimétrica y altimétrica) de la losa inferior de la dovela. La ubicación de los puntos auxiliares para el replanteo del carro de avance viene determinado por la figura 17 y 18:

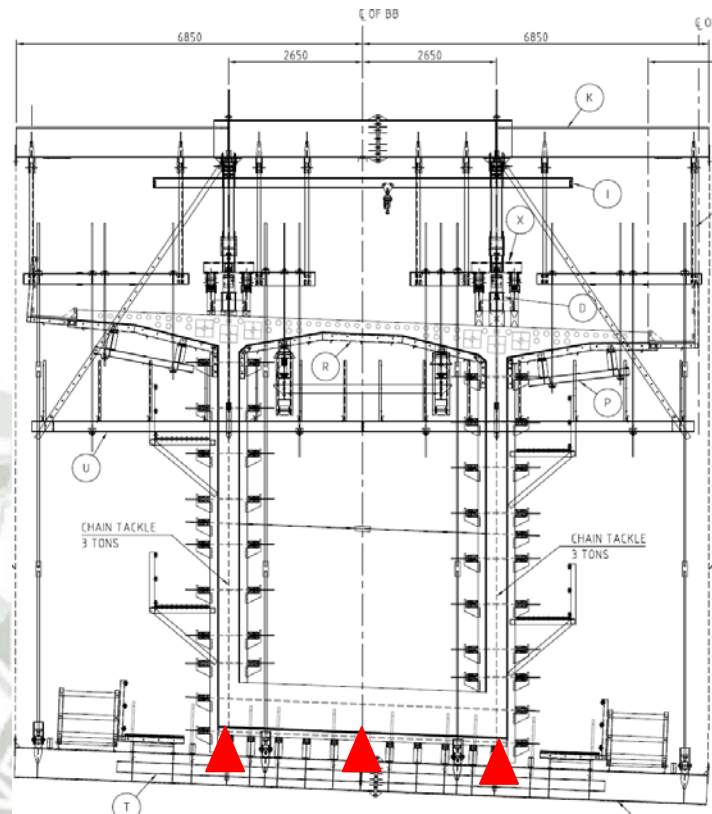


Fig17. Puntos de replanteo del C.A. - plataforma inferior (vista frontal). (Fuente: Puente Chilina, Plan Técnico GRA)

El momento de calibración de éstas marcas será una vez subida la plataforma inferior para poder ejecutar la dovela siguiente.

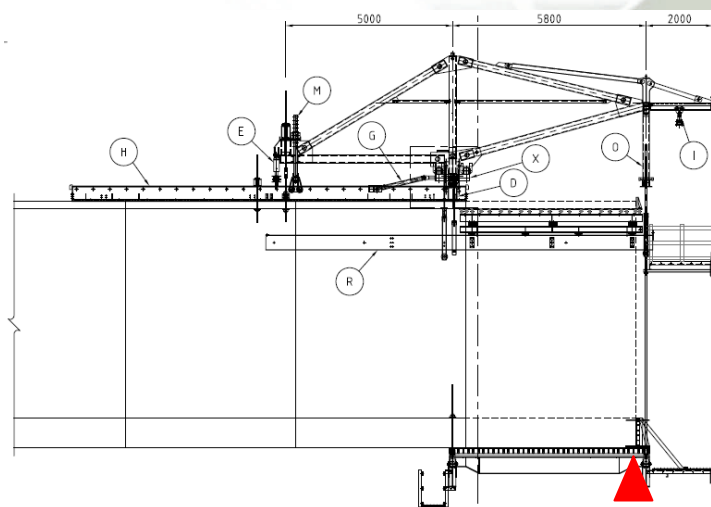


Fig 18. Plataforma inferior.(Vista lateral)(Fuente: Puente Chilina-Plan Téc.GRA)

El proceso de calibración será el siguiente:

Posicionamiento de equipo sobre dovela 0 del pilar situado en el sentido de avance de la dovela si no fuera posible hacerlo desde un Punto de Control que quedara enfrentado con la dovela.

La ubicación de la base inferior del carro se realizará siempre desde el mismo Punto de Control a partir de la observación de los 3 puntos de control (eje y la cota de los hastiales). Como ya conocemos su posición respecto al eje del carro (eje de dovela) podremos posicionar la base inferior así como los hastiales.

b) Losa superior de dovela.

Una vez posicionada la base inferior y por tanto los hastiales, debemos ubicar correctamente los encofrados para la formación de la losa superior de la dovela. Dicha losa queda definida por el encofrado exterior (aleros) y el encofrado interior. La posición en planta del encofrado exterior vendrá fijada por la base inferior del carro, por lo que únicamente deberemos proceder a verificar su posición y a posicionarlo en altura. El siguiente paso será posicionar el encofrado interior. Para realizar esta nivelación usaremos los puntos que se indican en la figura 19.

El proceso de ubicación del encofrado de la losa superior se realizará desde el tablero o hacerlo desde un Punto de Control que quedara

enfrentado con la dovela para de esta mantener para todas la dovelas los mismos puntos de referencia.

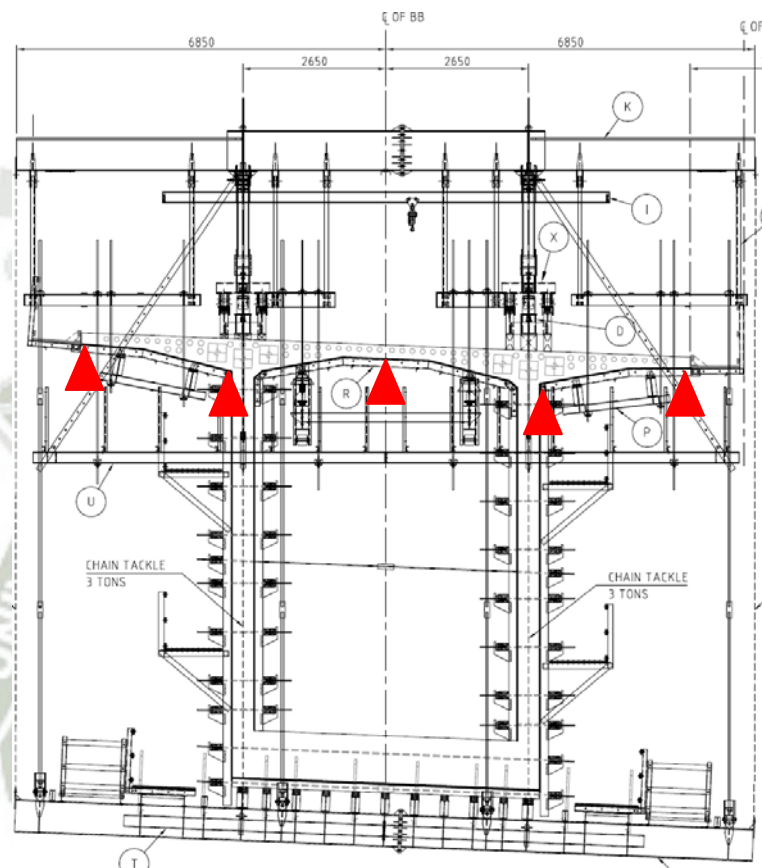


Fig 19. Plataforma sup.(C.A.frontal) (Fuente: Puente Chilina-Plan Técnico GRA)

4.1.1.2. Posicionamiento durante el proceso de montaje de acero estructural.

En este proceso se realizará la nivelación de la dovela durante el proceso de armado del acero estructural o pasivo, de tal forma que se

procederá a realizar las correcciones necesarias a partir de la contraflechas recalculadas por el proyectista, calculado a partir de la posición de las dovelas anteriores llevando la dovela a ejecutar a la posición esperada después del postensado.

4.1.1.3. Chequeo previo al vaciado.

Una vez culminados los trabajos de colocación de acero estructural y encofrado se realizará un chequeo de la dovela despreciando los posibles movimientos que haya sufrido el carro al culminar la colocación de acero estructural. Los puntos que se van a chequear se muestran en la figura 20.

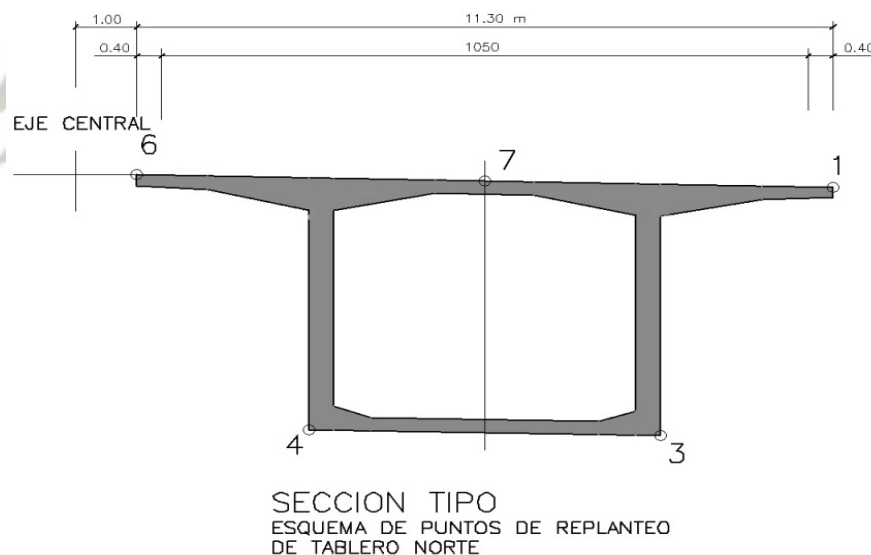


Fig 20. Puntos de chequeo prev. vaciado(v.frontal) (Fuente: Plan Técnico GRA)

En el proceso de vaciado, además de posicionar el carro de avance se procederá a realizar la nivelación del acabado del tablero. Este proceso se

realizará a nivel de topografía del mismo modo que en el proceso de ubicación del encofrado de losa superior de dovela. Para proceder a la nivelación se dejarán unas marcas en los frisos del tablero así como en el eje del tablero de manera que quede perfectamente definido el nivel de acabado del tablero.

Durante este proceso se dejarán en el concreto unas estacas de nivelación preparadas para instalar un prisma con el fin de realizar el futuro control geométrico.



Fig 21. Estacas de nivelación (Fuente: Puente Chilina, Plan Técnico GRA)

4.1.1.4. Control después del vaciado.

Una vez terminados los trabajos de vaciado de la dovela, se determinará la posición en la que ha quedado la dovela puesto que se presumen movimientos debido al peso del concreto que deben quedar controlados para su posterior análisis.

4.1.1.5. Control después del postensado.

Una vez aplicada la tensión especificada en proyecto, se determinará la posición en la cual ha quedado ubicada la dovela, utilizando este dato para hacer el recalcu de las contraflechas a aplicar en las sucesivas dovelas. Para poder realizar el ajuste de la siguiente dovela se deberá chequear todas las dovelas anteriores con el fin de realizar un nuevo cálculo de todo el modelo de contraflechas que se aplicarán en la siguiente dovela. Los puntos para realizar el control post postensado están indicados en la figura 22.

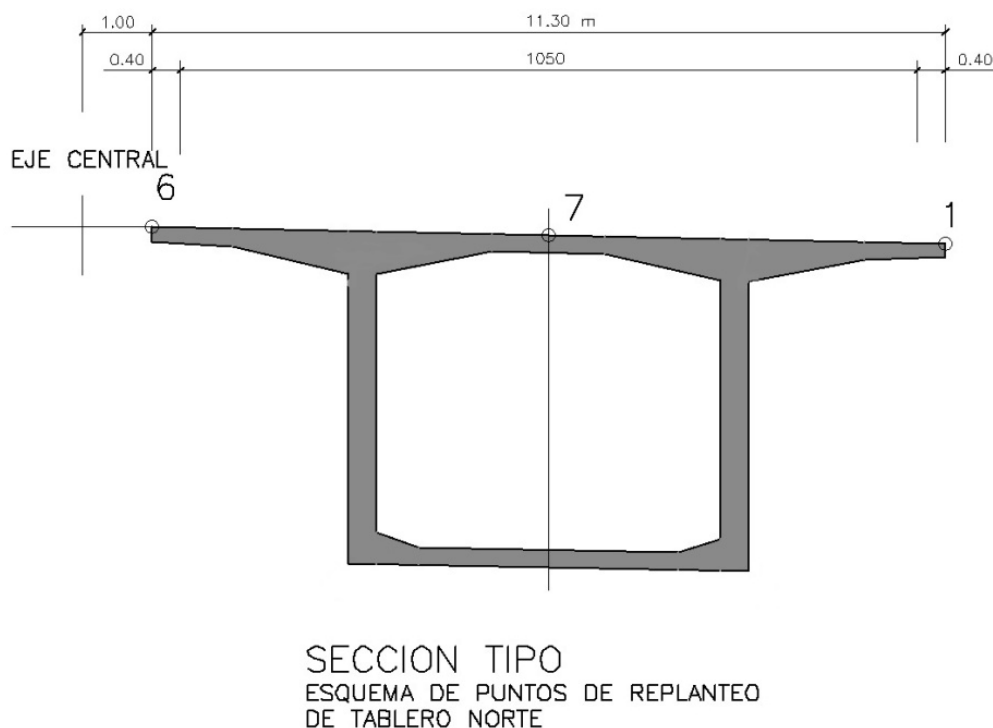


Fig 22. Puntos de control Post postensando. (Fuente: Puente Chilina, Plan Técnico GRA)

4.1.2. Tablero con Falso Puente (Cimbra)

Para los trabajos de control geométrico del tablero del Puente Chilina en los vanos en los cuales se utilizó cimbrado convencional, se debe tener un buen control de nivelado y preparación de suelos, y de la misma forma el control correspondiente para la ejecución del cimiento del falso puente, ya que depende de estas tareas topográficas el buen desarrollo de los trabajos subsiguientes para el montaje y trabajos de la ejecución de la viga cajón.

Cuando se tienen las torres armadas y colocadas en posición según el lineamiento ordenado por la topografía, luego esta misma se encarga de dejar al nivel requerido de fondo de losa de la viga cajón.

El control topográfico deberá estar presente durante el montaje del molde de la viga cajón, para de esta manera tener una correcta instalación de los hastiales exteriores e interiores.

En el momento previo al vaciado se deberá realizar una última nivelación de la estructura, pudiendo regular la altura moviendo los gatos regulables y dejar todo listo para la correcta ejecución de la primera fase de la viga cajón (U).

Teniendo el elemento ya vaciado se re chequea el alineamiento y cotas de la U de la viga cajón y se procede al postensado y desencofrado del mismo.

Con la ayuda de topografía se da el alineamiento, los niveles y cotas que manda el proyecto para la instalación del molde de losa superior, darle las pendientes y quiebres que necesita la sección geométrica de la viga cajón que manda los planos para la ejecución seguida de la segunda fase de la viga cajón (losa superior).

Finalmente ya con todo el elemento completo, y dando pase al postensado final de continuidad, se revisa el tablero de la nueva viga cajón revisando el alineamiento cada 20 metros aproximadamente y de la misma forma las cotas de la losa de tablero en los extremos laterales.

El control geométrico del cimbrado acompaña, al igual que el control geométrico de voladizos, todo el proceso constructivo para así tener una buena ejecución de los moldes que contendrán el elemento de concreto.

4.2. RELACIÓN SISTEMA CONSTRUCTIVO Y LA LUZ PRINCIPAL DEL PUENTE

La principal ventaja de la construcción por voladizos es la supresión de cimbras y andamios liberando de esta forma el espacio situado por debajo de la obra.

La construcción por voladizos sucesivos se da de bien para las siguientes condiciones locales:

- Puentes con pilas muy altas y que pasen sobre valles largos y profundos, las cimbras sería muy cara. En el Puente Chilina esta es una de las condiciones que se presentan.
- Sobre ríos con crecidas violentas y súbitas, si se realizara una cimbra sería muy peligroso por lo inestable de las condiciones de los ríos.
- Si se tiene la necesidad de dejar libre la parte inferior del Puente debido a la presencia de una vía de circulación o navegación durante la construcción del mismo; las cimbras serían un estorbo, por lo que este sería otro de los motivos por lo que se utilizó los voladizos sucesivos en el Puente Chilina.

Entre otras de las ventajas tenemos:

- Reducción y mejor utilización de encofrados, limitados a la longitud de la dovela.
- Aumento del rendimiento de la mano de obra, debido a la mecanización de tareas en un ciclo repetitivo.

- Flexibilidad de ejecución ligada a la posibilidad de acelerar la construcción.

La elección de un dintel de peralte constante o variable depende de la luz y del proceso. Los rangos de utilización habituales son:

Canto constante: 35 a 80 m.

Canto variable: 80 a 200m.

En el caso de construcción por voladizos sucesivos “in situ” de dovelas, puede establecerse entre 80 a 200m.

Para lo que es la construcción de tablero mediante cimbrado convencional se tiene luces de 35 a 80m.

Es posible correlacionar el sistema constructivo con la luz principal que maneje el proyecto, a través fundamentalmente del tipo estructural que mejor se acomoda para cada rango de luz.

4.3. TIEMPOS DE PRE MONTAJE Y MONTAJE

Para el montaje de una pareja de carros de avance los tiempos estimados son de 9 días a 21 días; esta diferencia de tiempo depende netamente de los recursos que se tengan en el sitio del proyecto, recursos importantes como grúas torres o móviles (capacidad portante y alcance), herramientas idóneas y precisas para los trabajos de pre montaje y montaje, y una mano de obra especializada en la actividad para poder realizar los trabajos con rapidez y seguridad.

Los tiempos en los pre montajes de torres de la cimbra son aproximadamente de 4 torres armadas por día, con una cuadrilla de 6 personas preparadas, y el montaje de torres es un aproximado de 6 torres diarias con una grúa torre o móvil con las características necesarias para las maniobras requeridas.

Para tener la viga cajón ejecutada completa se estima un promedio de 90 días, en la primera fase la ejecución de la "U" consta de 15 días de pre montajes, 30 días de montaje de torres, planchado de losa inferior y colocación de acero estructural y 15 días de montaje de hastiales y colocación de ductos de postensado. Para la fase de la losa superior y última fase, se tienen 20 días de armado de encofrado interior y exterior (volado) y 10 días de colocación de acero estructural.

Las mismas condiciones en los tiempos de pre montaje y montaje del armado de una cimbra convencional están ligadas a los recursos humanos y de equipos y herramientas para poder disminuir los tiempos de ejecución.

4.4. CUANTÍAS Y COSTOS

Las cuantías en función de la luz, de cajones de peralte constante contruidos por el procedimiento de tramos sucesivos o cimbrado convencional son como se presenta en la fig 23.

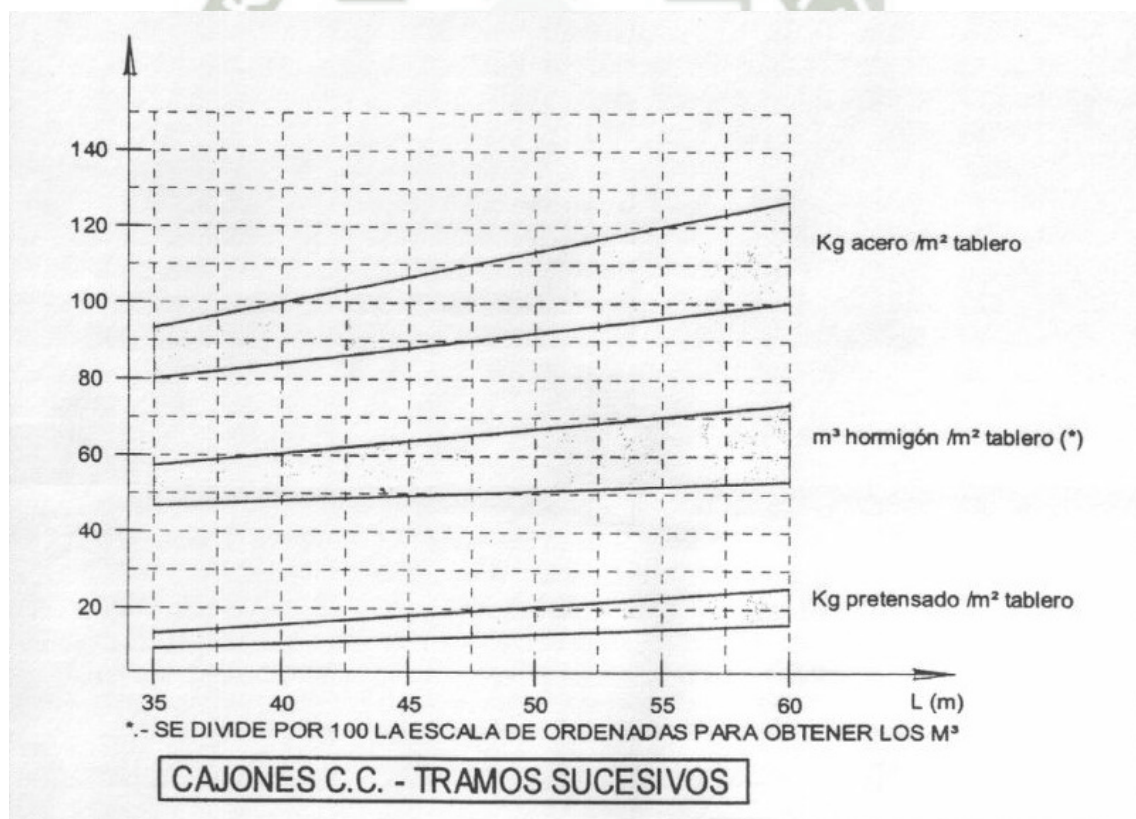


Fig 23. Abaco Cimbra convencional (Peralte constante) (Fuente: Ministerio de Fomento 2000)

Si la cimbra es de longitud reducida las cuantías de acero activo o acero de alta resistencia (tendones post-tensado) se reducen un 5% aproximadamente.

Para voladizos sucesivos construidos por dovelas “in situ” y carros de avance se indican en la fig 24.

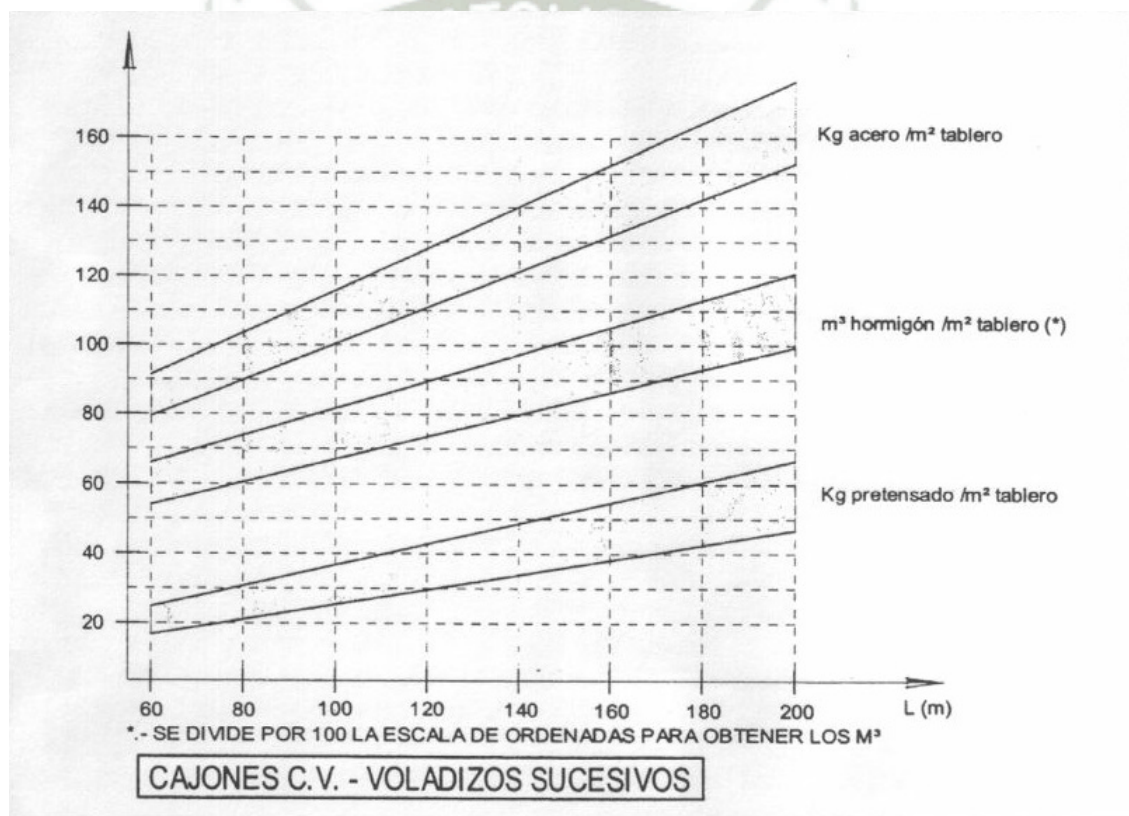


Fig 24. Abaco para Voladizos sucesivos (Peralte Variable) (Fuente: Ministerio de Fomento 2000)

La comparación de los costos de ejecución entre un tablero ejecutado con carros de avance y un tablero ejecutado con falso puente o cimbra

convencional depende mucho de las características del puente (condiciones de cimentación, sismicidad, viento, etc.).

La ejecución del falso puente tiene unos límites en torno a los 15-20 m de altura (algunas veces hasta 30m. usando contra-andamios o vientos) y tampoco es apropiado para grandes luces. Al tener una altura de rasante elevada, las luces son grandes y el acceso a la sombra del tablero escasa; es cuando los puentes segmentales ganan terreno.

A continuación se presenta la comparación los costos de ejecución entre vanos ejecutados con falso puente y vanos ejecutados con carros de avance:

COMPARATIVO COSTOS
EJECUCIÓN DE AMBAS SISTEMAS DE ENCOFRADOS

UD	CONCEPTO	CUANTÍA XX/M2	METRADO	SUPERFICIE	PRECIO UNITARIO COSTO DIRECTO (S./.)	TOTAL COSTO DIRECTO (S./.)	COSTO DIRECTO (S./.)M2	% DIFERENCIA MAJOR DE C.D. (S./.)M2
VIGA CAJON CON FALSO PUENTE, H=20 M; L=100 M								
m2	MONTAJE DESMONTAJE FALSO PUENTE	0.60	678.00	1,130.00	1,267.23	859,181.94	760.34	
m2	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO EN FALSO PUENTE	1.65	1,864.22	1,130.00	168.19	313,543.83	277.47	
						1,172,725.77	1,037.81	
VIGA CAJON CON CARROS DE AVANCE; L=124 M								
m2	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE DOVELA CERO	0.47	663.47	1,403.46	775.96	514,826.18	366.83	
mes	OPERACIÓN DE CARROS (MONTAJE Y DESMONTAJE)	0.00	3.00	1,403.46	346,240.37	1,038,721.11	740.11	
m2	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO EN VIGAS CAJON	2.75	3,859.43	1,403.46	184.63	712,566.56	507.72	
mes	SUMINISTRO RENTA CARROS DE AVANCE	0.00	3.00	1,403.46	92,786.32	278,358.96	198.34	
						2,544,472.81	1,813.00	75%

Nota: Los costos utilizados se encuentran en los presupuestos realizados de ambas tecnologías ubicados en los anexos adjuntos. (Fuente: Propia)

Otra gran diferencia entre estos dos métodos constructivos son las cuantías del tablero en sí, y de las cimentaciones y pilares. Comenzando por la cimentación, en el puente segmental tiene que estar preparada para soportar los grandes momentos introducidos cuando el tablero está en construcción, con

varias dovelas ejecutadas pero sin ejecutar la dovela de cierre. El pilar tiene que tener un empotramiento al tablero (sea provisional o definitivo) mientras se ejecuta.

En el puente segmental las cuantías de acero pasivo y concreto son mayores, siendo la cuantía de postensado la que más se ve afectada ya que cada dovela consta de su propio juego de tendones postensado de construcción.

En el cuadro a continuación se aprecia las diferencias en cuantías entre ambas tipologías para el tablero:

COMPARATIVO COSTOS POR CUANTÍAS DE ACTIVIDADES REPRESENTATIVAS

UD	CONCEPTO	CUANTÍA XX/M2	METRADO	SUPERFICIE	PRECIO UNITARIO COSTO DIRECTO (S./.)	TOTAL COSTO DIRECTO (S./.)	COSTO DIRECTO (S./)/M2	% DIFERENCIA MAYOR DE C.D. (S./)/M2
VIGA CAJON CON FALSO PUENTE L=100 M								
m3	Volumen concreto	0.79	889.02	1,130.00	710.88	631,989.38	559.28	
kg	Peso armadura pasiva	107.49	121466.90	1,130.00	6.34	770,100.15	681.50	
tn*m	Postensado (armadura activa)	624.73	705946.70	1,130.00	1.90	1,341,298.73	1,186.99	
						2,743,388.26	2,427.78	
VIGA CAJON CON CARROS DE AVANCE L=124 M								
m3	Volumen concreto	0.93	1310.83	1,403.46	710.88	931,839.28	663.96	19%
kg	Peso armadura pasiva	127.31	178669.27	1,403.46	6.34	1,132,763.17	807.12	18%
tn*m	Postensado (armadura activa)	995.08	1396554.18	1,403.46	1.90	2,653,452.95	1,890.65	59%
						4,718,055.40	3,361.73	38%

Nota: Los costos utilizados se encuentran en los presupuestos realizados de ambas tecnologías ubicados en los anexos adjuntos. (Fuente: Propia)

De esta forma se extrapola un coste aproximado entre las distintas tipologías de ejecución de tablero para el Puente Chilina:

ANALISIS COSTOS/M2	VANO 5 FALSO PUENTE	VANO 3 (T3) CARROS DE AVANCE
COSTO TOTAL TABLERO (S./)/M2	3,465.59	5,174.73
COSTO TOTAL TABLERO (S./)/M2 %	0%	49%

Nota: Los costos utilizados se encuentran en los presupuestos realizados de ambas tecnologías ubicados en los anexos adjuntos. (Fuente: Propia)

Hay que tener en cuenta que los costos dependen mucho de las condiciones de contorno (sismología, viento, normativa aplicable, etc.) y sobre todo de la zona de ejecución, disponibilidad de materiales, tecnología, recursos; por lo que los costos sólo se pueden considerar como una aproximación.



Foto 17: Fuente Archivo Fotográfico – Vista Aérea (20.02.15 - Puente Chilina)

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

- Al tener dos sistemas constructivos distintos, el control geométrico del avance será distinto en ambos casos, ya que el Puente Chilina presenta 3 vanos (vano 01, 02 y 03) con el sistema de voladizos sucesivos, el vano 04 mixto (voladizos sucesivos y cimbra convencional) y el vano 05 netamente cimbrado. Por lo que se debe seguir los procesos para el control de manera correcta de acuerdo a las contra flechas recalculadas proporcionadas por el proyectista en cada proceso teniendo mayor incidencia en el proceso de voladizos sucesivos ya que en cada avance cambian los niveles de rasante.

- Para la selección de los sistemas de construcción en el Puente Chilina se tomaron los criterios de altura. Al tener pilares tan altos y un valle abrupto, y sin libre proyección del puente en la parte inferior al presentarse una vía de circulación conjuntamente a una planta termoeléctrica; estas características de presentaron en los vanos 01, 02 y 03 por lo que se utilizo el sistema de voladizos sucesivos mediante carros de avance. Y al tener una altura menor y un espacio sin circulación y libre en la proyección del puente en el Vano 05 se utilizo el Cimbrado convencional. El vano 04 presento una modalidad mixta al ser ejecutado con ambos sistemas, ya que por proceso constructivo el volado del pilar 03 debía ser con voladizos simétricos tanto hacia el vano 03 como hacia el vano 04, para lo cual se logro la continuidad del tablero con cimbra al tener menor altura en esa área y lograr la unión del Vano 04.
- Los tiempos varían ya que los carros de avance tienen un ciclo semanal (7 días calendario), entonces para un volado de 11 segmentos con un par de dovelas de 5.10 metros en ambas direcciones de la “T” en cada ciclo y logrando una longitud de 112 metros de volados se necesitan 03 meses (90 días aproximadamente). Y para una sección cajón con cimbra de 100 metros de longitud se ejecuta en un estimado de 90 días de la misma forma que con los carros de avance, por lo que dependiendo la longitud de vano a ejecutar los tiempos estimados con ambas tecnologías son relativamente igual pudiendo variar en unas semanas si

se tiene mayor longitud de vano. Cabe destacar que el tiempo de ejecución del vano con cimbra convencional en el Puente Chilina sería menor si la altura de la rasante con respecto al suelo también fuera menor.

- Los costos al utilizar voladizos sucesivos tanto como sus cuantías son mayores, debido a la utilización de mayor cantidad de Acero estructural y Concreto; y en una mayor medida del Postensado utilizado ya que se requiere por cada pareja de Segmentos un conjunto de 4 tendones por avance, los cuales van siendo de mayor longitud cada vez que se genera un nuevo segmento. En el Puente Chilina se puede apreciar que los costos y las cuantías por m² son 49% mayor en la utilización de carros de avance a los del Cimbrado convencional. Según el análisis es prácticamente un tercio (38%) más de lo utilizado según las cuantías en materiales como concreto, acero y postensado, y al igual se maximiza un 75% los costos obtenidos solo de las actividades de carros de avance con respecto a las actividades específicas de la cimbra convencional. Se destaca que comparando el vano 03 (Voladizos sucesivos) y vano 05 (cimbra convencional), el vano 03 solo se podía realizar con voladizos sucesivos, y el vano 05 si se hubiera proyectado con voladizos sucesivos posiblemente su coste hubiera sido de un 35% a 40% más que con el cimbrado convencional al tener una longitud menor que el vano 03.

5.2 RECOMENDACIONES

Para proyectos futuros se recomienda tener claro la ubicación del Puente que se desee construir, las condiciones de contorno (sismología, viento, normativa aplicable, etc.), si es de fácil acceso, que altura tiene y que distancias de vanos se requieren, y de la misma manera el presupuesto que se tenga a disposición. La utilización de ambos sistemas de encofrados varía por los diferentes factores como la zona de ejecución, disponibilidad de materiales, tecnología y recursos a los que está sujeto un proyecto de esta envergadura.



BIBLIOGRAFÍA

- Design guide Prestressed Concrete Bridges Built Using The Cantilever Method – Sétra – June 2003
- Construcción de Puentes de Hormigón Pretensado Por Voladizos Sucesivos – Jaques Mathivat – 1980
- Expediente técnico Proyecto "Puente Chilina"
- Expediente técnico Proyecto "Metro de Lima" Línea 01, Tramo "O"

- Obras de Paso de Nueva Construcción-Conceptos Generales-Ministerio de Fomento-Dirección General de Carreteras-2000

Páginas Web:

www.civilgeeks.com

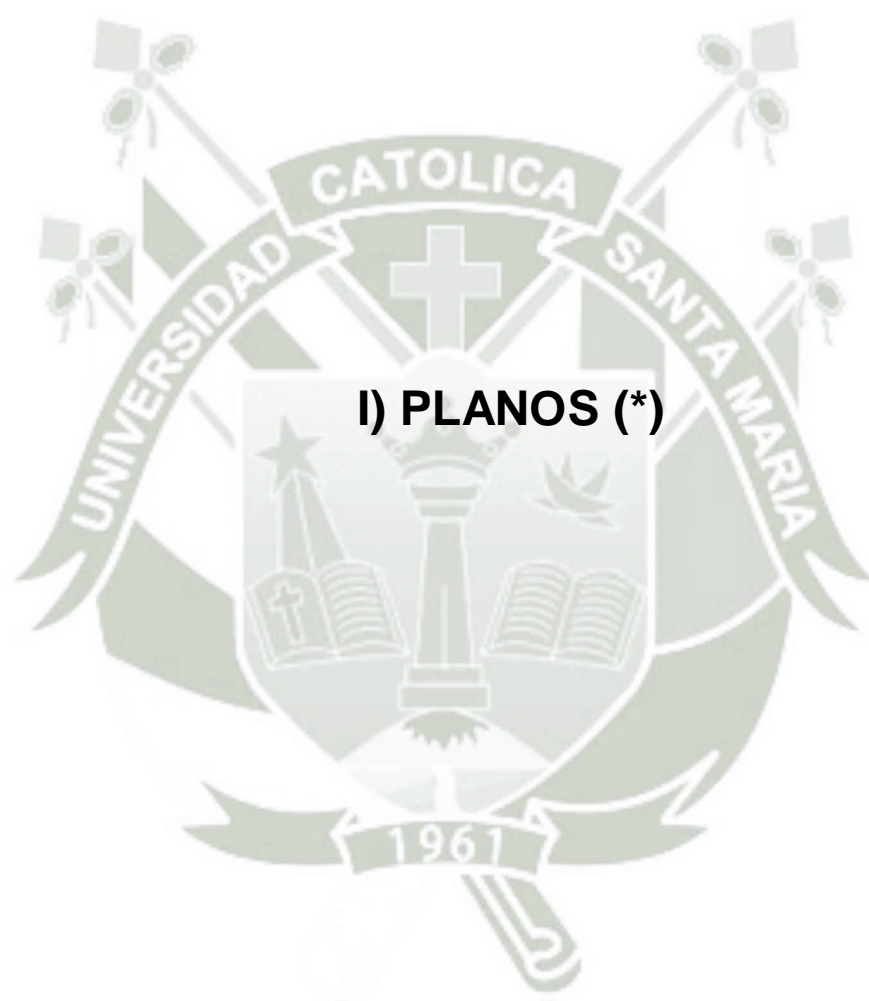
www.ingenierocivilinfo.com

www.wikipedia.com

www.construmatica.com







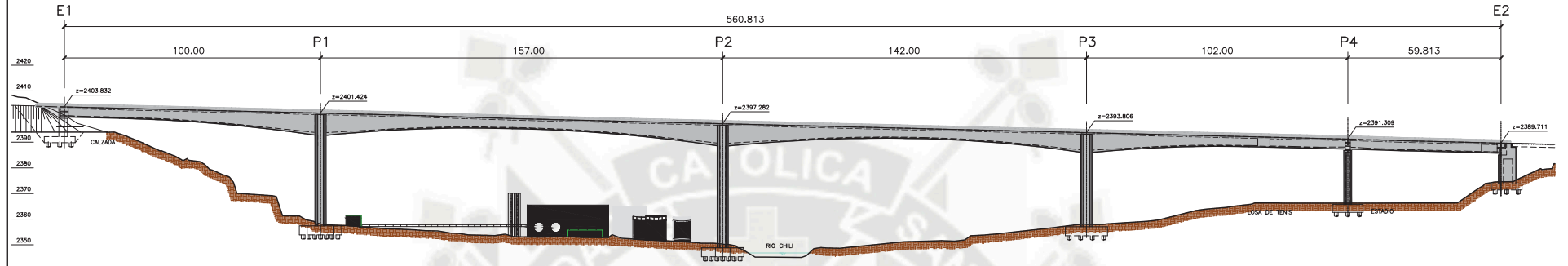
I) PLANOS (*)

(*)Los planos pertenecen al proyecto del Puente Chilina y son anexados en conocimiento y consentimiento de los representantes del Consorcio Constructor Puente Chilina.

INDICE DE PLANOS

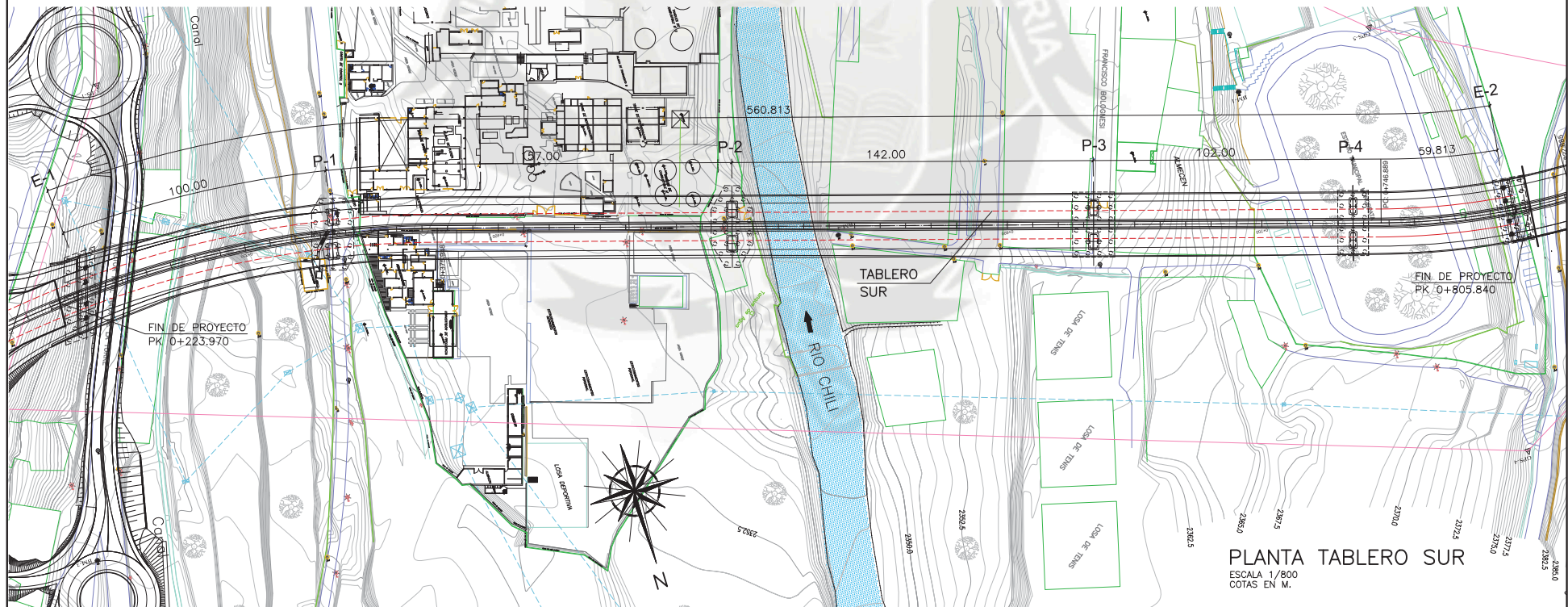
1. VIADUCTO PRINCIPAL – DEFINICION GENERAL VIADUCTO PRINCIPAL TABLERO SUR
2. TABLERO SUR. Geometría Pilar 3 (3)
3. TABLERO SUR. Geometría Vano 4 (29)
4. TABLERO SUR. Geometría Vano 5 (30)
5. PROCESO CONSTRUCTIVO VIADUCTO PRINCIPAL (1)
6. PROCESO CONSTRUCTIVO VIADUCTO PRINCIPAL (2)
7. PROCESO CONSTRUCTIVO VIADUCTO PRINCIPAL (4)
8. PROCESO CONSTRUCTIVO FALSO PUENTE VANOS 4 Y 5
9. DETALLES GENERALES DE CARROS DE AVANCE NRS(1)
10. DETALLES GENERALES DE CARROS DE AVANCE NRS(2)
11. PROCEDIMIENTO OPERATIVO DE C.A. NRS SOBRE DOVELA “0”
12. SECCION C 1ª PARTE VANO 5 – CIMBRA EFCO
13. SECCION C 2ª PARTE VANO 5 – CIMBRA EFCO
14. SECCIONES A Y B – CIMBRA EFCO
15. SECCION A VANO 4 – CIMBRA EFCO

TABLERO SUR



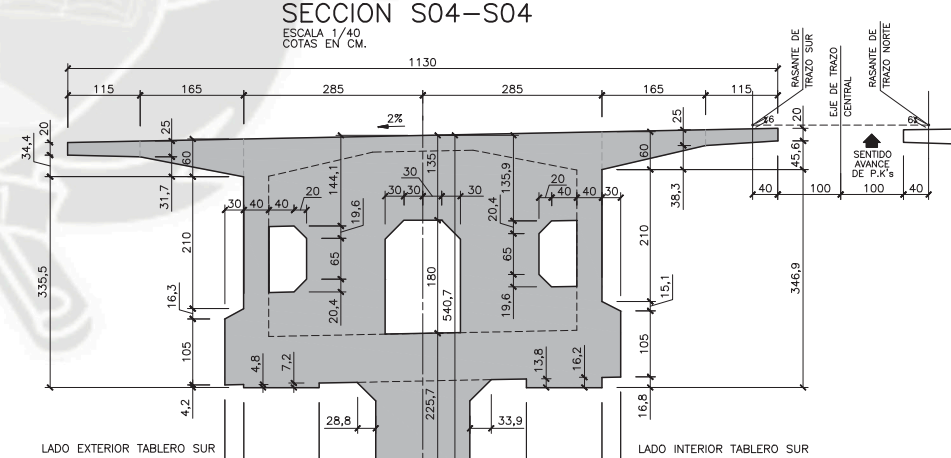
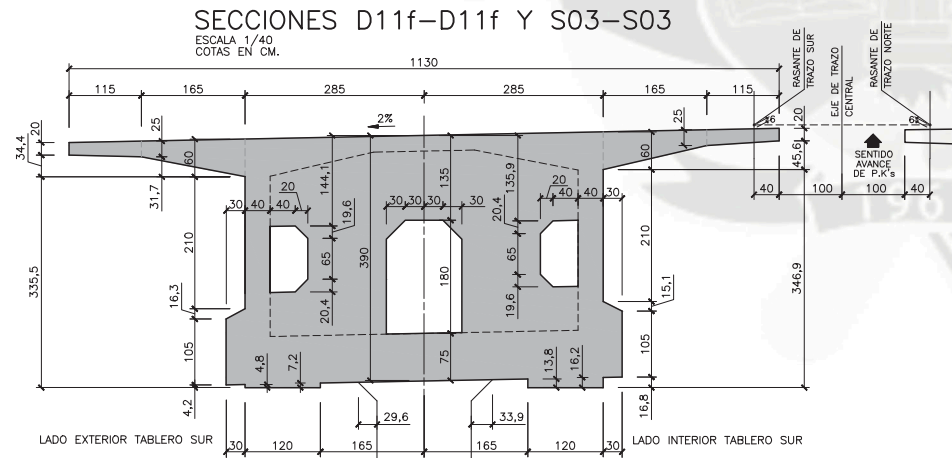
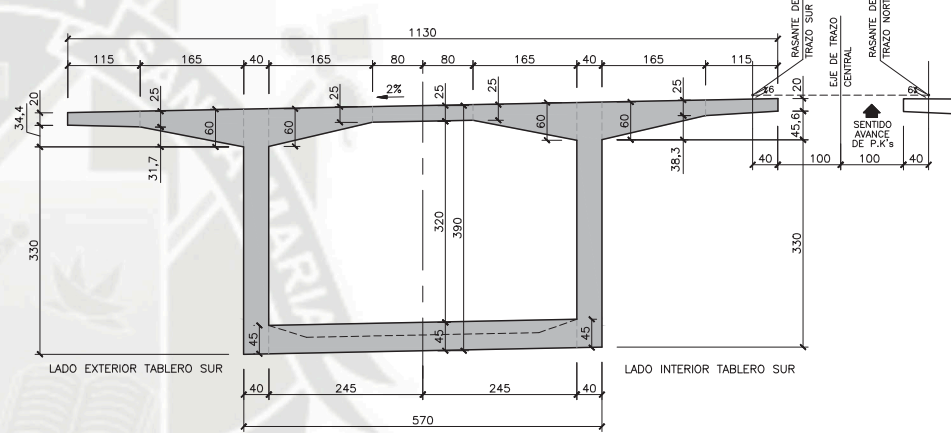
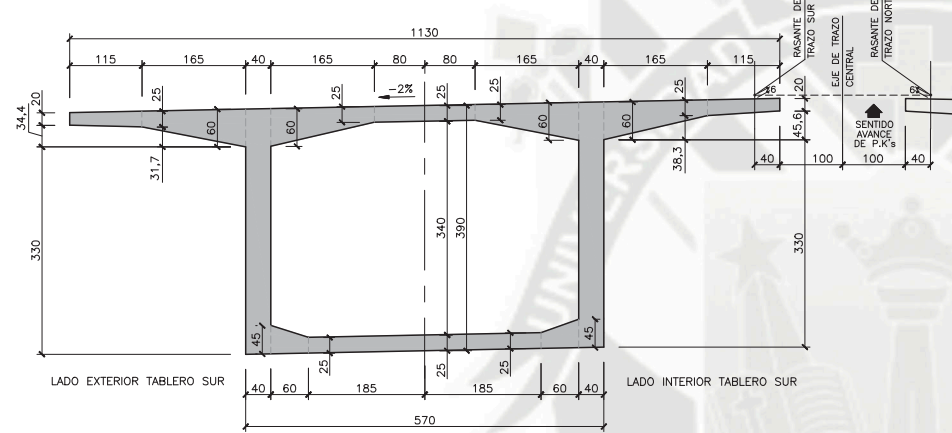
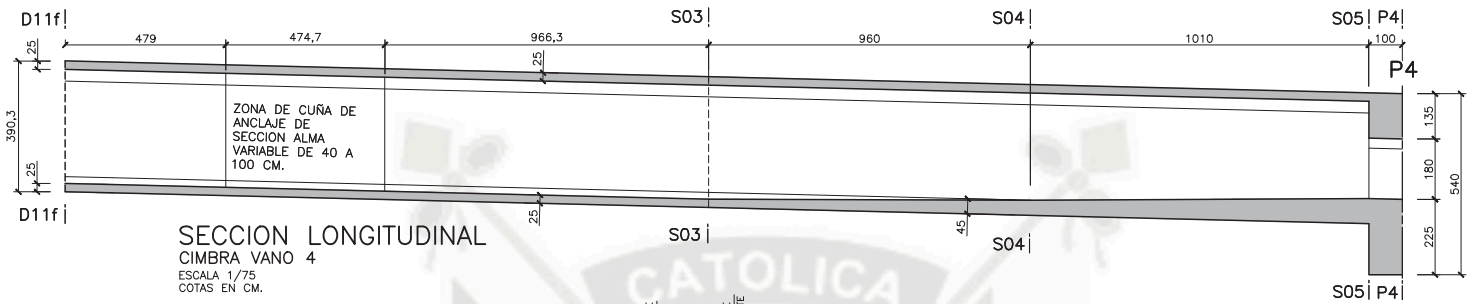
ELEVACION GENERAL PUENTE TABLERO SUR
 ESCALA 1/800
 COTAS EN M.

Plano para uso con fines académicos de sustentación de Tesis



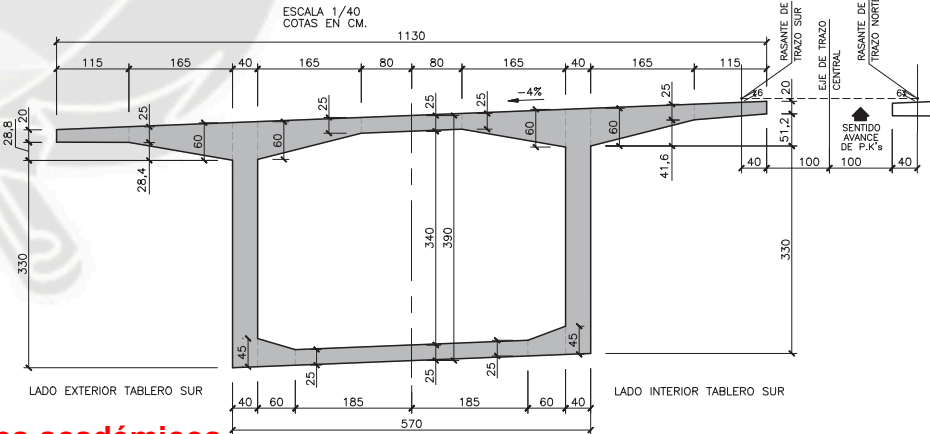
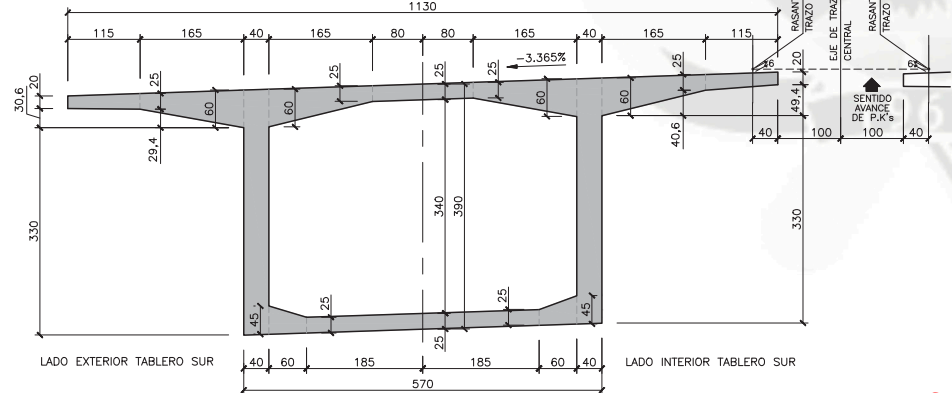
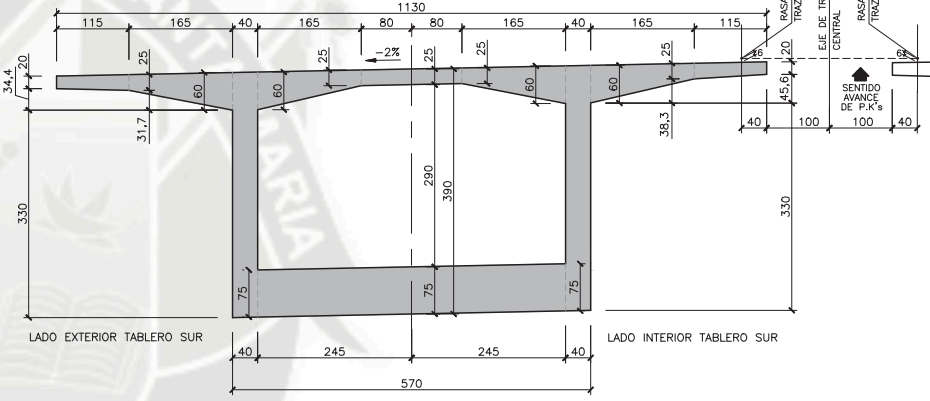
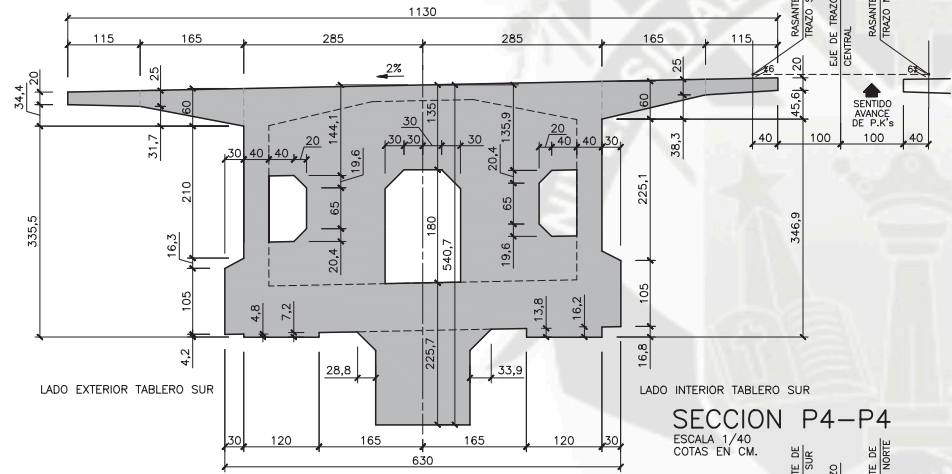
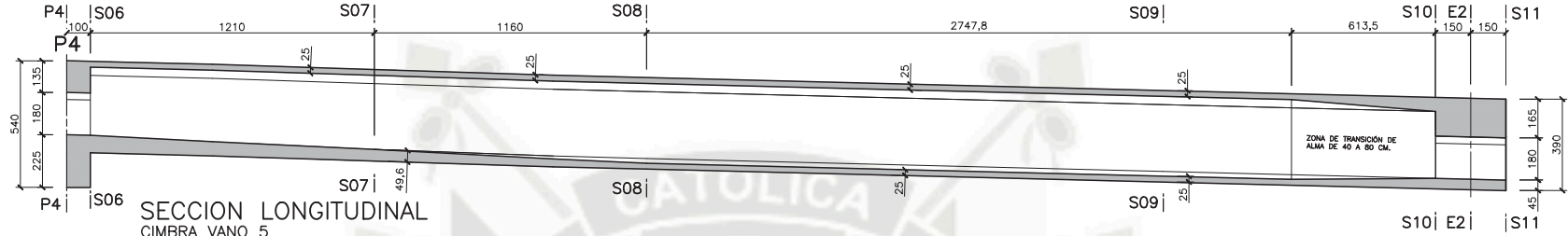
PLANTA TABLERO SUR
 ESCALA 1/800
 COTAS EN M.

**CIMBRA VANO 4
TABLERO SUR**



**Plano para uso con fines académicos
de sustentación de Tesis**

CIMBRA VANO 5
TABLERO SUR



Plano para uso con fines academicos
de sustentación de Tesis

Inventor: MSc. CONSORCIO INVERSORISTA



Constructor: CONSORCIO CONSTRUCTOR PUENTE CHILINA



Consultor:

CONSORCIO CONSTRUCTOR PUENTE CHILINA
INCOPI S.A.C. CONTRATISTAS GENERALES, METRIC ENGINEERING GROUP S.A.C. Y
CORSAAN CORVAW CONSTRUCCIONES S.A. ASOCIADOS

JEFE DEL ESTUDIO
ESPECIALISTA EN ESTRUCTURAS:

D. Guillermo Capellán Mijang

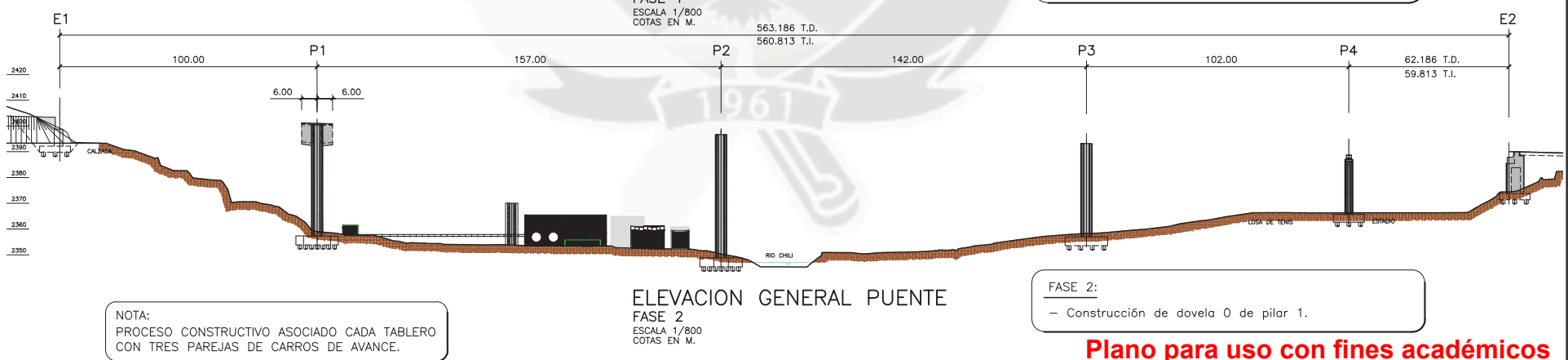
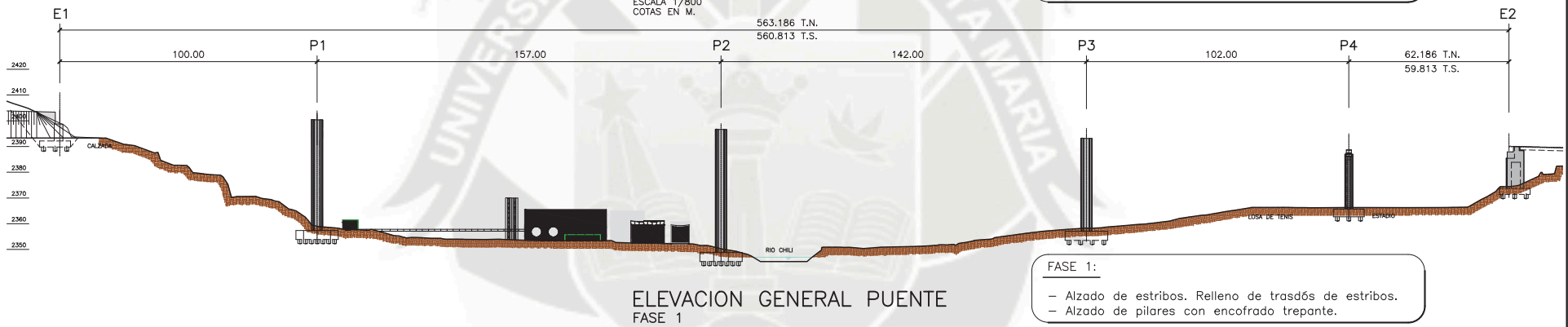
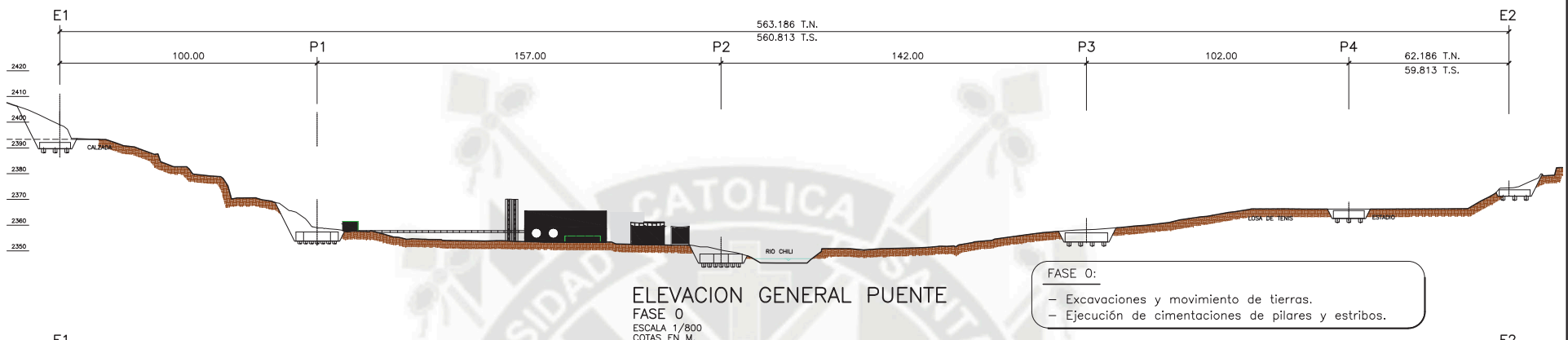
Via Troncal interconectora entre los Distritos de Miraflores, Alto Selva Alegre,
Yanahuara, Cayma, y Cerro Colorado - Arequipa CODIGO SNIP 50949

COMPONENTE IV - PUENTE CHILINA- AREQUIPA

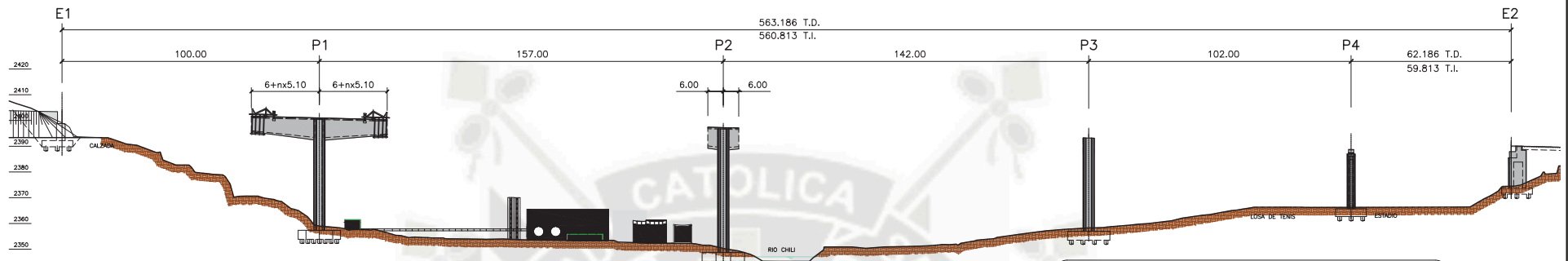
PLANO: VIADUCTO PRINCIPAL:

TABLERO SUR. Geometría (30).

ESCALA:	ESCALAS EN V1
FEDIN:	ESCALA DOBLE PARA A3
Nº PLANO:	OCTUBRE / 2013
Nº HOJA:	8.5.2
	36 DE 74



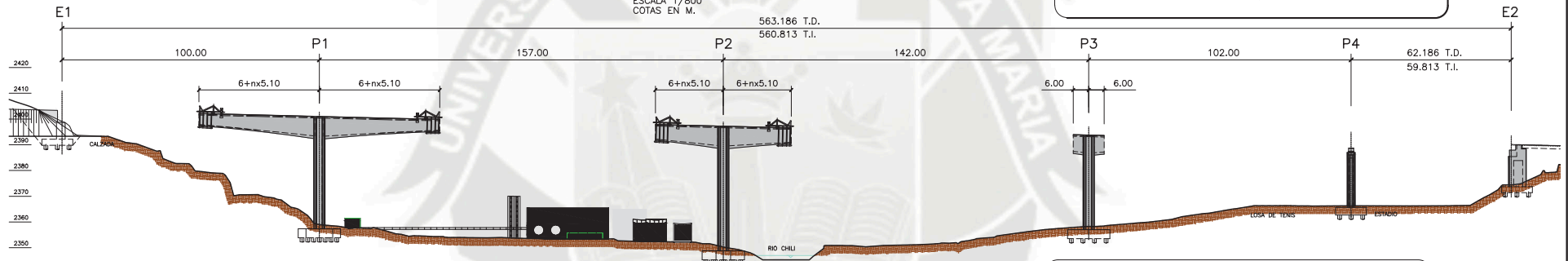
Plano para uso con fines académicos de sustentación de Tesis



ELEVACION GENERAL PUENTE

FASE 3
ESCALA 1/800
COTAS EN M.

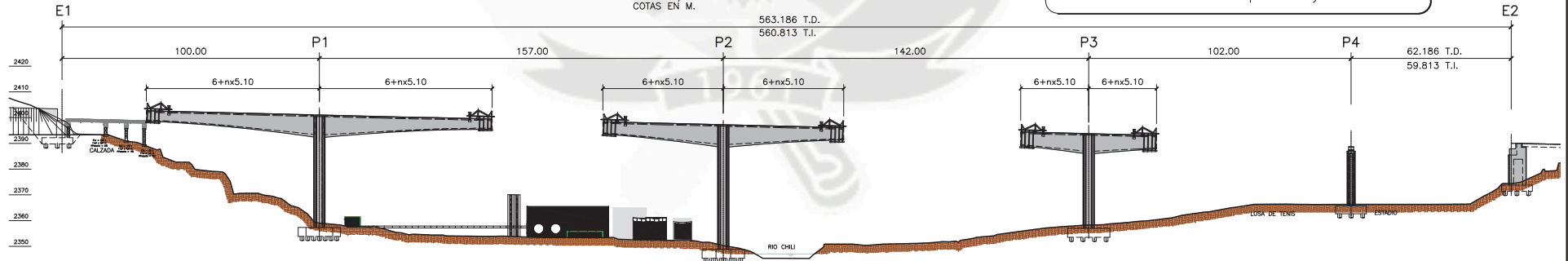
- FASE 3:
- Construcción de dovela 0 de pilar 2.
 - Avance de dovelas sobre pilar 1.



ELEVACION GENERAL PUENTE

FASE 4
ESCALA 1/800
COTAS EN M.

- FASE 4:
- Construcción de dovela 0 de pilar 3.
 - Avance de dovelas sobre pilares 1 y 2.

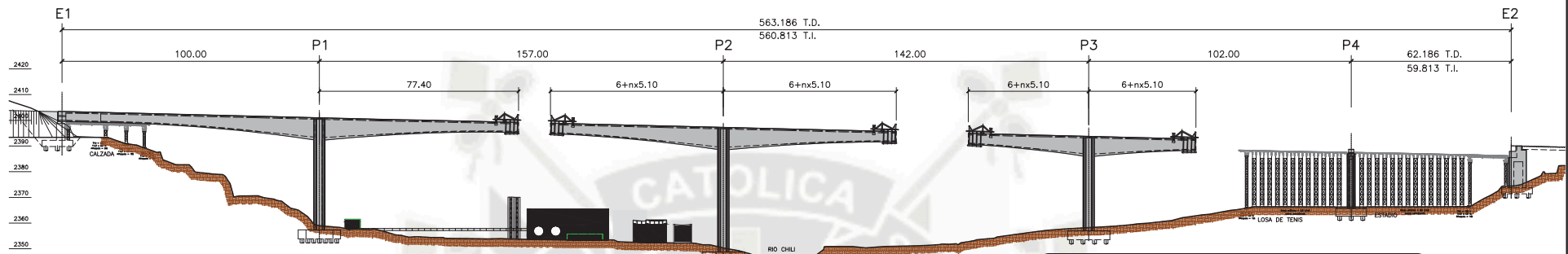


ELEVACION GENERAL PUENTE

FASE 5
ESCALA 1/800
COTAS EN M.

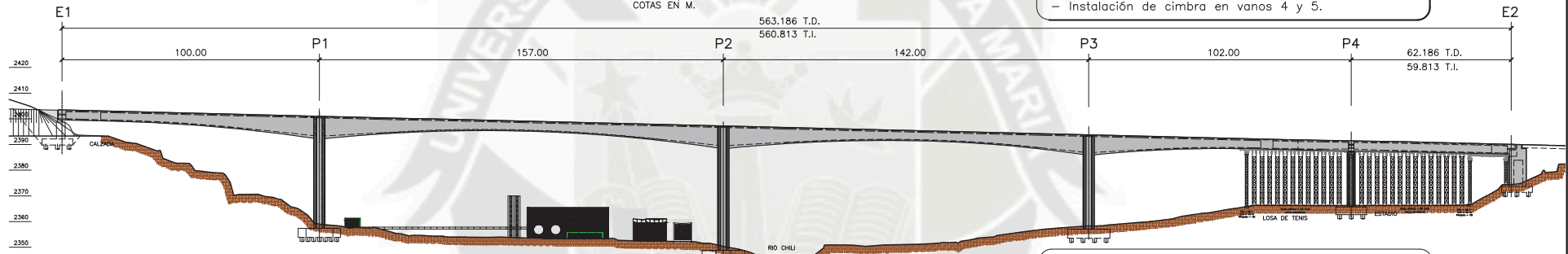
- FASE 5:
- Avance de dovelas sobre pilares 1, 2 y 3.
 - Instalación de cimbra en vano 1.

Plano para uso con fines académicos de sustentación de Tesis



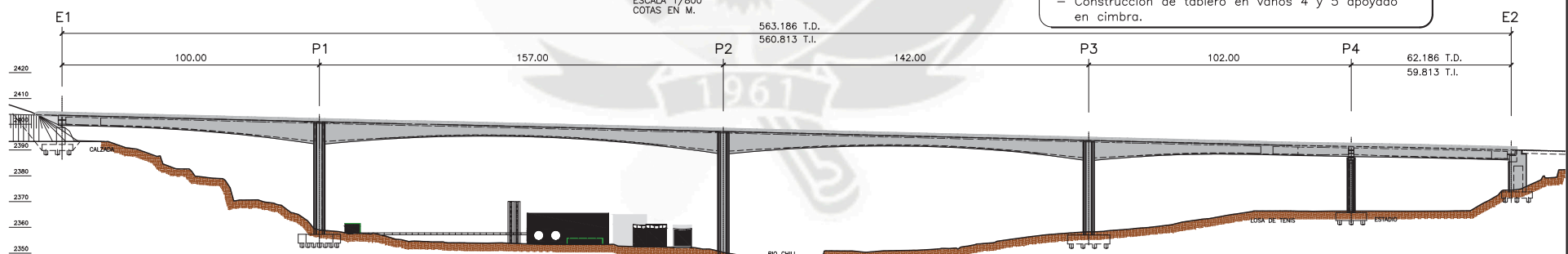
ELEVACION GENERAL PUENTE
FASE 6
ESCALA 1/800
COTAS EN M.

- FASE 6:
- Avance de dovelas sobre pilares 1, 2 y 3.
 - Construcción y cierre de vano 1.
 - Instalación de cimbra en vanos 4 y 5.



ELEVACION GENERAL PUENTE
FASE 7
ESCALA 1/800
COTAS EN M.

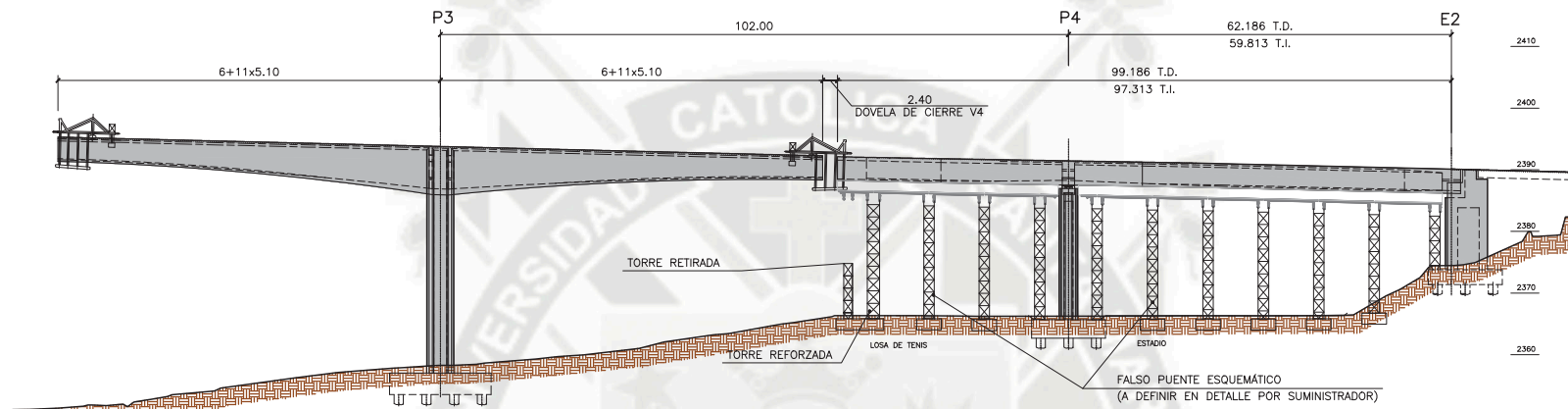
- FASE 7:
- Cierre de vano 2.
 - Cierre de vano 3.
 - Construcción de tablero en vanos 4 y 5 apoyado en cimbra.



ELEVACION GENERAL PUENTE
FASE 8
ESCALA 1/800
COTAS EN M.

- FASE 8:
- Montaje de barreras de hormigón.
 - Juntas de dilatación en estribos.
 - Impermeabilización de tablero.
 - Afirmado y drenaje.
 - Señalización, alumbrado y acabados.

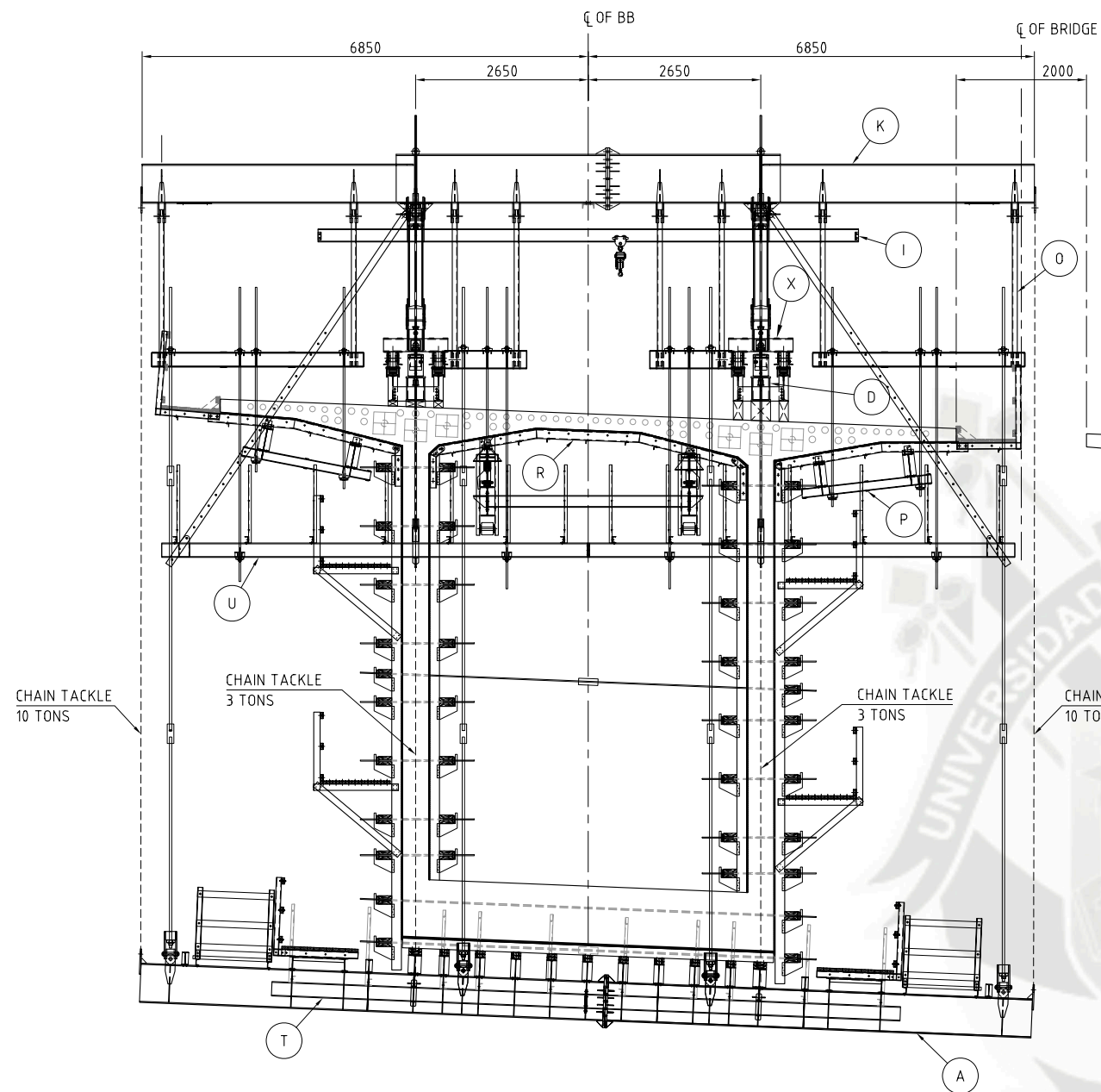
Plano para uso con fines académicos de sustentación de Tesis



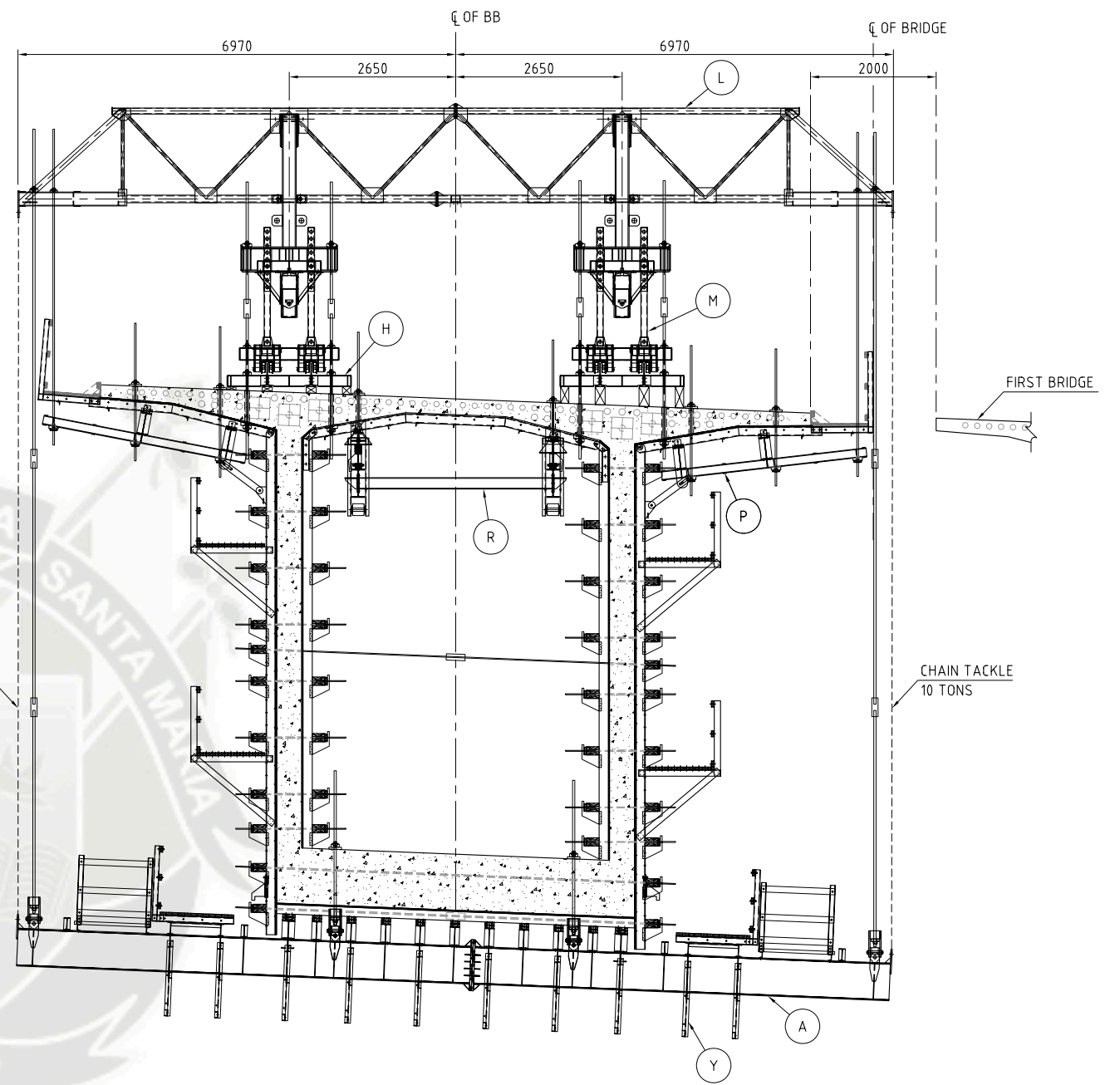
ELEVACION GENERAL PUENTE
 FASE UNIÓN ZONA CIMBRADA Y ZONA CONSTRUIDA MEDIANTE CARRO DE AVANCE
 ESCALA 1/400
 COTAS EN M.

NOTA:
 LA FINALIDAD DE LA PRESENTE COLECCIÓN DE PLANOS ES PROPORCIONAR A LA EMPRESA ENCARGADA DE SUMINISTRAR Y MONTAR LA CIMBRA O FALSO PUENTE LAS ACCIONES TRANSMITIDAS POR EL TABLERO Y LOS CONDICIONANTES GEOMÉTRICOS EXISTENTES.
 SE REPRESENTA LA CIMBRA O FALSO PUENTE A NIVEL ESQUEMÁTICO PARA LA DEFINICIÓN EN DETALLE POR EL SUMINISTRADOR.

**Plano para uso con fines académicos
 de sustentación de Tesis**



A VIEW (FRONT)
101 1:50



B SECTION (REAR)
101 1:50

MARK	DESIGNATION	REFER. DRWG.
A	BOTTOM SLAB	180-184
B	MAIN FRAME	120-126
D	HYDRAULIC JACK	380-381
E	PULL DOWN CYLINDER	280-281
G	LAUNCHING SYSTEM	420
H	MAIN RAIL	220-221
I	FRONT TRANSVERSE CARRIER	410
K	FRONT BEAM	140-141
L	REAR FRAME	160-161
M	REAR BOGIE	260-262
N	WIND BRACING	200
O	CROSS ARMS	300-301
P	EXTERNAL FORMWORK	340-345
R	INTERNAL FORMWORK	320-324
T	LOWER WORKING PLATFORM	362-363
U	UPPER WORKING PLATFORM	360-361
X	FRONT BOGIE	240
Y	REAR WORKING PLATFORM	364-365

Plano para uso con fines académicos de sustentación de Tesis

Rev.	Date	Reason for Issue	SM	CS	HAW	MB
01C	11/06/13	ISSUED FOR CONSTRUCTION				

PUENTE CHILINA, PERU

BRIDGE BUILDER	Scale AS SHOWN
GENERAL ARRANGEMENT I	Format
	Project No. 13.003
	Draw. No. 100
	Rev. 01C

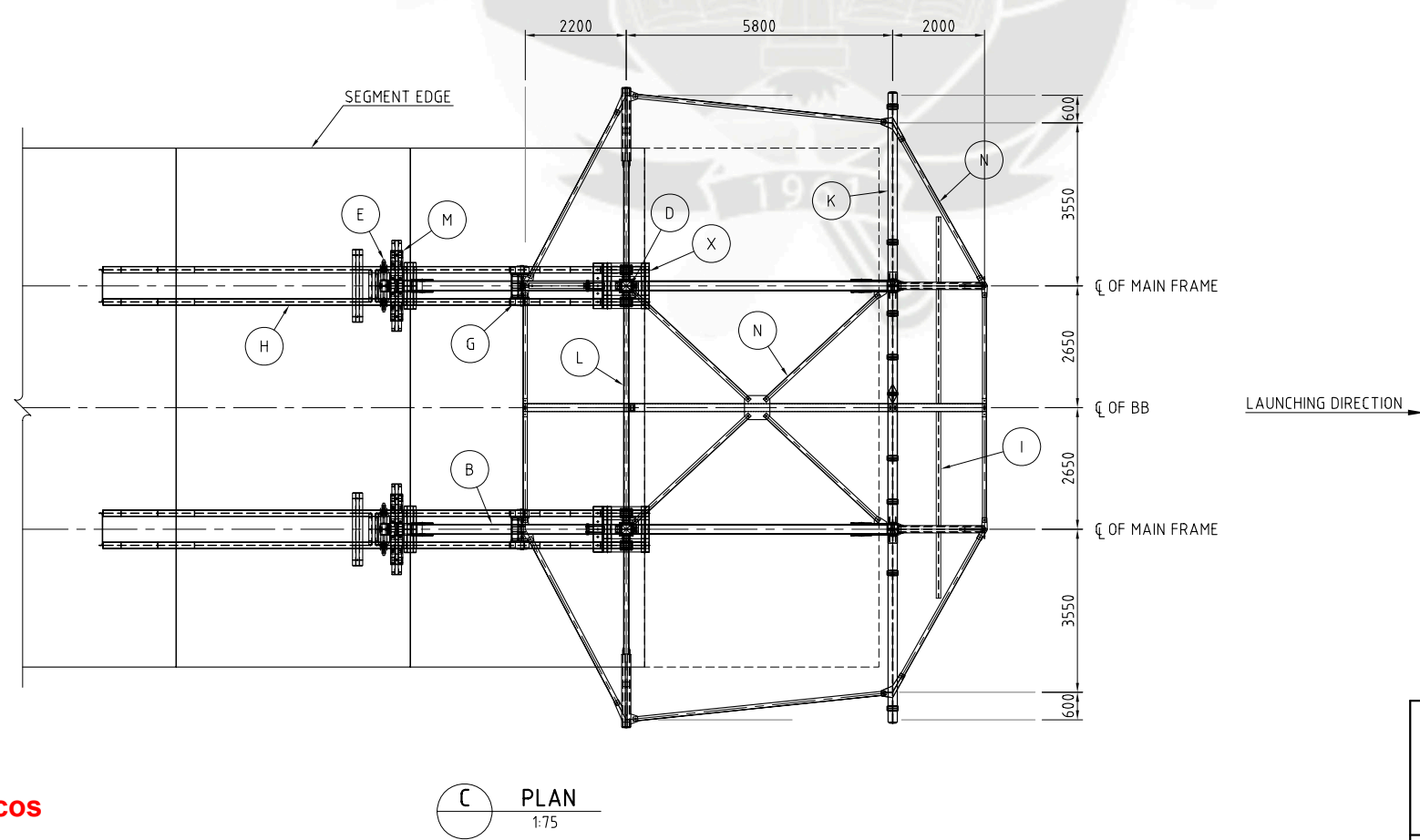
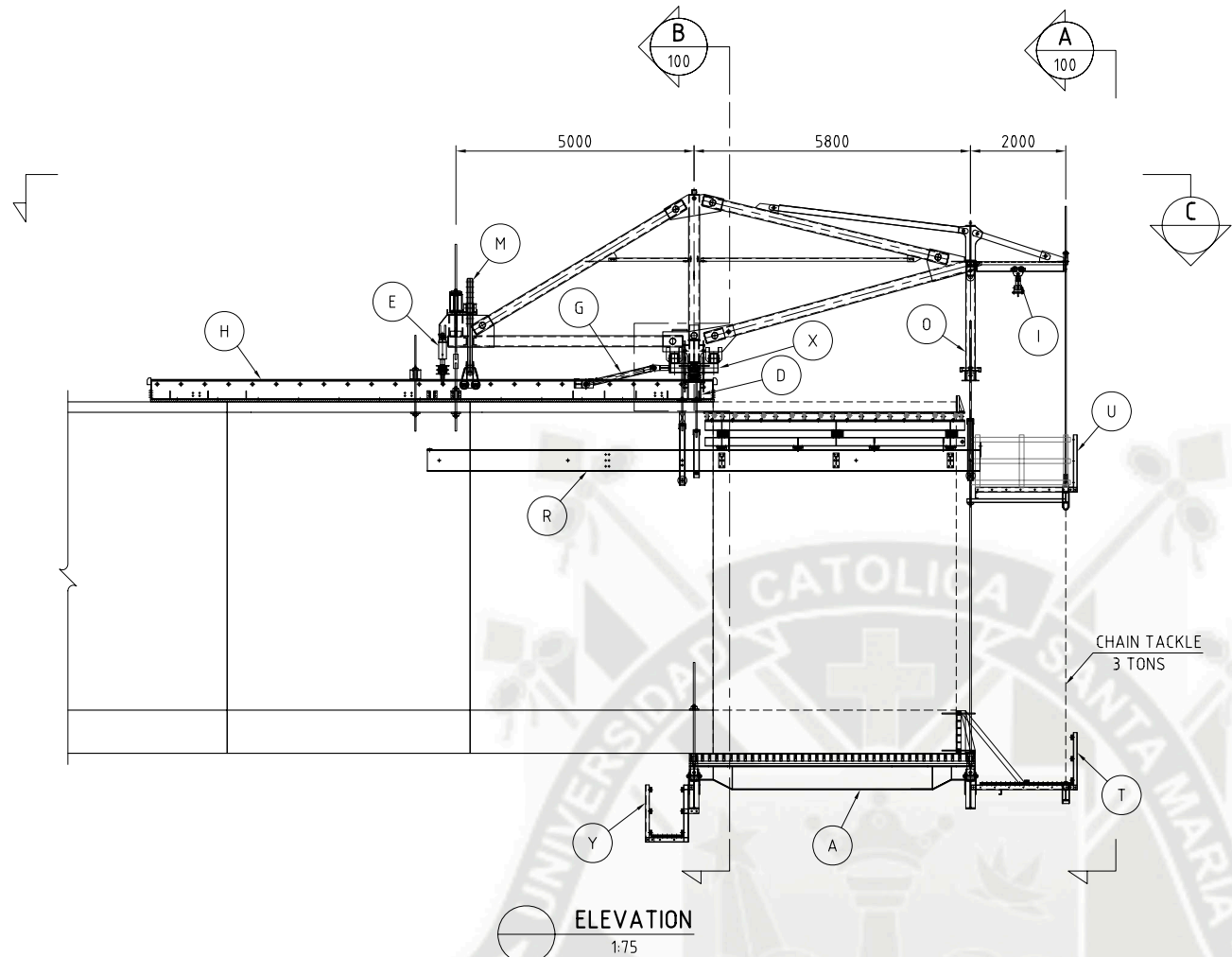
NRS
NRS CONSULTING CO., LTD.
NRS Consulting Co. Ltd.
121/100, 32nd FL. RES TOWER BLDG.
Ratchadapisek Rd., Dinsoang
Bangkok 10400 THAILAND

ISO 9001:2008
CERTIFIED

NRS
11 Kvar. Bl. Slava, Juss 3, 0129 Oslo
NORWAY
Telephone: +47 67520500
Fax: +47 67522051

This drawing has not been published and is the sole property of NRS AS, a company registered in Norway, and is lent to the borrower for his confidential use only, and in consideration of the loan of this drawing the borrower promises and agrees to return the drawing upon request, and agrees that it shall not be reproduced, nor distributed. Patent Pending.

MARK	DESIGNATION	REFER. DRWG.
A	BOTTOM SLAB	180-184
B	MAIN FRAME	120-126
D	HYDRAULIC JACK	380-381
E	PULL DOWN CYLINDER	280-281
G	LAUNCHING SYSTEM	4-20
H	MAIN RAIL	220-221
I	FRONT TRANSVERSE CARRIER	4-10
K	FRONT BEAM	14-0-14-1
L	REAR FRAME	160-161
M	REAR BOGIE	260-262
N	WIND BRACING	200
O	CROSS ARMS	300-301
P	EXTERNAL FORMWORK	34-0-34-5
R	INTERNAL FORMWORK	320-324
T	LOWER WORKING PLATFORM	362-363
U	UPPER WORKING PLATFORM	360-361
X	FRONT BOGIE	24-0
Y	REAR WORKING PLATFORM	364-365



Rev.	Date	Reason for Issue	SM	CS	HAW	MB
01C	11/06/13	ISSUED FOR CONSTRUCTION				

PUENTE CHILINA, PERU	
BRIDGE BUILDER	Scale AS SHOWN
GENERAL ARRANGEMENT II	Format
	Project No. 13.003
	Draw. No. 101
	Rev. 01C

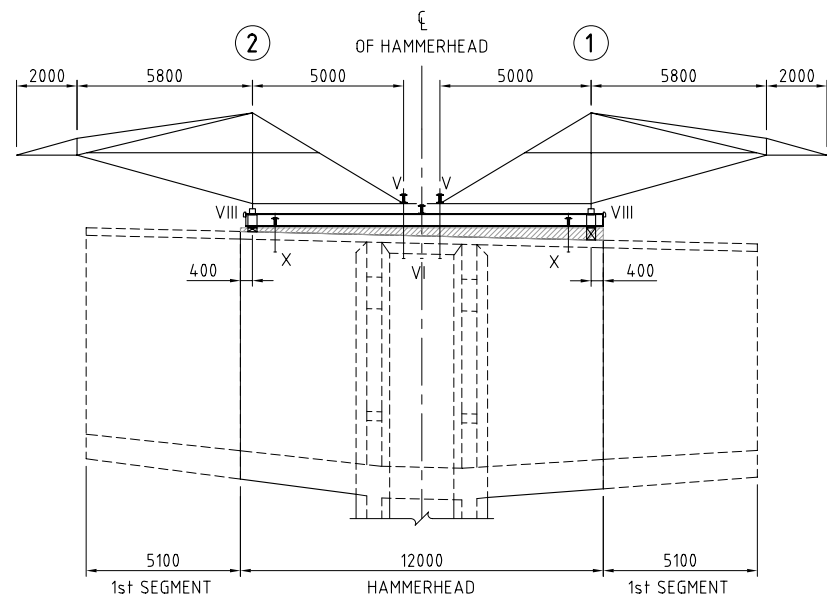
NRS
NRS CONSULTING CO., LTD.
NRS Consulting Co. Ltd.
121/102, 32nd FL, RISE TOWER BLDG.
Ratchadapisek Rd., Dinsoang
Bangkok, 10400, THAILAND

ISO 9001:2008
CERTIFIED

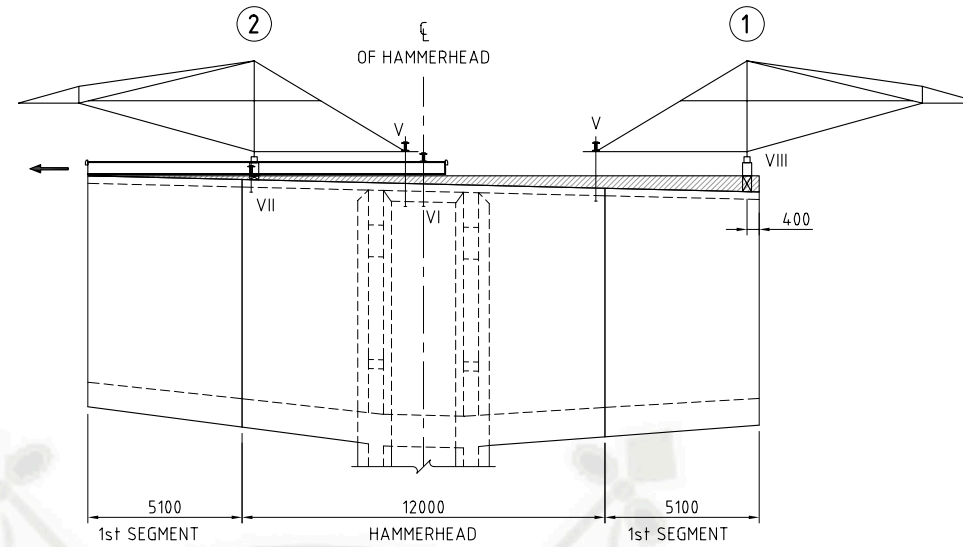
NRS
11 Kua Bl. Sdn. Jln. 3, 0120 Osh
NORWAY
Telephone: +47 6752650
Fax: +47 6752651

This drawing has not been published and is the sole property of NRS AS, a company registered in Norway, and is lent to the borrower for his confidential use only, and in consideration of the loan of this drawing the borrower promises and agrees to return the drawing upon request, and agrees that it shall not be reproduced, nor distributed. Patent Pending.

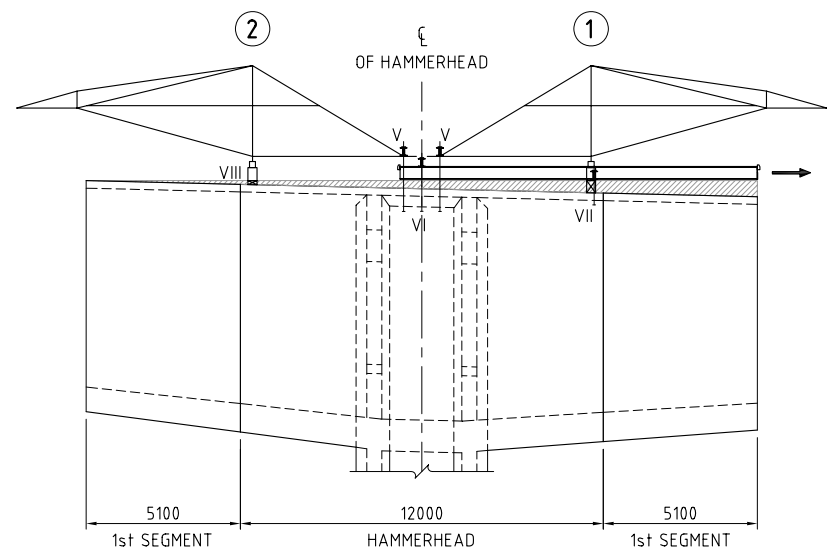
Plano para uso con fines académicos de sustentación de Tesis



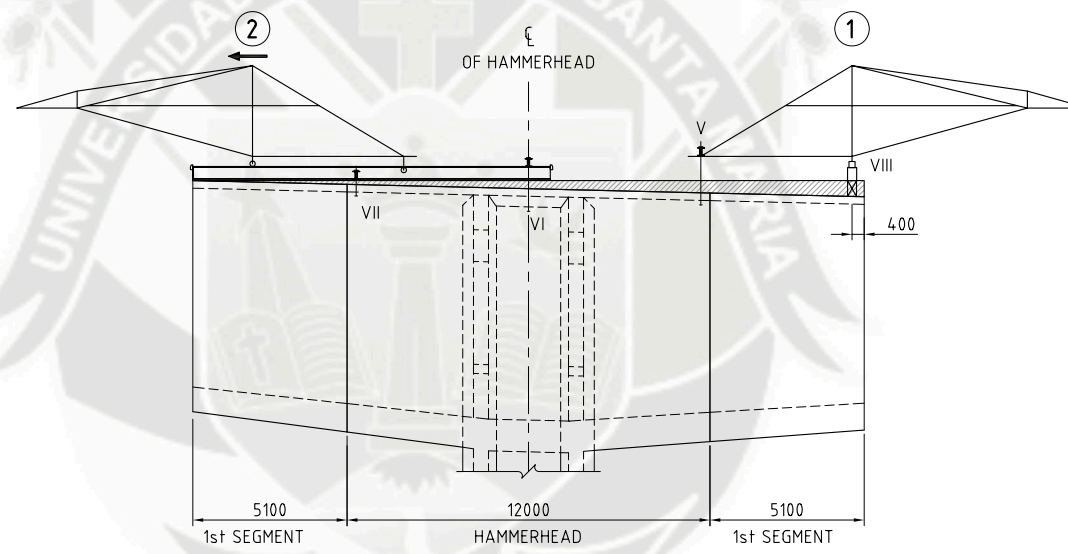
1 CONCRETING OF 1st SEGMENT
1:125



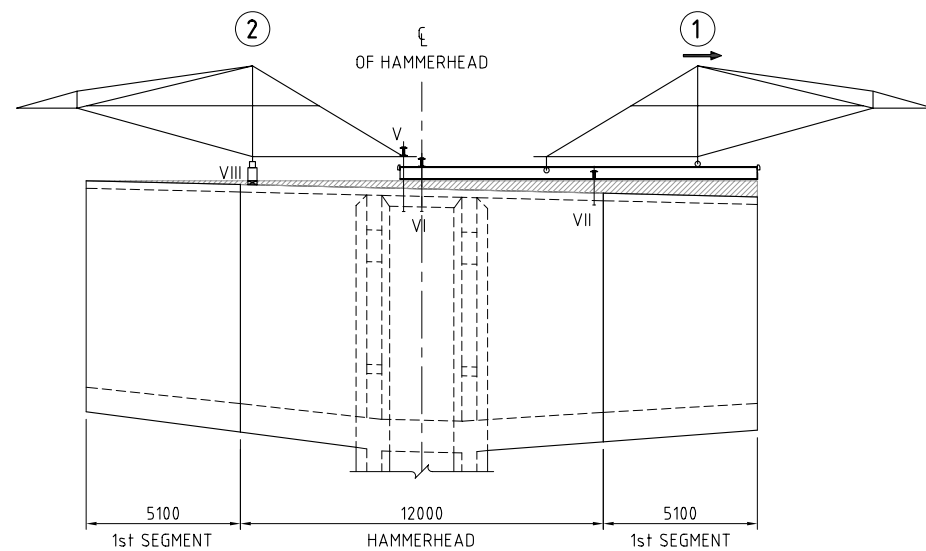
4 MOVING OF MAIN RAIL
1:125



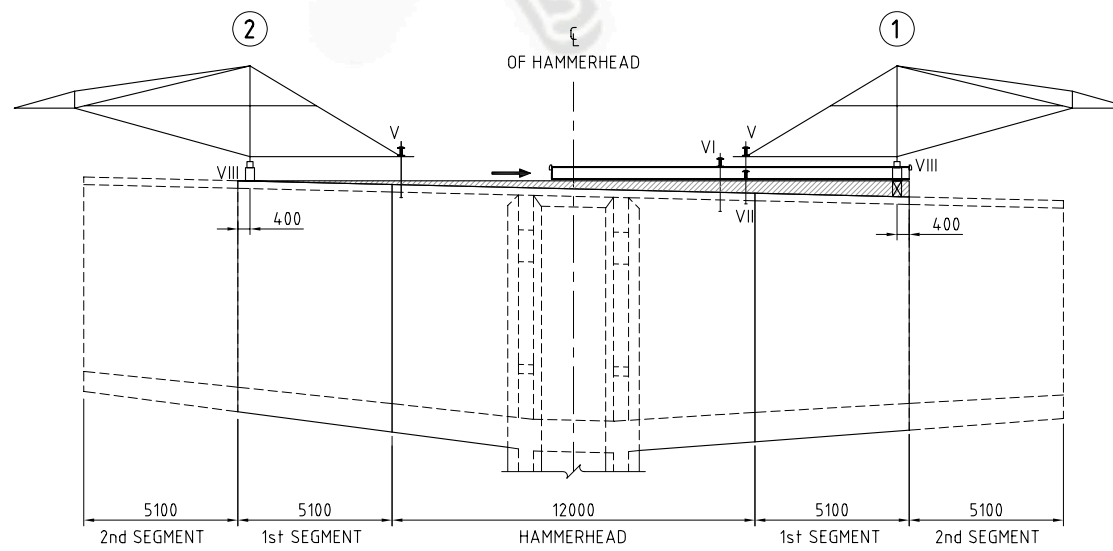
2 MOVING OF MAIN RAIL
1:125



5 MOVING OF BRIDGEBUILDER
1:125



3 MOVING OF BRIDGEBUILDER
1:125



6 CONCRETING OF 2nd SEGMENT
1:125

HAMMERHEAD OPERATION PROCEDURE:

STEP 1

1. CONCRETING OF FIRST SEGMENT.

STEP 2

2. LAUNCH MAIN RAILS OF BB. NO.1 TO THE FRONT OF SEGMENT.
3. INSTALL MAIN RAILS.

STEP 3

4. GENERAL CHECK TO ENSURE THAT ALL FORMWORK ARE LOOSENED FROM CONCRETE SEGMENT AND READY FOR LAUNCHING.
5. DISMANTLE THREAD BAR NO. V.
6. SECURE THE BB. NO.1. FROM ROLLING WITH CHAIN BLOCK.
7. LOWER THE BB. ONTO THE RAIL AND ENSURE THAT MAIN JACK IS FREE FROM FOOTING.
8. LAUNCH THE BB. NO.1. TO 400 MM. FROM THE EDGE OF SEGMENT THEN INSTALL THREAD BAR NO. V.

STEP 4

9. LAUNCH BACK THE MAIN RAILS TO OPPOSITE SIDE OF BB. NO.1.
10. INSTALL MAIN RAILS.

STEP 5

11. LAUNCH THE BB. NO.2. TO 400 mm. FROM THE EDGE OF SEGMENT THEN INSTALL THREAD BAR NO.V.

STEP 6

12. CONCRETING OF SECOND SEGMENT.
13. REPEAT STEP NO.10 TO 12.

Plano para uso con fines académicos de sustentación de Tesis

NOTES:

1. THE MAIN RAIL MUST BE SUPPORTED WITH WOOD OR STEEL UNDERNEATH OF THE ENTIRE LENGTH OF THE RAILS SO THAT THE TOP OF THE FOUR RAIL LIE ON THE SAME HORIZONTAL TRANSVERSE AND LONGITUDINAL LINE. STEEL MUST BE USED WHEN THE HEIGHT OF THE SUPPORT HAS TO BE MORE THAN 100mm. THE MATERIAL BELOW MAIN RAIL TO BE PROVIDE BY CLIENT.
2. I-VIII, REF. DRWG. 440.

Rev.	Date	Reason for Issue	Drawn	Design	Check	Appr.
01C	12/06/13	ISSUED FOR CONSTRUCTION	ONE	AN	HAW	MB

PUENTE CHILINA, PERU

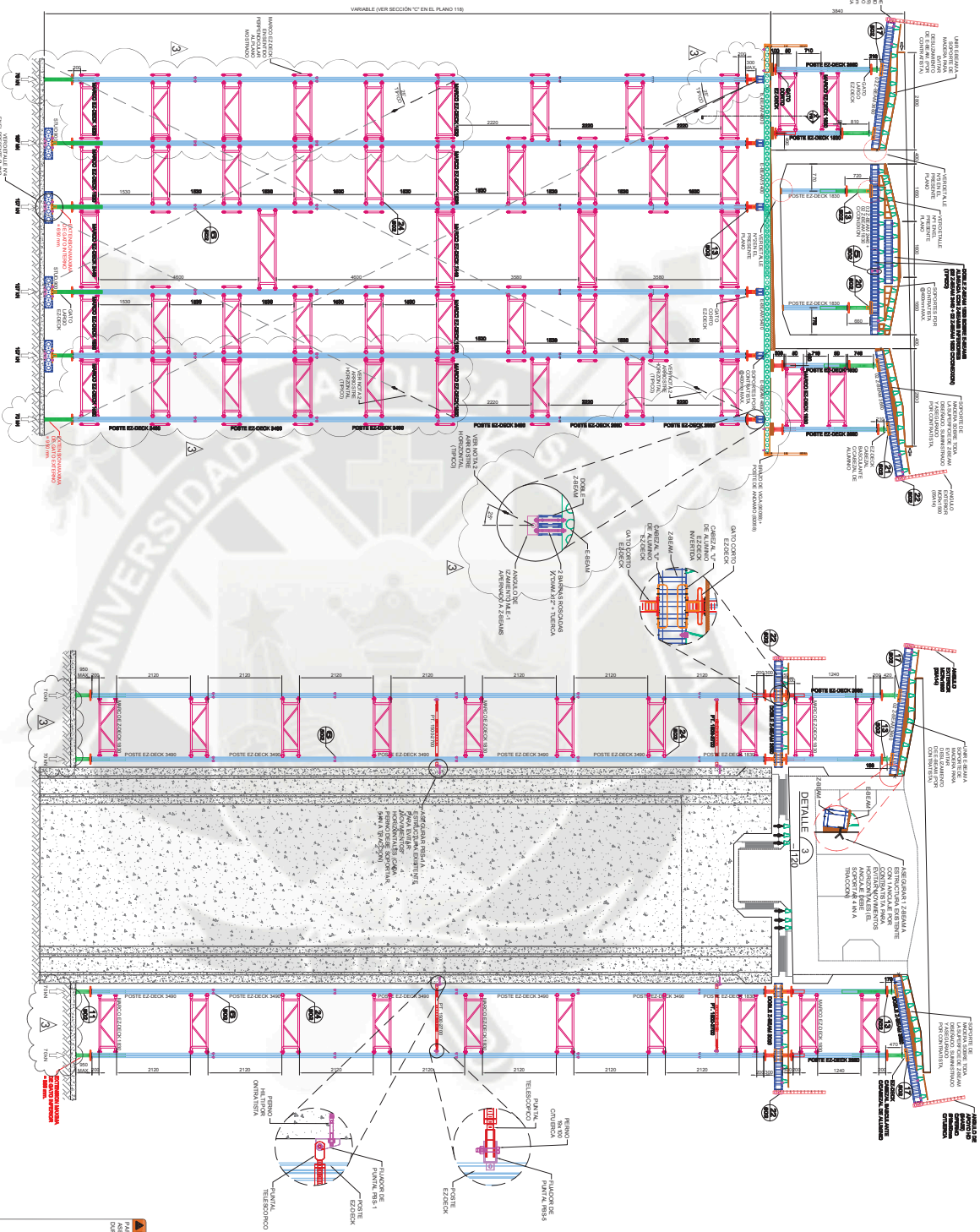
BRIDGE BUILDER	Scale	AS SHOWN
HAMMERHEAD OPERATION	Format	
	Project No.	13.003
	Drawg. No.	0-01
	Rev.	01C

NRS
NRS CONSULTING CO., LTD.
NRS Consulting Co. Ltd.
151/100, 32nd FL, RES TOWER BLDG.
Ratchadapisek Rd., Dinsoang
Bangkok, 10400, THAILAND

ISO 9001:2008
CERTIFIED

NRS
11 Kua Bl. 5th Floor, 3, 0129 Oslo
NORWAY
Telephone: +47 67526500
Fax: +47 67526501

This drawing has not been published and is the sole property of NRS AS, a company registered in Norway, and is lent to the borrower for his confidential use only, and in consideration of the loan of this drawing the borrower promises and agrees to return the drawing upon request, and agrees that it shall not be reproduced, nor distributed. Patent Pending.



SECCION A-A
118/117120

SECCION B-B
117/1120

NOTAS DE PLANO

1. VER NOTAS DE SECCIONES
2. EN ALUMINO EN EL PLAN
3. EN ALUMINO EN EL PLAN
4. EN EL ALUMINO EN EL PLAN
5. EN EL ALUMINO EN EL PLAN
6. EN EL ALUMINO EN EL PLAN
7. EN EL ALUMINO EN EL PLAN
8. EN EL ALUMINO EN EL PLAN
9. EN EL ALUMINO EN EL PLAN
10. EN EL ALUMINO EN EL PLAN

NOTA UBICACION DE EJEBA

UBICACION DE EJEBA EN EL PLAN

NOTA 2 ARR. HORIZONTAL

ARR. HORIZONTAL EN EL PLAN

2 ACURACION DE ANOSTRAMIENTO HORIZONTAL

ANOSTRAMIENTO HORIZONTAL EN EL PLAN

3 ADVERTENCIA DE ANOSTRAMIENTO LATERAL

ANOSTRAMIENTO LATERAL EN EL PLAN

NOTA VAGADO BALANCEADO 3

VAGADO BALANCEADO EN EL PLAN

120	1345 129-01
-----	-------------

Plano para uso con fines académicos de sustentación de Tesis



ATENCIÓN

ESTE PLANO ES UN DOCUMENTO DE USO ACADÉMICO. SU USO PARA FINES COMERCIALES O DE OTRAS NATURALEZAS ES PROHIBIDO SIN EL CONSENTIMIENTO PREVIO DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL DE LA UNIVERSIDAD DE CHILE.

NOTAS GENERALES

1. Este plano es un documento de uso académico. Su uso para fines comerciales o de otras naturalezas es prohibido sin el consentimiento previo de la Escuela de Ingeniería Civil de la Universidad de Chile.

USO PARA FINES ACADÉMICOS

Este plano es un documento de uso académico. Su uso para fines comerciales o de otras naturalezas es prohibido sin el consentimiento previo de la Escuela de Ingeniería Civil de la Universidad de Chile.

FECHA DE ELABORACIÓN

14 DE MARZO DEL 2014

ELABORADO POR

INGENIERO CIVIL

REVISADO POR

INGENIERO CIVIL

PROYECTO

PROYECTO DE TESIS DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

FECHA DE IMPRESIÓN

14 DE MARZO DEL 2014

IMPRESIÓN

120

1345 129-01

NOTA SEGURIDAD 1 ESPACIAMIENTOS
 CADA UNIDAD DE POSTE TIENE UN ESPACIO LIBRE DE 1100mm ENTRE UNO Y OTRO DE LOS MÓDULOS DE 500mm. ESTOS ESPACIOS DEBEN SER MANTENIDOS SIN OBSTACULOS NI HAYERAS QUE PUEDAN INTERFERIR EN EL PASAJE DE LOS PASAJEROS ENTRE LAS UNIDADES.

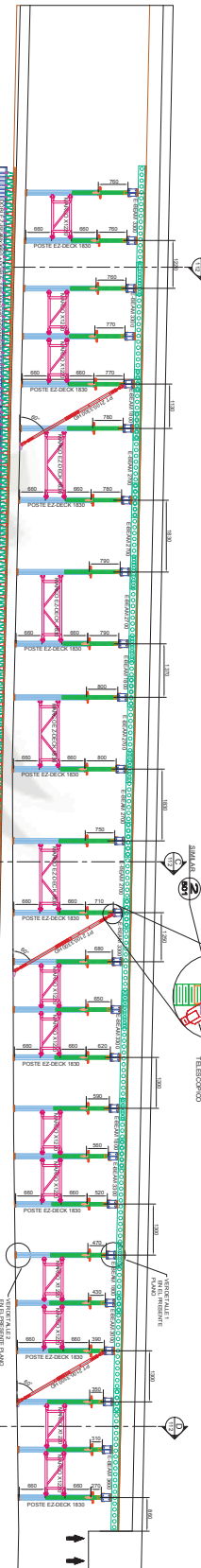
NOTA UBICACION TORRES
 LAS TORRES DE BANDA Y TORRES DE CORRIENTE DEBEN SER MANTENIDAS SIN OBSTACULOS NI HAYERAS QUE PUEDAN INTERFERIR EN EL PASAJE DE LOS PASAJEROS ENTRE LAS UNIDADES.

NOTA UBICACION DE E-BEAMS
 LOS E-BEAMS SE DEBE UBICAR EN LA POSICION INDICADA EN EL DISEÑO Y DEBE SER MANTENIDA SIN OBSTACULOS NI HAYERAS QUE PUEDAN INTERFERIR EN EL PASAJE DE LOS PASAJEROS ENTRE LAS UNIDADES.

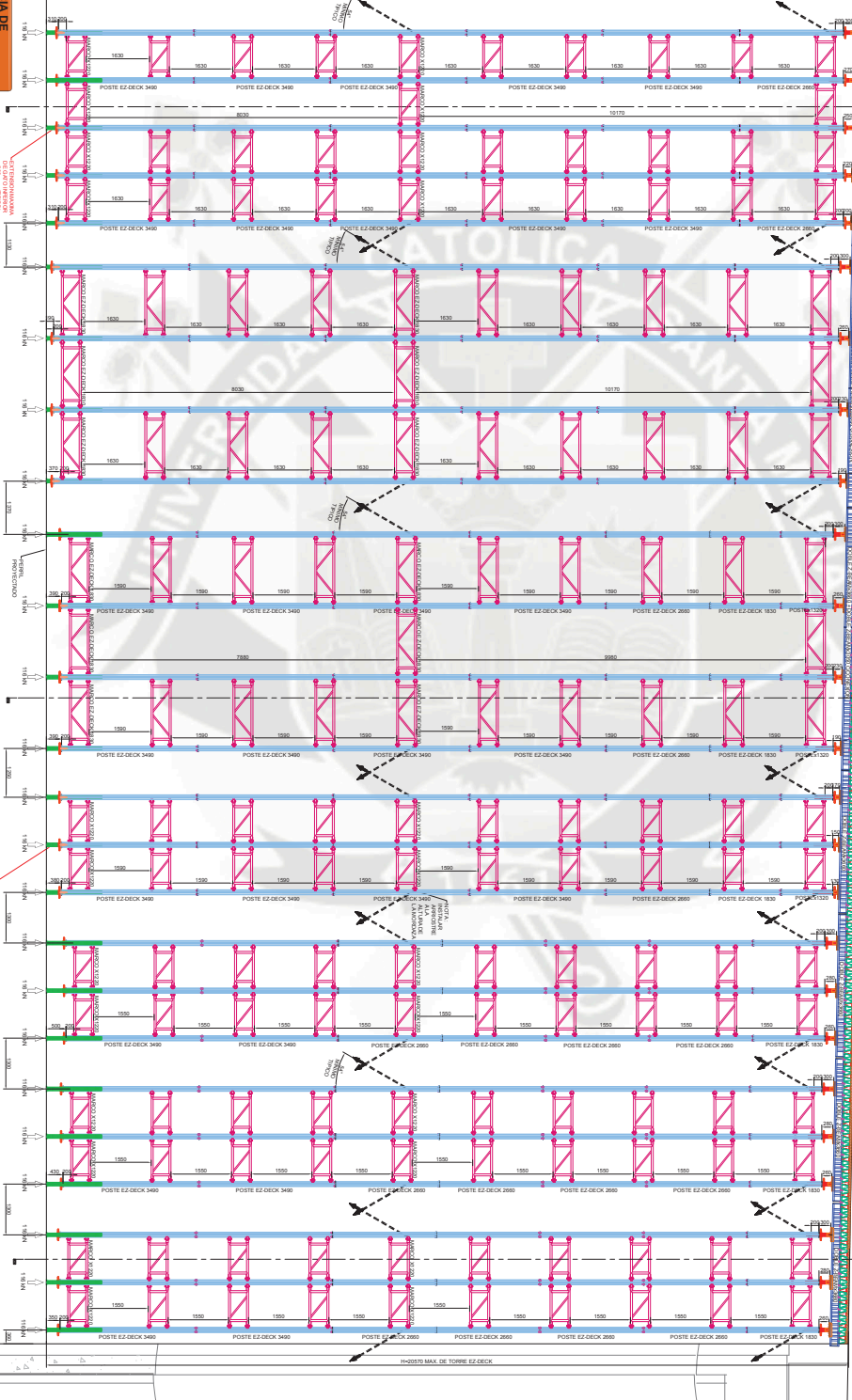
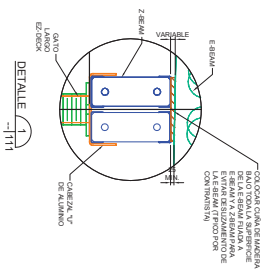
NOTA UBICACION TORRES
 LAS TORRES DE BANDA Y TORRES DE CORRIENTE DEBEN SER MANTENIDAS SIN OBSTACULOS NI HAYERAS QUE PUEDAN INTERFERIR EN EL PASAJE DE LOS PASAJEROS ENTRE LAS UNIDADES.

NOTA UBICACION TORRES
 LAS TORRES DE BANDA Y TORRES DE CORRIENTE DEBEN SER MANTENIDAS SIN OBSTACULOS NI HAYERAS QUE PUEDAN INTERFERIR EN EL PASAJE DE LOS PASAJEROS ENTRE LAS UNIDADES.

NOTA UBICACION TORRES
 LAS TORRES DE BANDA Y TORRES DE CORRIENTE DEBEN SER MANTENIDAS SIN OBSTACULOS NI HAYERAS QUE PUEDAN INTERFERIR EN EL PASAJE DE LOS PASAJEROS ENTRE LAS UNIDADES.



NOTAS DE PLANO
 1. VERIFICAR EL ESPACIO LIBRE ENTRE UNO Y OTRO DE LOS MÓDULOS DE 500mm.
 2. VERIFICAR EL ESPACIO LIBRE ENTRE UNO Y OTRO DE LOS MÓDULOS DE 1100mm.
 3. VERIFICAR EL ESPACIO LIBRE ENTRE UNO Y OTRO DE LOS MÓDULOS DE 1100mm.
 4. VERIFICAR EL ESPACIO LIBRE ENTRE UNO Y OTRO DE LOS MÓDULOS DE 1100mm.
 5. VERIFICAR EL ESPACIO LIBRE ENTRE UNO Y OTRO DE LOS MÓDULOS DE 1100mm.
 6. VERIFICAR EL ESPACIO LIBRE ENTRE UNO Y OTRO DE LOS MÓDULOS DE 1100mm.



NOTAS DE PLANO
 1. VERIFICAR EL ESPACIO LIBRE ENTRE UNO Y OTRO DE LOS MÓDULOS DE 500mm.
 2. VERIFICAR EL ESPACIO LIBRE ENTRE UNO Y OTRO DE LOS MÓDULOS DE 1100mm.
 3. VERIFICAR EL ESPACIO LIBRE ENTRE UNO Y OTRO DE LOS MÓDULOS DE 1100mm.
 4. VERIFICAR EL ESPACIO LIBRE ENTRE UNO Y OTRO DE LOS MÓDULOS DE 1100mm.
 5. VERIFICAR EL ESPACIO LIBRE ENTRE UNO Y OTRO DE LOS MÓDULOS DE 1100mm.
 6. VERIFICAR EL ESPACIO LIBRE ENTRE UNO Y OTRO DE LOS MÓDULOS DE 1100mm.

A. ACLARACION DE ARRIOSTAMIENTO HORIZONTAL
 EL ESPACIO DE ARRIOSTAMIENTO HORIZONTAL DEBE SER MANTENIDO SIN OBSTACULOS NI HAYERAS QUE PUEDAN INTERFERIR EN EL PASAJE DE LOS PASAJEROS ENTRE LAS UNIDADES.

A. ADVERTENCIA DE ARRIOSTAMIENTO LATERAL
 EL ESPACIO DE ARRIOSTAMIENTO LATERAL DEBE SER MANTENIDO SIN OBSTACULOS NI HAYERAS QUE PUEDAN INTERFERIR EN EL PASAJE DE LOS PASAJEROS ENTRE LAS UNIDADES.

A. NOTA 2 ARR. HORIZONTAL
 EL ESPACIO DE ARRIOSTAMIENTO HORIZONTAL DEBE SER MANTENIDO SIN OBSTACULOS NI HAYERAS QUE PUEDAN INTERFERIR EN EL PASAJE DE LOS PASAJEROS ENTRE LAS UNIDADES.



A. NOTA 2 ARR. HORIZONTAL
 EL ESPACIO DE ARRIOSTAMIENTO HORIZONTAL DEBE SER MANTENIDO SIN OBSTACULOS NI HAYERAS QUE PUEDAN INTERFERIR EN EL PASAJE DE LOS PASAJEROS ENTRE LAS UNIDADES.

A. NOTA 2 ARR. HORIZONTAL
 EL ESPACIO DE ARRIOSTAMIENTO HORIZONTAL DEBE SER MANTENIDO SIN OBSTACULOS NI HAYERAS QUE PUEDAN INTERFERIR EN EL PASAJE DE LOS PASAJEROS ENTRE LAS UNIDADES.

A. NOTA 2 ARR. HORIZONTAL
 EL ESPACIO DE ARRIOSTAMIENTO HORIZONTAL DEBE SER MANTENIDO SIN OBSTACULOS NI HAYERAS QUE PUEDAN INTERFERIR EN EL PASAJE DE LOS PASAJEROS ENTRE LAS UNIDADES.

A. NOTA 2 ARR. HORIZONTAL
 EL ESPACIO DE ARRIOSTAMIENTO HORIZONTAL DEBE SER MANTENIDO SIN OBSTACULOS NI HAYERAS QUE PUEDAN INTERFERIR EN EL PASAJE DE LOS PASAJEROS ENTRE LAS UNIDADES.

SECCION 109/10111

Plano para uso con fines académicos de sustentación de Tesis

BECCO

ATENCION

NOTAS DE PLANO

OPORTE POR CONTRAFIJA

1348129-01



PROCESOS CONSTRUCTIVOS

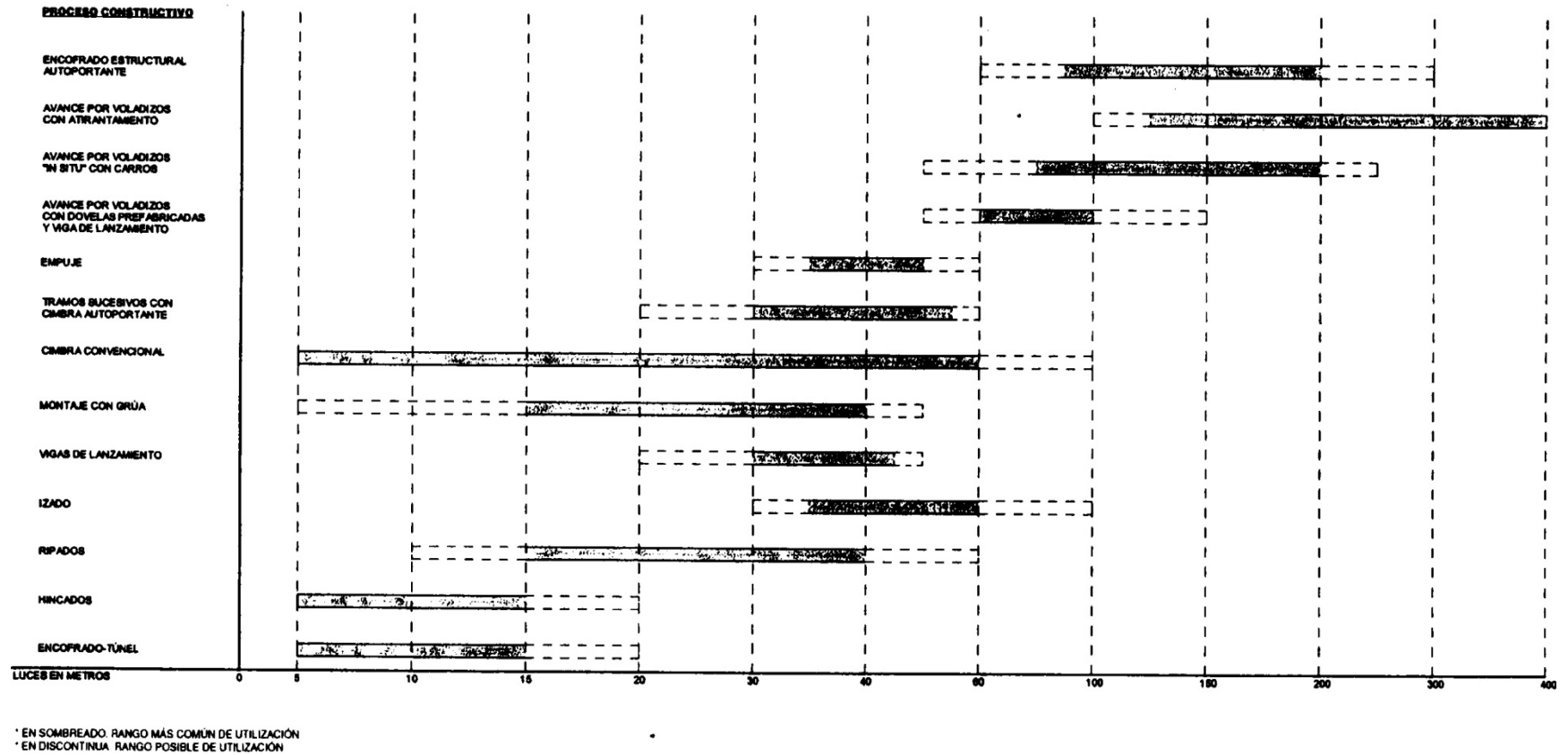




Gráfico 01: Processos construtivos e intervalo dependendo do comprimento dos vãos principais. (Fonte: Ministério de Fomento)



		Registro de Operación de C.A. (NRS) Pre-Lanzamiento		
DOVELA				
Nº	Descripción	Firma	Fecha	Nota (s)
RIEL PRINCIPAL				
1	Todas las piezas ensambladas (Vigas transversales, cuñas frontales)			
2	Madera niveladora debajo del riel es continua y esta sujeta			
3	La superficie de los rieles esta en posición correcta manteniendo el sistema en nivel horizontal			
4	Los rieles siguen la pendiente del puente			
5	Rieles enrasados con el extremo de Dovela			
6	Rieles sujetos y asegurados a la losa			
ENCOFRADO INTERIOR Y EXTERIOR				
1	Paneles y Pasamuros en posición.			
ENCOFRADO DE PLATAFORMA INFERIOR (BS)				
1	Antes de alojar pisarriel trasero (Inserto I) (Barras exteriores ajustadas, Polipastos colocados al frente)			
2	Después de bajar encofrado (Totalmente separado del concreto)			
GATA PRINCIPAL				
1	Antes de bajar gatas (C.A. asegurado contra desplazamiento, Gatas conectadas a bomba)			
2	Después de bajar gatas (Los rollers sobre riel y guías fuera de bordes; bordes de riel y guías sin tocarse)			
ROLLER TRASERO				
Antes de transferir carga al cilindro trasero				
1	Rieles asegurados			
2	Cilindro trasero ensamblado correctamente, pasadores y placas seguro en su lugar			
3	Cilindro trasero correctamente conectado a la bomba			
Antes de liberar el C.A. con el cilindro trasero				
4	Roller trasero ensamblado correctamente con pines y pasadores			
5	Ruedas del roller trasero en posición respecto al riel			
Control de Registro				
	Nombre	Fecha	Firma	
Elaboró				
Revisó				
Aprobó				

Doc. 01: Checklist de trabajos operativos para Pre-Lanzamiento de Carro de Avance.

(Fuente: Propia)

		Registro de Operación de C.A. (NRS) Lanzamiento, Nivelación y Aseguramiento (Previo Vaciado)		
DOVELA				
Nº	Descripción	Firma	Fecha	Nota (s)
LANZAMIENTO DEL CARRO DE AVANCE				
1	Antes del lanzamiento (C.A. asegurado con los pistones de desplazamiento y cuñas para no rodar)			
2	En movimiento (C.A. se mueve en paralelo en ambos rieles y el encofrado esta libre al movimiento)			
GATA PRINCIPAL				
1	Antes de levantar C.A. (Gatas conectadas a bomba y pedestal nivelado horizontalmente)			
2	Después de levantar C.A. (Aros de aseguramiento ajustados y soportando carga, rollers levantados 10mm o +)			
SISTEMA DE SOPORTE TRASERO				
1	Barras en ubicación (Insertos V, VII)			
2	Llenado de Check list aparte de barras (Seg. De Barras)			
3	C.A. nivelado horizontalmente en dirección horizontal (Elemento B- 1001)			
4	Ruedas de roller trasero libras del riel			
ENCOFRADO DE PLATAFORMA INFERIOR				
1	Barras en ubicación (Inserto I)			
2	Llenado de Check list aparte de barras (Seg. De Barras)			
3	Barras traseras pre-tensionadas			
ENCOFRADO INTERNO Y EXTERNO				
1	Encofrado ajustado a la correcta posición y alineamiento			
2	Encofrado colocado correctamente en plataforma inferior			
Comentarios				
Control de Registro				
	Nombre	Fecha	Firma	
Elaboró				
Revisó				
Aprobó				

Doc. 02: Checklist de trabajos operativos pre-vaciado de concreto de Carro de Avance.

(Fuente: Propia)



IV) PRESUPUESTOS

➤ **FALSO PUENTE**

Presupuesto

Presupuesto	0202005	PUENTE CHILINA - CIMBRA (FALSO PUENTE)			
Subpresupuesto	001	ESTRUCTURAS			
Lugar	AREQUIPA - AREQUIPA - AREQUIPA				
Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.
01	SUPER ESTRUCTURA MEDIANTE FALSO PUENTE (CIMBRA)				4,698,067.73
01.01	MONTAJE FALSO PUENTE				1,449,723.79
01.01.01	FALSO PUENTE (CIMBRA)	m2	1,144.01	1,267.23	1,449,723.79
01.02	CONSTRUCCION DE VIGA CAJON				1,907,045.21
01.02.01	ACERO F ^Y =4,200 KG/CM2 VIGAS CAJON	kg	121,466.90	6.34	770,100.15
01.02.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO EN FALSO PUENTE	m2	3,002.31	168.19	504,958.52
01.02.03	CONCRETO F ^C =420 KG/CM2 PARA VIGAS CAJON	m3	889.02	710.88	631,986.54
01.03	POSTENSADO FALSO PUENTE				1,341,298.73
01.03.01	POSTENSADO DE VIGA CAJON (M.O., EQ., MATERIALES PARA INSTALACION, TENSADO, INYECCION DE TENDONES)	m	705,946.70	1.90	1,341,298.73
	Costo Directo				4,698,067.73
	SON : CUATRO MILLONES SEISCIENTOS NOVENTIOCHO MIL SESENTISIETE Y 73/100 NUEVOS SOLES				

(Fuente: Propia)



V) ANALISIS DE APORTES UNITARIOS

Presupuesto	0202004 PUENTE CHILINA - CARROS DE AVANCE						
Subpresupuesto	001 ESTRUCTURAS						
Partida	01.01.01 ACERO F'Y=4,200 KG/CM2 VIGAS CAJON						
Rendimiento	kg/DIA	700.0000	EQ. 700.0000	Costo unitario directo por : kg		6.34	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
Mano de Obra							
0101010005	PEON	hh	6.0000	0.0686	13.51	0.93	
0101010007	CAPATAZ ESPECIALIZADO	hh	1.0000	0.0114	21.48	0.24	
0101010008	OPERARIO ESPECIALIZADO	hh	6.0000	0.0686	17.02	1.17	
							2.34
Materiales							
02040100010002	ALAMBRE NEGRO RECOCIDO N° 16	kg		0.0600	3.47	0.21	
0204030001	ACERO CORRUGADO fy = 4200 kg/cm2 GRADO 60	kg		1.0600	2.45	2.60	
0255080015	SOLDADURA ELECTRICA	kg		0.0100	12.15	0.12	
							2.93
Equipos							
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	2.34	0.12	
0301080007	CABALLETE METALICO	dia	8.0000	0.0114	1.50	0.02	
0301210004	GRUA TELESCOPICA 100 TN	hm	0.0100	0.0001	500.18	0.05	
0301220009	CAMION GRUA HIAB 12TN	hm	0.0500	0.0006	145.00	0.09	
0301270005	MAQUINAS DE SOLDAR	hm	0.4000	0.0046	53.00	0.24	
0301270006	MAQUINA TROZADORA DE ACERO	hm	0.4000	0.0046	30.00	0.14	
0301340010	ANDAMIO METALICO ALQUILER	m2		0.0162	25.00	0.41	
							1.07
Partida	01.01.02 ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DOVELA CERO						
Rendimiento	m2/DIA	18.0953	EQ. 18.0953	Costo unitario directo por : m2		775.96	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
Mano de Obra							
0101010004	OFICIAL	hh	8.0000	3.5368	14.87	52.59	
0101010005	PEON	hh	6.0000	2.6526	13.51	35.84	
0101010007	CAPATAZ ESPECIALIZADO	hh	1.0000	0.4421	21.48	9.50	
0101010008	OPERARIO ESPECIALIZADO	hh	4.0000	1.7684	17.02	30.10	
0102010003	TECNICO ESPECIALISTA DOV. CERO	hh	1.0000	0.4421	25.00	11.05	
							139.08
Materiales							
02040100010001	ALAMBRE NEGRO RECOCIDO N° 8	kg		0.1000	3.47	0.35	
0204030001	ACERO CORRUGADO fy = 4200 kg/cm2 GRADO 60	kg		0.6320	2.45	1.55	
02041200010005	CLAVOS PARA MADERA CON CABEZA DE 3"	kg		0.3500	3.47	1.21	
0218020002	PERNO HEX. ANCLAJE DE ENCOFRADO	und		0.0250	18.00	0.45	
0222140002	ADITIVO DESMOLDEADOR DE ENCOFRADOS	gal		0.0500	86.70	4.34	
0231010002	MADERA TORNILLO PARA ENCOFRADOS INCLUYE CORTE	p2		1.5000	4.20	6.30	
0231050002	TRIPLAY 19MM ENCOFRADOS	m2		0.7500	69.00	51.75	
0244010002	EQUIPOS EN VENTA	und		1.0000	159.01	159.01	
							224.96
Equipos							
0301030011	ALQUILER EQUIPO ESPECIAL PLATAFORMAS	he	1.0000	0.4421	245.20	108.40	
0301030012	ALQUILER ENCOFRADO DE MUROS	he	1.0000	0.4421	159.37	70.46	
0301030013	ALQUILER SOPORTE DE LOSA SUPERIOR	he	1.0000	0.4421	55.37	24.48	
03010800030002	SIERRA CIRCULAR	hm	1.0000	0.4421	13.45	5.95	
0301140006	COMPRESORA NEUMATICA	hm	1.0000	0.4421	75.70	33.47	
0301220010	CAMION PLATAFORMA	hm	1.0000	0.4421	160.00	70.74	
0301330002	CIZALLA	dia	0.1000	0.0055	10.00	0.06	
0301340003	ESCALERA METALICA	dia	35.0000	1.9342	25.00	88.36	
0301340008	ANDAMIO METALICO ALQUILER	dia	36.1906	2.0000	25.00	90.48	
							411.92
Partida	01.01.03 CONCRETO F'C=420 KG/CM2 PARA VIGAS CAJON						
Rendimiento	m3/DIA	15.0000	EQ. 15.0000	Costo unitario directo por : m3		710.88	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
Mano de Obra							
0101010004	OFICIAL	hh	4.0000	2.1333	14.87	31.72	
0101010005	PEON	hh	6.0000	3.2000	13.51	43.23	
0101010007	CAPATAZ ESPECIALIZADO	hh	1.0000	0.5333	21.48	11.46	
0101010008	OPERARIO ESPECIALIZADO	hh	2.0000	1.0667	17.02	18.16	
							104.57
Materiales							
0219010012	CONCRETO PREMEZCLADO F'C=420 KG/CM2	m3		1.0600	421.25	446.53	
							446.53
Equipos							
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	104.57	5.23	
03010400010007	BOMBA ESTACIONARIA DE CONCRETO m3	m3		2.1200	34.00	72.08	
0301210005	BALDE DE CONCRETO 1.5M3	hm	1.0000	0.5333	12.00	6.40	
03012200050003	CAMION CISTERNA 3000 gl (AGUA)	hm	0.0010	0.0005	145.00	0.07	
0301290001	VIBRADOR PARA CONCRETO	hm	8.0000	4.2667	10.00	42.67	
0301340003	ESCALERA METALICA	dia	20.0000	1.3333	25.00	33.33	
							159.78
Partida	01.02.01 MONTAJE, OPERACION Y DESMONTAJE DE CARROS DE AVANCE (M.O.)						
Rendimiento	mes/DIA	1.0000	EQ. 1.0000	Costo unitario directo por : mes		346,240.37	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	

0201020003
0201040001
02040100010001
02041200010003
0218020002
0231010002
0231050002
0267110022

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

GRASA DE USO GENERAL	kg	50.0000				
RETRAYENTE D-2	gal	1,000.0000				
ALAMBRE NEGRO RECOCIDO N° 8	kg	0.1000				
CLAVOS PARA MADERA CON CABEZA DE 3"	kg	0.3500				
PERNO HEX. ANCLAJE DE ENCOFRADO	und	0.0250				
MADERA TORNILLO PARA ENCOFRADOS INCLUYE CORTE	p2	0.8830		4.20		3.71
TRIPLAY 19MM ENCOFRADOS	m2	0.2000		69.00		13.80
BARANDILLAS SEGURIDAD TABLERO EJECUTADO	m	13,908.0000		1.00		13,908.00



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

190.51
14,000.00
0.35
1.21
0.45
3.71
13.80
13,908.00
28,118.02

Equipos

0301340003	ESCALERA METALICA	dia	600.0000	600.0000	25.00		15,000.00
------------	-------------------	-----	----------	----------	-------	--	-----------

Subpartidas

010420010407	MANO DE OBRA PARA MONTAJE DE CARROS	glb		0.4000	25,541.37		10,216.55
010420010408	MANO DE OBRA OPERACION	mes		3.0000	52,573.67		157,721.01
010420010409	MANO DE OBRA PRE MONTAJE DE CARROS	glb		0.2000	45,417.67		9,083.53
010420010410	MANO DE OBRA DESMONTAJE DE CARROS	glb		0.4000	17,036.09		6,814.44
010420010411	EQUIPOS PARA MONTAJE DE CARROS	glb		0.4000	40,351.91		16,140.76
010420010412	EQUIPOS OPERACION	mes		3.0000	25,600.00		76,800.00
010420010413	EQUIPOS PRE MONTAJE DE CARROS	glb		0.2000	73,899.40		14,779.88
010420010414	EQUIPOS DESMONTAJE DE CARROS	glb		0.4000	28,915.44		11,566.18

303,122.35

Partida **01.03.01 ACERO F'Y=4,200 KG/CM2 VIGAS CAJON**

Rendimiento	kg/DIA	700.0000	EQ. 700.0000	Costo unitario directo por :	kg	6.34
-------------	--------	----------	--------------	------------------------------	----	-------------

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
0101010005	PEON	hh	6.0000	0.0686	13.51	0.93
0101010007	CAPATAZ ESPECIALIZADO	hh	1.0000	0.0114	21.48	0.24
0101010008	OPERARIO ESPECIALIZADO	hh	6.0000	0.0686	17.02	1.17

2.34

Materiales

02040100010002	ALAMBRE NEGRO RECOCIDO N° 16	kg		0.0600	3.47	0.21
0204030001	ACERO CORRUGADO fy = 4200 kg/cm2 GRADO 60	kg		1.0600	2.45	2.60
0255080015	SOLDADURA ELECTRICA	kg		0.0100	12.15	0.12

2.93

Equipos

0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	2.34	0.12
0301080007	CABALLETE METALICO	dia	8.0000	0.0114	1.50	0.02
0301210004	GRUA TELESCOPICA 100 TN	hm	0.0100	0.0001	500.18	0.05
0301220009	CAMION GRUA HIAB 12TN	hm	0.0500	0.0006	145.00	0.09
0301270005	MAQUINAS DE SOLDAR	hm	0.4000	0.0046	53.00	0.24
0301270006	MAQUINA TROZADORA DE ACERO	hm	0.4000	0.0046	30.00	0.14
0301340010	ANDAMIO METALICO ALQUILER	m2		0.0162	25.00	0.41

1.07

Partida **01.03.02 ENCOFRADO Y DESENCOFRADO VIGA CAJON**

Rendimiento	m2/DIA	25.0000	EQ. 25.0000	Costo unitario directo por :	m2	184.63
-------------	--------	---------	-------------	------------------------------	----	---------------

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
0101010004	OFICIAL	hh	6.0000	1.9200	14.87	28.55
0101010005	PEON	hh	6.0000	1.9200	13.51	25.94
0101010007	CAPATAZ ESPECIALIZADO	hh	1.0000	0.3200	21.48	6.87
0101010008	OPERARIO ESPECIALIZADO	hh	4.0000	1.2800	17.02	21.79

83.15

Materiales

02040100010001	ALAMBRE NEGRO RECOCIDO N° 8	kg		0.1000	3.47	0.35
0204030001	ACERO CORRUGADO fy = 4200 kg/cm2 GRADO 60	kg		0.6320	2.45	1.55
02041200010005	CLAVOS PARA MADERA CON CABEZA DE 3"	kg		0.3500	3.47	1.21
0218020002	PERNO HEX. ANCLAJE DE ENCOFRADO	und		0.0250	18.00	0.45
0222140002	ADITIVO DESMOLDEADOR DE ENCOFRADOS	gal		0.0500	86.70	4.34
0231010002	MADERA TORNILLO PARA ENCOFRADOS INCLUYE CORTE	p2		1.2000	4.20	5.04
0231050002	TRIPLAY 19MM ENCOFRADOS	m2		0.3000	69.00	20.70

33.64

Equipos

0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	83.15	4.16
03010800030002	SIERRA CIRCULAR	hm	2.0000	0.6400	13.45	8.61
0301140006	COMPRESORA NEUMATICA	hm	1.2000	0.3840	75.70	29.07
0301220009	CAMION GRUA HIAB 12TN	hm	0.5000	0.1600	145.00	23.20
0301330002	CIZALLA	dia	2.0000	0.0800	10.00	0.80
0301340008	ANDAMIO METALICO ALQUILER	dia	2.0000	0.0800	25.00	2.00

67.84

Partida **01.03.03 CONCRETO F'C=420 KG/CM2 PARA VIGAS CAJON**

Rendimiento	m3/DIA	15.0000	EQ. 15.0000	Costo unitario directo por :	m3	710.88
-------------	--------	---------	-------------	------------------------------	----	---------------

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
0101010004	OFICIAL	hh	4.0000	2.1333	14.87	31.72
0101010005	PEON	hh	6.0000	3.2000	13.51	43.23
0101010007	CAPATAZ ESPECIALIZADO	hh	1.0000	0.5333	21.48	11.46
0101010008	OPERARIO ESPECIALIZADO	hh	2.0000	1.0667	17.02	18.16

104.57

Materiales

0219010012	CONCRETO PREMEZCLADO F'C=420 KG/CM2	m3		1.0600	421.25	446.53
------------	-------------------------------------	----	--	--------	--------	--------

446.53

Equipos

0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	104.57	5.23
03010400010007	BOMBA ESTACIONARIA DE CONCRETO m3	m3		2.1200	34.00	72.08
0301210005	BALDE DE CONCRETO 1.5M3	hm	1.0000	0.5333	12.00	6.40
03012200030003	CAMION CISTERNA 3000 gal (AGUA)	hm	0.0010	0.0005	145.00	0.07
0301290001	VIBRADOR PARA CONCRETO	hm	8.0000	4.2667	10.00	42.67
0301340003	ESCALERA METALICA	dia	20.0000	1.3333	25.00	33.33

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis



Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Subpartidas					
010420010601	INYECCION MORTERO EXPANSIVO	t/m		1.0000	0.36	0.36
010420010602	ENFILAJE	t/m		1.0000	0.56	0.56
010420010603	DUCTOS DE POSTENSADO Y ANCLAJES	t/m		1.0000	0.56	0.56
010420010604	TENSADO	t/m		1.0000	0.42	0.42
						1.90

Partida 02.01 SUMINISTRO EN RENTA DE CARROS DE AVANCE

Rendimiento mes/DIA 1.0000 EQ. 1.0000 Costo unitario directo por : mes 92,786.32

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Equipos					
0301520001	ALQUILER DE CARROS DE AVANCE	par		2.0000	46,393.16	92,786.32
						92,786.32



Análisis de precios unitarios

Presupuesto	0202005 PUENTE CHILINA - CIMBRA (FALSO PUENTE)					
Subpresupuesto	001 ESTRUCTURAS					
Parida	01.01.01	FALSO PUENTE (CIMBRA)				
Rendimiento	m2/DIA	14.1800	EQ. 14.1800	Costo unitario directo por : m2	1,267.23	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
0101010004	OFICIAL	hh	6.0000	3.3850	14.87	50.33
0101010005	PEON	hh	8.0000	4.5134	13.51	60.98
0101010007	CAPATAZ ESPECIALIZADO	hh	1.0000	0.5642	21.48	12.12
0101010008	OPERARIO ESPECIALIZADO	hh	10.0000	5.6417	17.02	96.02
219.45						
Materiales						
0204030001	ACERO CORRUGADO fy = 4200 kg/cm2 GRADO 60	kg		0.6320	2.45	1.55
1.55						
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	219.45	10.97
0301030015	ALQUILER TORRES CIMBRA PORTICADA (SOPORTE)	und		80.0000	6.45	516.00
0301030016	ALQUILER CERCHAS CIMBRA PORTICADA	und		80.0000	4.52	361.60
0301140006	COMPRESORA NEUMATICA	hm	0.5000	0.2821	75.70	21.35
0301210004	GRUA TELESCOPICA 100 TN	hm	0.3000	0.1693	500.18	84.68
0301220009	CAMION GRUA HIAB 12TN	hm	0.4000	0.2257	145.00	32.73
0301340009	ESCALERA METALICA	m		13.5000	1.40	18.90
1,046.23						
Parida	01.02.01	ACERO F'Y=4,200 KG/CM2 VIGAS CAJON				
Rendimiento	kg/DIA	700.0000	EQ. 700.0000	Costo unitario directo por : kg	6.34	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
0101010005	PEON	hh	6.0000	0.0686	13.51	0.93
0101010007	CAPATAZ ESPECIALIZADO	hh	1.0000	0.0114	21.48	0.24
0101010008	OPERARIO ESPECIALIZADO	hh	6.0000	0.0686	17.02	1.17
2.34						
Materiales						
02040100010002	ALAMBRE NEGRO RECOCIDO N° 16	kg		0.0600	3.47	0.21
0204030001	ACERO CORRUGADO fy = 4200 kg/cm2 GRADO 60	kg		1.0600	2.45	2.60
0255080015	SOLDADURA ELECTRICA	kg		0.0100	12.15	0.12
2.93						
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	2.34	0.12
0301080007	CABALLETE METALICO	día	8.0000	0.0114	1.50	0.02
0301210004	GRUA TELESCOPICA 100 TN	hm	0.0100	0.0001	500.18	0.05
0301220009	CAMION GRUA HIAB 12TN	hm	0.0500	0.0006	145.00	0.09
0301270005	MAQUINAS DE SOLDAR	hm	0.4000	0.0046	53.00	0.24
0301270006	MAQUINA TROZADORA DE ACERO	hm	0.4000	0.0046	30.00	0.14
0301340010	ANDAMIO METALICO ALQUILER	m2		0.0162	25.00	0.41
1.07						
Parida	01.02.02	ENCOFRADO Y DEENCOFRADO EN FALSO PUENTE				
Rendimiento	m2/DIA	50.0000	EQ. 50.0000	Costo unitario directo por : m2	168.19	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
0101010004	OFICIAL	hh	10.0000	1.6000	14.87	23.79
0101010005	PEON	hh	4.0000	0.6400	13.51	8.65
0101010007	CAPATAZ ESPECIALIZADO	hh	1.0000	0.1600	21.48	3.44
0101010008	OPERARIO ESPECIALIZADO	hh	4.0000	0.6400	17.02	10.89
46.77						
Materiales						
02040100010001	ALAMBRE NEGRO RECOCIDO N° 8	kg		0.1000	3.47	0.35
0204030001	ACERO CORRUGADO fy = 4200 kg/cm2 GRADO 60	kg		0.6320	2.45	1.55
02041200010005	CLAVOS PARA MADERA CON CABEZA DE 3"	kg		0.3500	3.47	1.21
0218020002	PERNO HEX. ANCLAJE DE ENCOFRADO	und		0.0250	18.00	0.45
0222140002	ADITIVO DESMOLDEADOR DE ENCOFRADOS	gal		0.0500	86.70	4.34
0231010002	MADERA TORNILLO PARA ENCOFRADOS INCLUYE CORTE	p2		0.8830	4.20	3.71
0231050002	TRIPLAY 19MM ENCOFRADOS	m2		0.2500	69.00	17.25
28.86						
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	46.77	2.34
0301030014	ALQUILER ENCOFRADO BARCOS (MESAS)	hm	6.2500	1.0000	73.41	73.41
0301080007	SIERRA CIRCULAR	hm	2.0000	0.3200	13.45	4.30



REPOSITORIO DE TESIS UCSM

Parida 01.02.03 CONCRETO F'C=420 KG/CM2 PARA VIGAS CAJON

Rendimiento	m3/DIA	15.0000	EQ. 15.0000	Costo unitario directo por : m3	710.88		
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra							
0101010004	OFICIAL		hh	4.0000	2.1333	14.87	31.72
0101010005	PEON		hh	6.0000	3.2000	13.51	43.23
0101010007	CAPATAZ ESPECIALIZADO		hh	1.0000	0.5333	21.48	11.46
0101010008	OPERARIO ESPECIALIZADO		hh	2.0000	1.0667	17.02	18.16
104.57							
Materiales							
0219010012	CONCRETO PREMEZCLADO F'C=420 KG/CM2		m3		1.0600	421.25	446.53
446.53							
Equipos							
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES		%mo		5.0000	104.57	5.23
03010400010007	BOMBA ESTACIONARIA DE CONCRETO m3		m3		2.1200	34.00	72.08
0301210005	BALDE DE CONCRETO 1.5M3		hm	1.0000	0.5333	12.00	6.40
03012200050003	CAMION CISTERNA 3000 gl (AGUA)		hm	0.0010	0.0005	145.00	0.07
0301290001	VIBRADOR PARA CONCRETO		hm	8.0000	4.2667	10.00	42.67
0301340003	ESCALERA METALICA		día	20.0000	1.3333	25.00	33.33
159.78							

Parida 01.03.01 POSTENSADO DE VIGA CAJON (M.O., EQ., MATERIALES PARA INSTALACION, TENSADO, INYECCION DE TENDONES)

Rendimiento	m/DIA	1.0000	EQ. 1.0000	Costo unitario directo por : m	1.90		
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Subpartidas							
010420010601	INYECCION MORTERO EXPANSIVO		t/m		1.0000	0.36	0.36
010420010602	ENFILEAJE		t/m		1.0000	0.56	0.56
010420010603	DUCTOS DE POSTENSADO Y ANCLAJES		t/m		1.0000	0.56	0.56
010420010604	TENSADO		t/m		1.0000	0.42	0.42
1.90							



Análisis de precios unitarios de subpartidas

Presupuesto	0202004	PUENTE CHILINA - CARROS DE AVANCE					
Subpresupuesto	001	ESTRUCTURAS					
Parída	(010420010407-0202004-01) MANO DE OBRA PARA MONTAJE DE CARROS						
Rendimiento	glb/DIA	MO.0.07	EQ.0.07	Costo unitario directo por : glb	25,541.37		
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
	Mano de Obra						
0102010002	TECNICO ESPECIALISTA C.A.	hh	0.1667	19.9940	85.01	1,699.69	
0101010007	CAPATAZ ESPECIALIZADO	hh	1.0000	119.9400	21.48	2,576.31	
0101010008	OPERARIO ESPECIALIZADO	hh	2.0000	239.8801	17.02	4,082.76	
0101010005	PEON	hh	4.0000	479.7601	13.51	6,481.56	
0101010004	OFICIAL	hh	6.0000	719.6402	14.87	10,701.05	
						25,541.37	
Parída	(010420010408-0202004-01) MANO DE OBRA OPERACION						
Rendimiento	mes/DIA	MO.0.04	EQ.0.04	Costo unitario directo por : mes	52,573.67		
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
	Mano de Obra						
0102010002	TECNICO ESPECIALISTA C.A.	hh	0.3330	66.6000	85.01	5,661.67	
0101010007	CAPATAZ ESPECIALIZADO	hh	2.0000	400.0000	21.48	8,592.00	
0101010008	OPERARIO ESPECIALIZADO	hh	3.0000	600.0000	17.02	10,212.00	
0101010004	OFICIAL	hh	4.0000	800.0000	14.87	11,896.00	
0101010005	PEON	hh	6.0000	1,200.0000	13.51	16,212.00	
						52,573.67	
Parída	(010420010409-0202004-01) MANO DE OBRA PRE MONTAJE DE CARROS						
Rendimiento	glb/DIA	MO.0.04	EQ.0.04	Costo unitario directo por : glb	45,417.67		
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
	Mano de Obra						
0101010007	CAPATAZ ESPECIALIZADO	hh	1.0000	200.0000	21.48	4,296.00	
0102010002	TECNICO ESPECIALISTA C.A.	hh	0.3330	66.6000	85.01	5,661.67	
0101010008	OPERARIO ESPECIALIZADO	hh	2.0000	400.0000	17.02	6,808.00	
0101010005	PEON	hh	4.0000	800.0000	13.51	10,808.00	
0101010004	OFICIAL	hh	6.0000	1,200.0000	14.87	17,844.00	
						45,417.67	
Parída	(010420010410-0202004-01) MANO DE OBRA DESMONTAJE DE CARROS						
Rendimiento	glb/DIA	MO.0.10	EQ.0.10	Costo unitario directo por : glb	17,036.09		
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
	Mano de Obra						
0102010002	TECNICO ESPECIALISTA C.A.	hh	0.1667	13.3360	85.01	1,133.69	
0101010007	CAPATAZ ESPECIALIZADO	hh	1.0000	80.0000	21.48	1,718.40	
0101010008	OPERARIO ESPECIALIZADO	hh	2.0000	160.0000	17.02	2,723.20	
0101010005	PEON	hh	4.0000	320.0000	13.51	4,323.20	
0101010004	OFICIAL	hh	6.0000	480.0000	14.87	7,137.60	
						17,036.09	
Parída	(010420010411-0202004-01) EQUIPOS PARA MONTAJE DE CARROS						
Rendimiento	glb/DIA	MO.0.07	EQ.0.07	Costo unitario directo por : glb	40,351.91		
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
	Equipos						
03010800030002	SIERRA CIRCULAR	hm	0.5000	59.9700	13.45	806.60	
0301210004	GRUA TELESCOPICA 100 TN	hm	0.0500	5.9970	500.18	2,999.58	
0301220009	CAMION GRUA HIAB 12TN	hm	0.2000	23.9880	145.00	3,478.26	
0301140006	COMPRESORA NEUMATICA	hm	1.0000	119.9400	75.70	9,079.46	
0301500003	GATAS HEAVY LIFTING ESPECIALES	hm	4.0000	479.7601	50.00	23,988.01	
						40,351.91	

Parida	(010420010412-0202004-01) EQUIPOS OPERACION					
Rendimiento	mes/DIA	MO.0.04	EQ.0.04	Costo unitario directo por : mes	25,600.00	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Equipos						
0301210003	WINCHE	hm	4.0000	800.0000	16.00	12,800.00
0301430002	TECLE MANUAL	hm	4.0000	800.0000	16.00	12,800.00
						25,600.00

Parida	(010420010413-0202004-01) EQUIPOS PRE MONTAJE DE CARROS					
Rendimiento	glb/DIA	MO.0.04	EQ.0.04	Costo unitario directo por : glb	73,899.40	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Equipos						
03010800030002	SIERRA CIRCULAR	hm	0.5000	100.0000	13.45	1,345.00
0301140006	COMPRESORA NEUMATICA	hm	1.0000	200.0000	75.70	15,140.00
0301220009	CAMION GRUA HIAB 12TN	hm	0.6000	120.0000	145.00	17,400.00
0301210004	GRUA TELESCOPICA 100 TN	hm	0.4000	80.0000	500.18	40,014.40
						73,899.40

Parida	(010420010414-0202004-01) EQUIPOS DESMONTAJE DE CARROS					
Rendimiento	glb/DIA	MO.0.10	EQ.0.10	Costo unitario directo por : glb	28,915.44	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Equipos						
03010800030002	SIERRA CIRCULAR	hm	0.5000	40.0000	13.45	538.00
0301220009	CAMION GRUA HIAB 12TN	hm	0.2000	16.0000	145.00	2,320.00
0301210004	GRUA TELESCOPICA 100 TN	hm	0.1000	8.0000	500.18	4,001.44
0301140006	COMPRESORA NEUMATICA	hm	1.0000	80.0000	75.70	6,056.00
0301500003	GATAS HEAVY LIFTING ESPECIALES	hm	4.0000	320.0000	50.00	16,000.00
						28,915.44

Parida	(010420010601-0202004-01) INYECCION MORTERO EXPANSIVO					
Rendimiento	t/m/DIA	MO.27,652.00	EQ.27,652.00	Costo unitario directo por : t/m	0.36	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
0101010008	OPERARIO ESPECIALIZADO	hh	1.0000	0.0003	17.02	0.01
0101010007	CAPATAZ ESPECIALIZADO	hh	1.0000	0.0003	21.48	0.01
0101010004	OFICIAL	hh	4.0000	0.0012	14.87	0.02
						0.03
Materiales						
0207070001	AGUA PUESTA EN OBRA	m3		0.0005	20.00	0.01
0222190002	ADITIVO DE CONCRETO FLUIDO	kg		0.0013	20.00	0.03
0213010001	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 kg)	bol		0.0011	25.00	0.03
0222190001	ADITIVO EXPANSIVO DE CONCRETO	kg		0.0020	30.00	0.06
						0.12
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		10.0000	0.04	0.00
03012200050003	CAMION CISTERNA 3000 gl (AGUA)	hm	0.5000	0.0001	145.00	0.01
0301220009	CAMION GRUA HIAB 12TN	hm	0.5000	0.0001	145.00	0.01
0301250001	GRUPO ELECTROGENO	hm	1.0000	0.0003	55.00	0.02
0301140006	COMPRESORA NEUMATICA	hm	1.0000	0.0003	75.70	0.02
0301500001	CENTRAL HIDRAULICA	hh	3.0000	0.0009	65.00	0.06
03010400010006	BOMBA DE INYECCION	hm	3.0000	0.0009	75.00	0.07
						0.20

Parida	(010420010602-0202004-01) ENFILAJE					
Rendimiento	t/m/DIA	MO.27,652.00	EQ.27,652.00	Costo unitario directo por : t/m	0.56	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
0101010008	OPERARIO ESPECIALIZADO	hh	1.0000	0.0003	17.02	0.01
0101010007	CAPATAZ ESPECIALIZADO	hh	1.0000	0.0003	21.48	0.01
0101010004	OFICIAL	hh	4.0000	0.0012	14.87	0.02
						0.03
Materiales						
0222120002	ACEITE DE CORTE - TALADRINA	l		0.0010	20.00	0.02

Equipos

0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	0.04	0.00
0301340008	ANDAMIO METALICO ALQUILER	día		6.0000	0.0002	25.00
03012200050003	CAMION CISTERNA 3000 gl (AGUA)	hm		0.2500	0.0001	145.00
0301220009	CAMION GRUA HIAB 12TN	hm		0.2500	0.0001	145.00
0301250001	GRUPO ELECTROGENO	hm		1.0000	0.0003	55.00
0301510001	DESEENROLLADORA	hm		4.0000	0.0012	20.00
0301510002	LANZADORA DE CABLE	hm		3.0000	0.0009	35.00

Parida	(010420010603-0202004-01) DUCTOS DE POSTENSADO Y ANCLAJES					
Rendimiento	t/m/DIA	MO.27,652.00	EQ.27,652.00	Costo unitario directo por : t/m	0.56	

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
0101010007	CAPATAZ ESPECIALIZADO	hh	1.0000	0.0003	21.48	0.01
0102010001	TECNICO ESPECIALISTA	hh	1.0000	0.0003	45.01	0.01
0101010005	PEON	hh	4.0000	0.0012	13.51	0.02
0101010004	OFICIAL	hh	6.0000	0.0017	14.87	0.03

Materiales

0293010001	CREMALLERAS O ALAMBRES DE AJUSTE	und		0.1000	0.05	0.01
02050700010002	TUBERIA PVC-SAP C-10 C/R DE 1/2" X 5 m	m		0.0030	2.46	0.01
0204030001	ACERO CORRUGADO fy = 4200 kg/cm2 GRADO 60	kg		0.0037	2.45	0.01
0255080015	SOLDADURA ELECTRICA	kg		0.0010	12.15	0.01
0293010003	DUCTO METALICO CORRUGADO	m		0.0056	19.15	0.11
0293010002	JUEGO DE ANCLAJE COMPLETO	und		0.0002	1,350.00	0.27

Equipos

0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		10.0000	0.07	0.01
0301430002	TECLE MANUAL	hm	2.0000	0.0006	16.00	0.01
0301220009	CAMION GRUA HIAB 12TN	hm	0.5000	0.0001	145.00	0.01
0301270005	MAQUINAS DE SOLDAR	hm	1.0000	0.0003	53.00	0.02
0301250001	GRUPO ELECTROGENO	hm	1.0000	0.0003	55.00	0.02

Parida	(010420010604-0202004-01) TENSADO					
Rendimiento	t/m/DIA	MO.6,000.00	EQ.6,000.00	Costo unitario directo por : t/m	0.42	

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
0101010007	CAPATAZ ESPECIALIZADO	hh	0.5000	0.0007	21.48	0.02
0102010001	TECNICO ESPECIALISTA	hh	0.5000	0.0007	45.01	0.03
0101010004	OFICIAL	hh	3.0000	0.0040	14.87	0.06

Materiales

0201040001	PETROLEO D-2	gal		0.0008	14.00	0.01
------------	--------------	-----	--	--------	-------	------

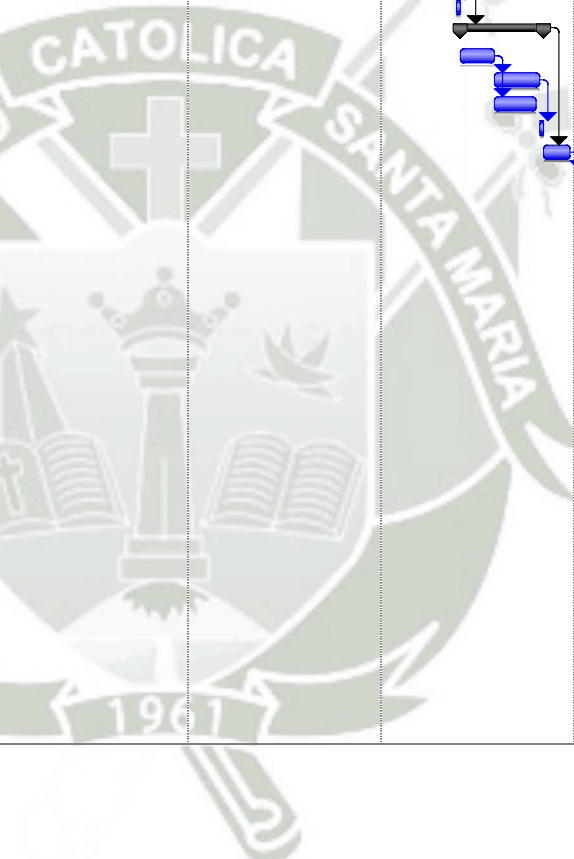
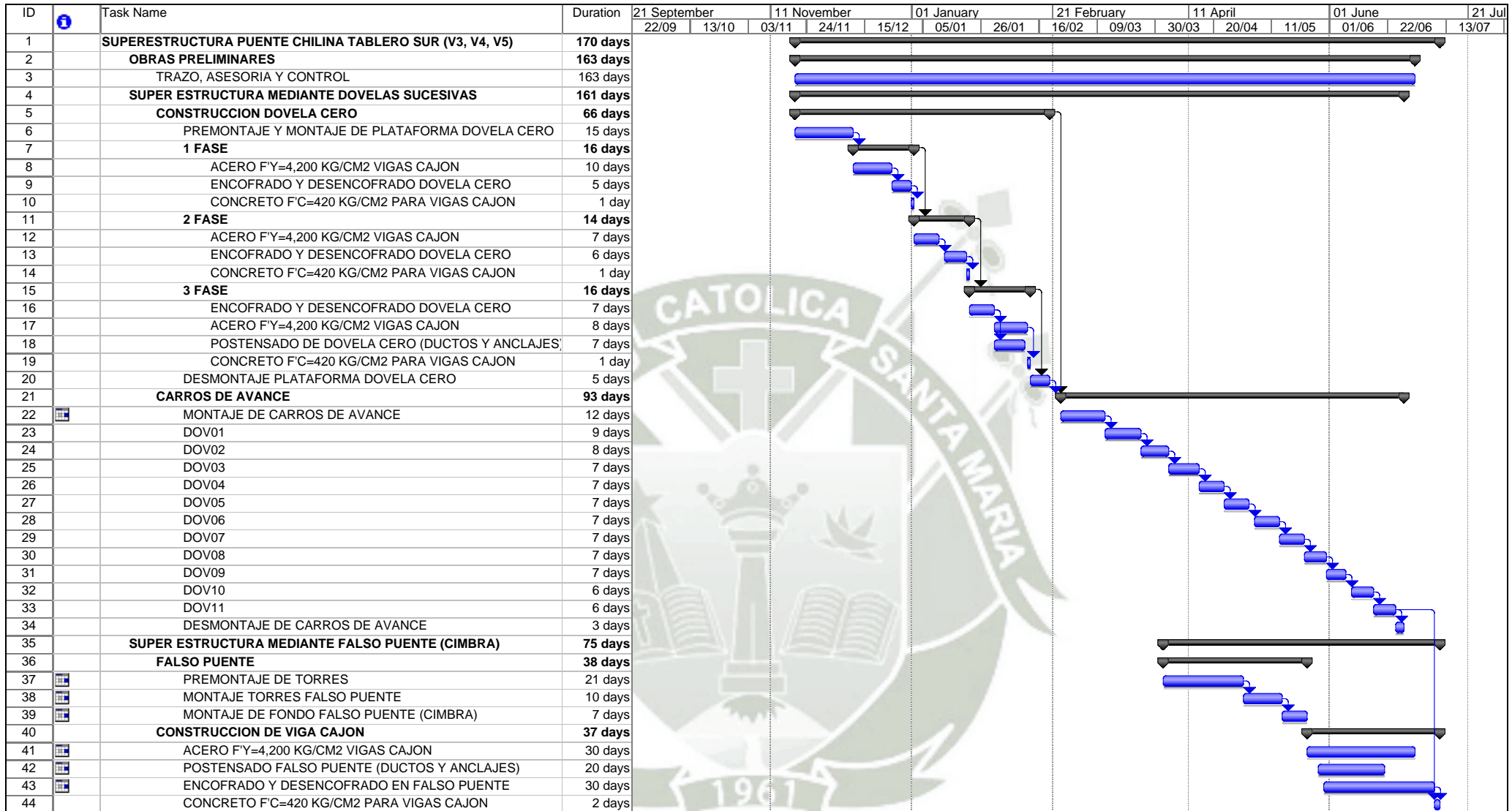
Equipos

0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		10.0000	0.11	0.01
0301340008	ANDAMIO METALICO ALQUILER	día	3.0000	0.0005	25.00	0.01
03012200050003	CAMION CISTERNA 3000 gl (AGUA)	hm	0.0500	0.0001	145.00	0.01
0301220009	CAMION GRUA HIAB 12TN	hm	0.1500	0.0002	145.00	0.03
0301250001	GRUPO ELECTROGENO	hm	0.5000	0.0007	55.00	0.04
0301500002	GATOS HIDRAULICOS PARA TENSADO	hm	2.0000	0.0027	75.45	0.20

VI) PROGRAMACION DE TRABAJO

TABLERO SUR (V3,V4 Y V5 – CARROS DE AVANCE Y FALSO PUENTE)





Project: Programacion V3 V4 V5 (C.A. Date: Wed 04/01/17)

Task Progress Summary External Tasks Deadline

Split Milestone Project Summary External Milestone