

A1

**CONSTRUCCIÓN DEL PUENTE FRONTERIZO ENTRE
LAS CIUDADES DE DONNA Y RIO BRAVO**

FACULTAD DE INGENIERÍA

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MÉXICO

ALUMNO JOSÈ CÈSAR VEGA PORTILLA.

NUMERO DE CUENTA 6000055-2

A1

AGRADECIMIENTOS.

LA PRESENTE TESIS LA DEDICO A MI ESPOSA BEATRIZ Y A MIS HIJOS.-
Mtro. JULIO CESAR VEGA GÓMEZ, LIC. EN GASTRONOMÍA JUAN CARLOS
VEGA GÓMEZ Y A MI HIJA ING. BRENDA VEGA GÓMEZ CON TODO MI
CARIÑO.

EL PRESENTE TRABAJO DESEO TAMBIÉN DEDICARLO A MIS MAESTROS
CON TODO RESPETO Y ADMIRACIÓN.

A2

INDICE

INTRODUCCIÒN	A3	-----	Página 4,5
ANTECEDENTES	A4	-----	Página 6,7
DESCRIPCION DEL PUENTE	A5	-----	Página 8,9
METODO CONSTRUCTIVO	A6	-----	Página 10,60
CONCLUSIONES	A7	-----	Página 62
RELACION DE PLANOS	A8	-----	Página 63
BIBLIOGRAFIA	A9	-----	Página 64

INTRODUCCIÓN.

La situación Económica y de Comercio entre los Estados Unidos de América y los Estados Unidos Mexicanos obliga desde hace 20 años a la construcción del puerto fronterizo en el que se incluye el puente entre las ciudades de DONNA y la ciudad de RIO BRAVO en MÉXICO, aunque a la fecha ya existen otros puertos fronterizos en diferentes ciudades del Estado de Tamaulipas.

Por esa razón en esta administración se destinaron los recursos económicos para la adquisición de los predios en que se construiría el puerto y para la elaboración del proyecto, que posteriormente sería concursado para que con dinero de la iniciativa privada se construyera concediéndose 29 años para la amortización de la inversión.

Este puente fronterizo se utilizará tanto para tráfico ligero como de mercancías, impulsará el desarrollo urbano equilibrado y la generación de más empleos. Se estima que el cruce vehicular de pasajeros será de unos tres mil vehículos diarios, mientras que el tráfico pesado será de unas 300 unidades lo que permitirá el despegue comercial, empresarial e industrial de la Ciudad de Río Bravo con las ciudades del Valle de Texas, como Álamo, Weslaco, Mercedes, La Feria y Donna, entre otros. "El acceso al puerto fronterizo Río Bravo de la parte Mexicana será a través de la brecha 112, pasando por el Ejido La Reforma.

En este documento se explicaran detalladamente los diferentes procesos constructivos realizados durante la construcción del Puente.

CROQUIS DE UBICACIÓN DEL PUENTE FRONTERIZO.



ANTECEDENTES.-

LA SITUACIÓN ACTUAL DE COMUNICACIÓN TERRESTRE DEL ESTADO DE TAMAULIPAS CON ESTADOS UNIDOS ES LA SIGUIENTE

PUENTES INTERNACIONALES EXISTENTES ENUMERADOS POR CIUDADES.

CD. NUEVO LAREDO

- 1.-Puente Internacional Juárez Lincoln
- 2.-Puente Internacionales Portal de las Américas
- 3.-Puente Internacional Comercial Mundial
- 4.-Puente Internacional Colombia Solidaridad

CD. MIGUEL ALEMAN

- 1.-Puente Internacional Miguel Alemán – Roma Txs.

CD. DIAZ ORDAZ

- 1.- Chalan Díaz Ordaz – Los Ébanos Txs.

CD. CAMARGO

- 1.-Puente Internacional Camargo – Rio Grande Txs.

CD. REYNOSA

1.-Puente Internacional Reynosa – Hidalgo Txs.

2.-Puente Internacional Reynosa – Mission Txs.

3.-Puente Internacional Reynosa – Phar Txs.

CD. RIO BRAVO

1.-Puente Internacional Progreso – Progreso Txs.

.-Puente Internacional Rio Bravo – Donna Txs.

CD. MATAMOROS

1.-Puente Internacional Luis Blanco los Indios

2.-Puente Internacional Zaragoza (los tomates).

3.-Puente Internacional Matamoros – Brownsville Txs.

4.-Puente Internacional El Puente Viejo.

El proyecto Puente Internacional Rio Bravo – Donna en general esta integrado por un tramo carretero de 4.70 km. De carpeta asfáltica Y dos puentes llamados puente el culebrón con una longitud de 92 m. y el **Puente Internacional de la parte Mexicana** que consta de 150 m, puente que se describe mas adelante y motivo de la presente tesis.

El puerto fronterizo consta de 8 edificios, (Aduana y modulo UAIFA, dependencias Sat, Máquinas y Mantenimiento, Casetas de vigilancia PFP, Concesiones, Paradores de transporte Foráneo, Plaza de cobro, techumbres de revisión a vehículos ligeros) de las distintas dependencias que se establecerán en dicho cruce fronterizo.

El proyecto total del puerto fronterizo se ejecutara en el periodo de noviembre del 2009 a noviembre del 2010 con un monto de \$ 390, 560,250.76 millones de pesos del cual el **importe del Puente Internacional de la parte mexicana es de \$ 45, 530,100.89 (Cuarenta y cinco millones quinientos treinta mil cien pesos 89/100).**

A5

DESCRIPCIÓN DEL PUENTE

El proyecto del Puente Internacional Rio Bravo – Donna tiene un ancho de 33.06 mts. y una longitud total entre los dos países de 320 mts. Contando con 6 carriles, 2 carriles para bicicletas y 1 para peatones teniendo barrera central, malla y parapeto.

Los componentes estructurales del puente son:

PILOTES

- 2 ejes (extremos) con 10 pilotes, cada uno de 90 cm de diámetro
- 7 ejes con 6 pilotes cada eje de 120 cm de diámetro
- 2 ejes con 6 pilotes cada eje de 150 cm de diámetro

COLUMNAS

- 7 ejes con 6 columnas cada eje de 105 cm de diámetro
- 2 ejes con 6 columnas cada eje de 135 cm de diámetro

CABEZALES

- 2 cabezales (extremos) con aleros y muros de pantalla con 33.06 mts.de largo
- 7 cabezales de 32.90 mts. de largo con 1.45 mts. de alto y 1.15 mts. de ancho.
- 2 cabezales de 32.90 mts. de largo con 1.45 mts. de alto y 1.45 mts. de ancho.

Todos estos elementos son de concreto estructural de 250 kg/cm^2 y revenimiento de 14 ± 2 cm con acero de refuerzo de $1", 3/4", 5/8", 1/2"$ y $3/8"$. Pulgadas de diámetro, el tipo de suelo en el que se alojan los elementos de la infraestructura del puente es arcilla arenosa.

Las 18 Trabes del puente son prefabricadas Pre-tensadas y Post- Tensadas de concreto de $f'c= 250 \text{ kg/cm}^2$

Vigas Diafragma.- conjunto de vigas perpendiculares a las trabes principales. de acero inoxidable.

Losas de concreto. Coladas en el sitio de concreto de $f'c=250 \text{ kg/cm}^2$ colocadas sobre unas pre losas que sirven de cimbra.

Superficie de rodamiento.- Capa de concreto hidráulico de 20 cm de espesor acabado rugoso.

PARAPETOS Y GUARNICIONES.-Elementos de concreto para dar protección a los usuarios

A6

METODO CONSTRUCTIVO.-

Para la construcción del puente se hizo necesaria la construcción de una plataforma de terracería para maniobras de la maquinaria utilizada en la construcción de la cimentación profunda del puente y para su subestructura.

Los ejes # 5 y # 6 del puente se encuentran dentro del lecho del Río Bravo, y de ahí se parte hacia la parte Mexicana con los demás ejes.

Contando con un nivel agua de 20.368 tomado el día 19 de marzo a las 10:00 a.m y a que el nivel de aguas extraordinarias (name) es de 28.996 mts. y el nivel de agua mínimas es de 18.97 m. se tomo la decisión de elaborar la plataforma con 2 metros arriba del nivel de aguas existente para no tener problemas al aumentar el nivel de aguas y nos provocara daños en la estabilización del suelo.

La elaboración de la plataforma se realizo con los niveles mencionados y con las dimensiones suficientes que permitir el acceso a los equipos para los trabajos de perforación, y los propios para la construcción de la misma plataforma, implementando las medidas adecuadas de seguridad para cualquier maniobra que fuera necesaria.

De las columnas extremas del eje 5 del puente internacional de la parte mexicana se tomaron 15 metros para elaborar el acceso a la plataforma tomando 6 metros de largo en la parte externa de las columnas del eje # 6 donde realizaremos los trabajos de perforación, para posteriormente dejar 2 metros de los paños de del eje 6 en el sentido del los pilotes de este eje.

Contando con las características bien definidas de nuestra plataforma se procedió a construirla con la maquinaria que a continuación menciono;

-Tractor B-8

-Retroexcavadora

-

camiones

-

Rodillo-vibratorio

-

Moto conformadora

Introducción de material para la plataforma.



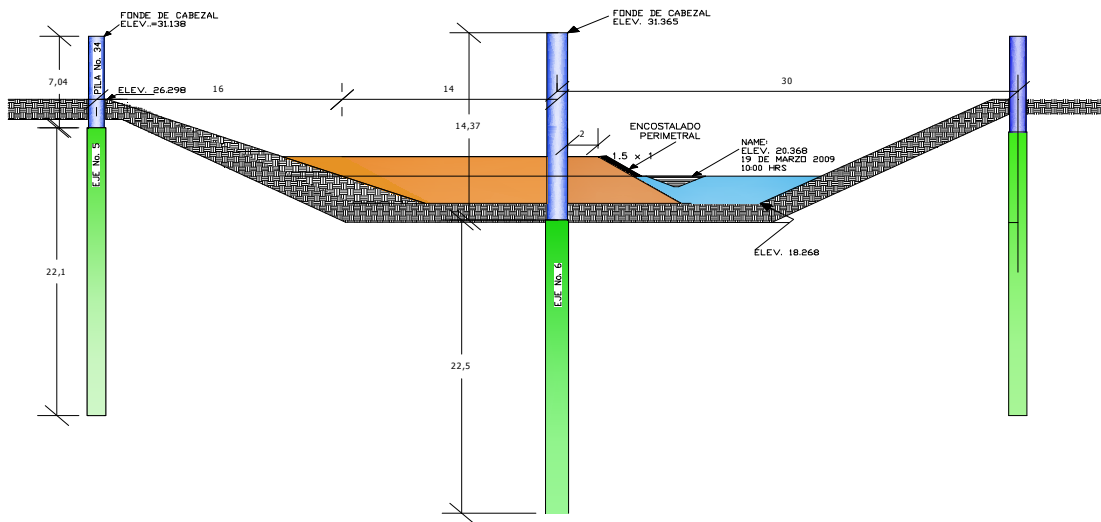


Protección con costales el talud de la Plataforma.

La localización del eje # 6 del Puente Internacional Río Bravo – Donna se encuentra a 18 mts de la orilla del Río Bravo, este eje cuenta con 6 pilotes, debido a que la perforación de pilotes se encuentra en el centro del río se decidió la construcción de la plataforma para facilitar los trabajos de perforación.

Este eje tiene diferente problemática de los demás ejes de perforación ya que no tenemos un suelo estable para perforación por estar en el agua con un nivel de -5.5 m de nivel de desplante a lo largo de este eje tenemos con 6 pilotes de 1.50 mts. de diámetro con una cota de desplante de -5.50 mts como ya comente la cota de la plataforma es de 18.268 mts y la cota del pilote que nos marca el proyecto es de 17 m. la presencia de agua en los niveles especificados para la excavación obligó la utilización de tabla-estacas ya que el pilote llegara 1. 268 debajo del arrastre del río.

Croquis de plataforma para trabajos de perforación



Una vez tendido el material en toda el área de trabajo con el tractor se depositó material para que con la moto conformadora se extendiera en toda el área de la plataforma y se compacte con el rodillo vibratorio capa por capa de 20 cm de espesor, el material que suministramos para la totalidad de plataforma fue de 5200 m³.

Ya construida la plataforma sobre el cauce del río bravo, se procedió a proteger los taludes con costales de arcilla llenados a 3/4 de su capacidad (peso aprox. de 45kg promedio.) para colocarlos en forma traslapada para evitar erosión, provocado por la corriente del río.

Trazo en el terreno para trabajo de Perforaciones.

Para el trazo de la obra y la nivelación se establecieron criterios comunes con los constructores de la parte de Estados Unidos fijando un banco de nivel que rigiera durante toda la obra.

Antes de comenzar con los trabajos de perforación se obtuvieron los niveles de terreno natural de cada pilote para conocer la longitud de perforación con respecto a la cota de desplante que marca el proyecto y alinear todos los ejes con sus respectivos conjuntos de pilotes, tomando en cuenta que cada eje de pilotes está a cada 30 metros de separación, dejando referencias en cada pilote a una distancia determinada para que posteriormente nos servirán para un mejor control de alineación del acero de refuerzo y del concreto.



Marcas y referencias necesarias para la localización de las pilas.

Pilotes colados in situ.

La denominación se aplica cuando el método constructivo consiste en realizar una perforación con el uso de lodo bentonítico dependiendo el estrato del suelo al cual se le colocará un armado en su interior y posteriormente se rellenará con concreto.

Perforación paso a paso.

- 1.- Se colocan marcas visibles sobre el terreno referidas a coordenadas de proyecto así como el nivel de terreno natural para perforar a la profundidad deseada (de proyecto)
- 2.- Se instala el equipo (perforadora, soilmec) con sus aditamentos (broca tricónica helicoidal de diámetro seleccionado) para realizar la perforación, a continuación con equipo topográfico se alinea y se plomea la barra perforadora (barretón)
- 3.- Conjuntamente se inicia la perforación inyectando el lodo, para estabilizar las paredes de la perforación en condiciones normales en caso de inestabilidad del terreno se colocara ademe el cual debe ser seleccionado por el constructor (de características confiables para este tipo de trabajo), en este caso de tubo metálico de diámetro mayor al del pilote en turno
- 4.- A 10 m. de profundidad y a criterio del constructor se cambia la broca por el bote extractor de lodos y material suelto para que esto le sirva de limpieza de la perforación.y se proceda a hincar el ademe.
- 5.- El ademe se colocara si es necesario y en su caso se hará de tubo metálico de diámetro mayor al del pilote con características adecuadas para soportar los empujes del suelo y se hará a la profundidad necesaria para evitar desgajamientos de las paredes, este ademe se sacara al final del colado.
- 6.- una vez terminada la perforación se procede a instalar el acero de refuerzo.

Construcción del pilote paso a paso:

- 1.- Habilitado y armado el pilote previamente a los trabajos de perforación para tener listo este al momento de finalizar la perforación (esto es de acuerdo a los planos de proyecto) se le colocan anillos de hule para evitar que el acero tenga contacto con las paredes de la perforación.
- 2.- Se introduce el acero previamente armado a la perforación izando este con una grúa con altura adecuada para realizar este manejo

3.- Una vez introducido el acero se calza por la parte superior con travesaños con capacidad para sostener este peso, dejando un espacio de 10 cms. mínimo para que el acero no toque el fondo de la perforación habiendo concluido se procede a colar el pilote.

Colado de pilotes paso a paso:

1.- Se colaron con concreto tipo normal elaborado en planta y de resistencia de 250kg/cm²

2.- el constructor deberá programar el colado de este elemento ya que es vital el colar sucesivamente y sin interrupción para que el concreto fluya y no halla taponamientos que perjudiquen al elemento.

3.- Se preparo el equipo adecuado para realizar el colado con bomba, tubo tremie de acoplamiento rápido y adaptación de bacha, grúa para izar el tubo, personal calificado de laboratorio con su equipo para realizar muestreos del concreto y control de revenimientos y tiempo de colocación del mismo.

4.- Se procedió a realizar el colado procurando introducir el tubo tremie lo más profundo que se pudo, para garantizar el no segregamiento de concreto, se deberá izar y sumergir el tubo tremie durante el proceso de colado ya que este proceso sirve como vibrado.

5.- Se da por finalizado el colado cuando el concreto expulsa toda la escoria que se acumulo durante la perforación.

EQUIPO NECESARIO PARA PERFORACIÓN

La relación de maquinaria es esencial en estos tipos de trabajos ya que con cualquier falla o faltante de equipo se correría el riesgo de que el procedimiento constructivo no fuera efectivo, esta lista de maquinaria que se menciona es para perforaciones en suelos estables y con descripción de cada equipo:

RELACION DE EQUIPO EN AREA DE PERFORACION DE PILOTES					
PARTIDA	CANTIDAD	DESCRIPCION	MARCA	MODELO	OBSERVACIONES
MAQUINARIA MAYOR					
1	1	GRUA ESTRUCTURAL	LINK-BELT	LS-108	S/ORUGAS DE 40 TON. CON PLUMA DE 80'
2	1	PERFORADORA	SOILMEC	R208-HD	CON HERREMENTA DE 0.90, 1.20 Y 1.50
3	1	PERFORADORA	MAIT	RH110	CON HERREMENTA DE 0.90, 1.20 Y 1.50
MAQUINARIA MENOR					
1	1	BOMBA BARNES	BARNES		DE COMBUSTION A DIESEL Ø6"; PARA TIRO DE LODOS
2	2	WILDEN	WILDEN		NEUMATICOS DE Ø3"; PARA TIRO DE LODO Y MOMBEO DE AGUA
3	1	BOMBA MAGNUM	MAGNUM 12		PARA MANDAR LODOS A PERFORACION Ø4"; COMB. A GAS
4	1	HONDA	HONDA		PARA BATIR BENTONITA Ø2" COMBUSTION A GASOLINA
5	1	COMPRESOR 185	CAMPBELL HAUSFE	185 PCM	EQUIPADO MANGUERA DE ALTA PRESION, 100 ML. 2 PZA.
6	1	PLANTA DE SOLDAR	LINCOLN/PEBKINS		
EQUIPO DE TRANSPORTE					
1	1	CAMIONETA PICK-UP	FORD	1999	PLACAS WD69-537
2	1	CAMIONETA PICK-UP	NISSAN	2008	PLACAS 844-VDM
HERRAMIENTA MENOR					
1	1	BROCA ARCILLERA 1.20 MTS.	SOILMEC		
2	1	BOTE ARCILLERO 1.20 MTS.	SOILMEC		
3	1	BROCA ARCILLERA 1.20 MTS. CON ENTRADA DE BAUER 1.20			
4	1	BOTE ARCILLERO 1.20 MTS. CON ENTRADA DE BAUER 1.20			
5	1	BOTE ARCILLERO DE 0.90 MTS	SOILMEC		
6	1	BOTE ARCILLERO 1.50 MTS.	SOILMEC		
7	1	TANQUE PARA ALMACENAMIENTO DE LODO			
8	1	TANQUE PARA ALMACENAMIENTO DE LODO BENTONITICO CAP. 10,000LTS.			
9	1	TUBERIA TREMIE DE 10 PULGADAS			
10	1	TABLA ESTACA METALICA			



Perforadora

EQUIPO Y MAQUINARIA PARA COLADO.

Tubo tremie; El tubo Tremie es el elemento indispensable para el colado de pilotes, es un tubo de 3 mts de longitud acoplable pza por pza.

Ademe; Es un tubo de acero que se introduce dentro del pozo de agua para evitar que el suelo se desgaje y taponé nuevamente la perforación.

Grúa estructural; Una grúa es una máquina de elevación de movimiento discontinuo destinado a elevar y distribuir cargas en el espacio suspendidas de un gancho.

Bote arcillero; Es un elemento que se adhiere a la barra de la perforadora para excavar.



Grua estructural

VIBROHINCADORES:

Con un motor de combustión interna, un generador eléctrico o una bomba hidráulica y un generador de vibraciones a base de contrapesos excéntricos de rotación opuesta. Con la capacidad adecuada según las condiciones del subsuelo.

BROCAS ESPECIALES:

Cilíndricas o cónicas, formadas por una hélice colocada alrededor de una barra central, con elementos de corte contruidos por dientes o cuchillas de acero de alta resistencia colocadas en su extremo interior.

Elaboración previa de lodo bentonítico:

En este proyecto se cuenta con un suelo de arcilla-arenosa que hace que tomemos en cuenta la preparación del lodo bentonítico para poder realizar las perforaciones, ya que la función del lodo bentonítico es evitar caídos en la perforación y dañar el equipo, este lodo es una mezcla de agua con bentonita, y su mezcla produce un tipo de arcilla muy densa. una propiedad muy importante de este tipo de lodos es que es una arcilla que no pierde consistencia ni estabilidad aunque se le añada una gran cantidad de agua.

Esto permite que el lodo pierda resistencia al ser amasado sin que el agua varíe y se comporte como fluido. Si se deja en reposo, vuelve a adquirir resistencia. La proporción deberá diseñarse dependiendo del material a perforar para que posteriormente con la ayuda del laboratorio se determine la cantidad de bentonita por m³ de excavación.

De acuerdo al estudio previo de mecánica de suelos se conoce el tipo de material y nivel freático del lugar, en base de esto se realizaron muestreos para diseñar la mezcla de lodo bentonítico, para estos trabajos el resultado fue de 70 kg. /m³ de agua



Almacén de lodo bentonítico

Para la elaboración de lodo bentonítico se construyó un almacén en obra para fabricar la cantidad requerida por cada perforación y de esta manera poder bombear según se avance en la misma y evitar caídos.

Tomando en cuenta las marcas de topografía y la elaboración de lodo bentonítico se nivela la barra de la perforadora para contar con la alineación adecuada en la perforación, contando con este paso se coloca la broca de 1.20 mts. de diámetro a la barra nivelada para comenzar con la perforación. Solamente se perfora una pequeña profundidad con la broca de 1.20 de diámetro para posteriormente quitarle a la perforadora la broca y colocarle el bote arcillero de 1.20 de diámetro a la perforadora, el bote no tendrá movimiento para los lados, ya que el pozo tendrá una pequeña profundidad que evitara el movimiento y así contar con una buena alineación de perforación.

Con una retroexcavadora se desalojó todo el material producto de la perforación previa para alineación. Posteriormente se incrustó el ademe, cuando se tenía una profundidad de 6 m, es importante comentar que el ademe utilizado en este caso fue de 10m de longitud, de acero con diámetro mayor al del bote arcillero y se hincó con la ayuda del vibrohincador.

La incrustación del ademe se realizó con una grúa a la cual se le colocaron estrobos de $\frac{3}{4}$ " para sujetarlo y se le dejó caer para que por peso propio se incrustara en la perforación y se mantuviera vertical sin la ayuda de la grúa, para posteriormente seguir con la perforación del pilote.

Contando ya con el ademe incrustado se tendrá la seguridad de que la perforación no tenga caídos en superficie y así no tener problema en que el equipo de perforación quede atrapado con el material si por alguna causa hubiera desprendimiento de material del la perforación.



Incrustación de ademe



Perforación con incrustación de ademe

IZAJE DE ACERO CON EQUIPO MECÁNICO.

El acero de refuerzo en el pilote de este proyecto está integrado con acero de 1 pulgada y 3/4 de pulgada, con un peso de 2422.34 kg por pilote y con acero de refuerzo en la columna de 1 pulgada y 1/2 pulgada con un peso de 970 kg promedio ya que la columna tiene diferentes alturas se provocan diferentes pesos en cada columna.

En todo proyecto se deberá de tomar en cuenta las condiciones del proyecto con respecto al acero de refuerzo para poder hacer un buen planteamiento en la incrustación del acero tomando en cuenta las condiciones de la grúa, contamos con una grúa en campo de 80 pies y una capacidad de 10 toneladas, con estas condiciones se tomo la decisión de unir los refuerzos de ambos elementos e hincándolos en la perforación, cabe aclarar que del acero de la columna solamente se armaron las varillas de 1 pulgada, estas varillas salen del terreno natural 5 metros promedio, para evitar que este armado obstruyera el colado no se revistió la columna con acero de $\frac{1}{2}$. ya que la perforación del pilote es de 24 metros promedio y no contamos con tubo tremie suficiente para colar con el acero de ambos elementos totalmente armados.



Armado de acero de refuerzo de pilote y columna

Ya levantado el acero con la grúa se maniobrara para llegar al zona donde está la perforación y se incrustara el acero soltando el estrobo de la parte del cambio de diámetro con cuidado, ya incrustado el acero a una cierta profundidad en donde el segundo estrobo quede al mismo nivel del terreno y se pueda soltar el estrobo y no quede atorado en la perforación.

Levantamiento del acero con grúa



Tomando precauciones para poder alinear el acero y cuate con el recubrimiento adecuado estipulado en el proyecto se pondrán separadores o ranuras de plástico al acero con el recubrimiento adecuado a cada 2 mts de altura para evitar que el acero se incline hacia un lado contando también con referencias a una cierta distancia del pilote para alinear el acero antes de que este en contacto con el desplante del pilote para amarrar el acero de acuerdo a la referencia y no tenga problema de movimiento el acero al momento de colar, evitando así problemas con el recubrimiento,

COLADO DE PILOTE CON TUBO TREMIE.

Una vez incrustado el acero con sus recubrimientos de proyecto se seguirá con la actividad de colado de pilote, en cual se utilizara el siguiente equipo;

Equipamiento TREMIE

- Tubo tremie**
 - Embudo
 - tubos de 3.00 mts. ,
 - una pelota
 - tapón de acero
 - placa de sujeción y suspensión
 - estrobos
- Grúa estructural**



Contando con este equipo se armara el tubo tremie de acuerdo a la profundidad de colado que en este caso fue de 24 m se colocaron 9 piezas de tubo unidas mediante las ranuras que los tubos tienen ex profeso, perimetralmente se coloca un estrobo por el orificio de la parte extrema del tubo con la otra pieza se da vuelta para que queden unidas las dos piezas y así sucesivamente, inclusive de la misma manera se unirá el embudo del tubo, para posteriormente con la grúa levantar el tubo tremie completo y colocarlo en el centro del pilote .

El diámetro del tubo Tremie oscila entre 20 y 30 cm. Diámetros más pequeños pueden causar bloqueo del tubo. Para una colocación profunda del concreto suelen usarse tubos con juntas especiales para permitir la remoción de los tramos superiores a medida que el concreto progresa.

-Características y suministro de concreto

El concreto llegado a obra deberá ser de resistencia de 250 kg/cm² para pilotes y columnas tomando en cuenta que las condiciones deberán ser favorables para el colado con el procedimiento tremie, contando con un buena planeación de suministro de concreto ya que inmediatamente después de la perforación del pilote se deberá colar lo más rápido posible para no sufrir caídos de material porque solamente mantenemos las paredes de la perforación con el ademe y el lodo bentonítico.

El suministro del concreto se hará en ollas con capacidad de 7 m³ para plantear con la pre mezcladora de concreto el tiempo de suministro de cada olla ya que dependemos mucho de las secciones del tubo tremie para ir colando, y es necesario conservar en la medida de lo posible las características físicas del concreto desde que sale de la planta hasta que se deposita en el pilote esto significa que debemos conservar la manejabilidad del concreto y no alterar su relación agua-cemento ya que esto nos produciría diferentes resistencias

.El colado se realizó con ollas a cada 10 minutos.



Suministro de concreto mediante bomba

Una vez teniendo el primer concreto listo con las condiciones pedidas a la concretera se procederá al colado, suministrando el concreto mediante bombeo al tubo tremie. Cuando la profundidad es grande, la flotabilidad puede ser un problema mientras el extremo del tubo está tapado, durante su ubicación en el agua. El uso de tubos con paredes de mayor espesor o tubos de mayor peso puede solucionar el problema de la flotabilidad. Alternativamente usamos un tubo abierto en su extremo con un tapón corredizo que evite la penetración del agua en el primer concreto que se coloque.

El tapón que usamos debe ser suficientemente ajustado para impedir la penetración del agua pero de fácil desplazamiento por el peso del concreto. Una pelota ha sido usada como cierre en el extremo del tubo asegurándonos el buen funcionamiento de este cierre para evitar la penetración del agua y como resultado un concreto de menor resistencia al especificado.

Una vez colocada la pelota, se colocara en el tubo un mortero de cemento con una altura de 0,80 m a 0,90 m. De este modo, aún cuando el concreto se segregue durante la caída libre, se mezclará con el mortero del extremo del tubo. Una vez que se ha llenado el tubo se levanta no más de 15 cm desde el fondo para que comience a fluir el concreto.

El concreto fluye alrededor de la boca del tubo estableciendo un sello y así el lodo bentonítico va subiendo a la superficie para desalojarse mediante bombas de aire para mandarlo a un deposito ya que puede causarnos problemas en la área de trabajo por las características con que cuenta el lodo bentonítico. El izado inicial del tremie debe realizarse pausadamente para evitar alteraciones en la boca de descarga. No debe proseguirse con el izado hasta que el tremie esté sumergido por lo menos de 0,90 m a 1,50 m en concreto. De ocurrir una pérdida de este sellado del extremo del tremie, el mismo se retira hasta la superficie y se procede como en la operación inicial.



Izado, colado de pilote y extracción de lodo bentonítico

La colocación del concreto con tubo tremie debe ser tan continua como sea posible. Largos intervalos en la colocación del concreto facilitan su endurecimiento y dificultan la

fluencia y la continuación de la operación. Mientras que interrupciones de hasta 30 minutos permiten continuar las operaciones sin mayores dificultades, para lapsos mayores debe retirarse, resellar y reiniciar la operación con el tremie. Los tubos tremie deben ser espaciados de modo que el concreto no tenga que fluir demasiado lejos. La separación usual está comprendida entre 4,50 y 10,50 m pero el concreto vaciado con el tremie puede fluir hasta una distancia del mismo de 21 m en capas de gran espesor.



r.

Placa de sujeción



desalajo de piezas de tubo tremie

El operador de la grúa izara el tubo tremie para permitir el fluido del concreto tomando en cuenta que la boca del tremie quede debajo de la superficie superior del concreto colado al estar haciendo los movimientos verticales, llegando a una cierta altura de colado se izara el tubo tremie para colocarle la placa de sujeción y retirar secciones del tubo primeramente se retirara el embudo del tremie para posteriormente colocarle a las sección que retiraremos un tabón de acero que sujete al tubo tremie y lo levante mediante la grúa para poder poner nuevamente la placa de sujeción en la sección que se extraerá del tubo liberando automáticamente solo una sección del tubo tremie ya que la placa de sujeción mantendrá estable el tubo tremie haciendo este procedimiento en todas las secciones necesarias a extraer para seguir con el colado, con la grúa se podrán izar las secciones y retirarlas fuera de la área de trabajo para posteriormente poner de nuevo el embudo de tremie y seguir con el mismo procedimiento de colado siguiendo con la misma operación de los movimientos verticales para que el concreto expulse hacia la superficie el lodo bentonítico, y se volverá a hacer la misma operación cuantas veces sean necesarias dependiendo de la longitud de colado hasta llegar con concreto sano a la superficie del terreno natural ya que debemos dejar que la última capa de concreto expulse totalmente el lodo bentonítico y así poder interrumpir el colado pero inmediato con un equipo mecánico como la retroexcavadora se retire una capa de 10 cm perimetralmente a todo el pilote colado para que no deje el lodo bentonítico un suelo inestable



Terminación de colado con concreto sano

El último paso que seguimos para la terminación del colado es sacar el ademe de inmediato ya que el concreto comenzara con el fraguado inicial y tendremos problemas con el izare con la grúa



Ademe de 10 metros de longitud llegado a obra

PERFORACIÓN E INCRUSTACIÓN DE ADEME EN EL EJE 6.

Primeramente antes de comenzar con los trabajos de incrustación de tabla estaca en el eje 6 con vibrohincador se comenzaron los trabajos de perforación a una profundidad de 10 mts nivelando correctamente la barra de la perforadora para evitar inclinaciones al momento de perforar, las características de este suelo eran diferentes al de perforación en suelos estables en el que solamente era necesario perforar con bote arcillero.

El material producto de la perforación era puesto a una orilla de la zona de trabajo por las características del equipo de perforación ya que es una maquinaria estacionaria, pero con la ayuda de una retroexcavadora se realizaba el desalojo de material producto de la perforación para evitar caídos con la presencia del material que se coloca a un lado de la perforación.

La perforación conto con el suministro de lodo bentonítico con una proporción de 90 kg por m³ para poder tener una estabilidad en las paredes del la perforación y evitar caídos, una vez perforado los 10 mts de longitud se incrusto el ademe de 1.60 mts de diámetro para proteger la perforación al momento de incrustar la tabla estaca que va por fuera del ademe sabiendo de antemano que la incrustación del ademe es mayor al diámetro del bote arcillero para poder perforar

Izado de ademe mediante grúa

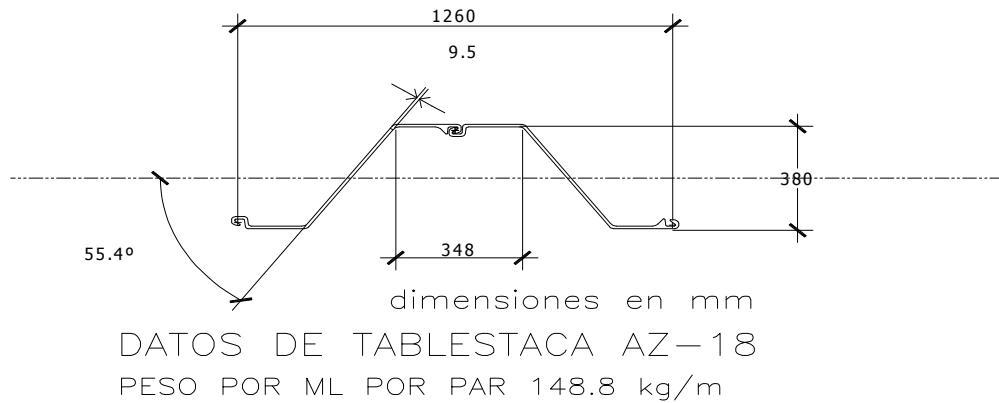
La incrustación del ademe consiste en sujetar el ademe con la grúa mediante estrobos para levantarlo e incrustarlo en la perforación unos 40 cm quedando en forma vertical respecto al pilote y posteriormente con el vibrohincador incrustar el ademe, sujetando el vibrohincador con la grúa mediante los estrobos, izarlo y sujetar el ademe con los dientes del vibrohincador para que no tenga juego al momento de las vibraciones provocadas por el equipo, una vez incrustado todo el ademe se proseguirá con los trabajos de tabla estaca y continuar con la perforación del pilote para llegar a la acota necesaria de desplante.

5.4 INCRUSTACIÓN DE TABLESTACA

La tablestaca llegada a obra fue con las siguientes características;

Longitud = 6.00 mts

Área efectiva = 1.26 mts.



Para evitar que a la colocación de la tablestaca fuera inclinándose hacia un lado y nos provocara daños al momento de excavar y al unir con la otra tablestaca se fabrico un equipo para la alineación de la tablestaca que consistía de dos tubos de acero apoyado con cuatro patas en las orillas dejando una separación de 40 cm entre los dos tubos de acero de diámetro de 8 pulgadas soldándose todas las partes.



Equipo para alineación de tabla estaca

Contando con el equipo necesario procedimos a realizar la incrustación de la tablestaca respetando referencias marcadas para poder ubicar el equipo que nos servirá para la alineación de las tablestaca que debemos de incrustar perimetralmente al pilote, debemos de realizar la perforación alternada para no dañar a los pilotes que se encuentren a un lado de la perforación que se está realizando debido a que los pilotes aledaños no cuentan con la edad del concreto suficiente y podríamos provocarles algún daño con las vibraciones.

Ya colocado el equipo de alineación de la tablestaca se procederá a sujetar la tablestaca con los estrobos de la grúa para poder levantar la tablestaca y colocarla dentro de la

separación del equipo de alineación para dejarla incrustada 40 cm promedio, en es de momento se inicia el hincado con el vibrohincador, hasta la cota del terreno natural de plataforma y así sucesivamente se irán incrustando, todas las tablestacas se sujetaron entre sí, mediante unas ranuras que embonan los pares para poder tener una unión entre todo el conjunto.



Incrustación de tablestaca

Introducimos todas las tablestacas perimetralmente al pilote a terreno natural pero como la longitud de la tablestaca es de 6 mts y la profundidad que debemos excavar para el cambio de sección de diámetro de pilote a columna es de 5.30 m. decidimos excavar un metro más de profundidad en todo el cuadro del tablestacado.

IZAJE DE ACERO PARA PILOTE-COLUMNA EN EL EJE 6.

El izaje de acero para pilote del eje nº 6 (eje dentro del agua) se realizo con una grúa con capacidad de 90 ton con una torre de 120 pies contando con un contrapeso de 5

toneladas adicional para cargar más peso, el proyecto de armado de acero para el eje n.6 está integrado con acero de 1 pulgada y revestida con acero de ½” pulgada con un diámetro de pilote de 1.35 mts de acero contando con un peso de 3422.06 kg el elemento del pilote, por la capacidad de la grúa no pudimos izar el acero del pilote junto con el de la columna.

Este acero se habilito en la parte de suelo estable para evitar asentamientos de material en la área de la plataforma por el peso con que cuenta el armado, una vez listo el armado se incrusto en la perforación y se jalo con un cargador sujetándole con estrobos de 1 pulgada y arrastrándolo con tubos de acero para evitar que el armado se entierre en el suelo y nos provoque daños en el revestimiento ya que provocaría que el armado tomara una forma helicoidal.



Amarre de acero para sujetar el estrobo de la grúa



Izaje de armado de acero mediante grúa



Colada de pilote

En suelos no estables el proceso de colado se hizo diferente al de colado en suelos estables por que la cota de cambio de diámetro de pilote a columna está por debajo de la cota de arrastre del río y esto nos provoca que colemos primeramente hasta nivel de plataforma para que al acabar de colar todo el pilote con el procedimiento adecuado rápidamente saquemos el ademe con el vibrohincador ya que el concreto comenzara a fraguar y el ademe será más complicado extraerlo ya que colamos hasta nivel de plataforma debido a que si colábamos a nivel de cambio de sección tendríamos el riesgo de sufrir caídas y posiblemente perder el pilote ya que estaría expuesta una longitud de perforación sin concreto y sin el ademe el cual sirve para contrarrestar los empujes de la tierra.



Extracción del ademe con vibrohincador



Desalojo de material y concreto.



Cota de desplante de columna

PROCEDIMIENTOS CONSTRUCTIVOS PARA COLUMNA DEL EJE 6.

DESCABECE DE PILOTE

Para contar con la certeza de tener un concreto sano en el cambio de sección entre pilote y columna se efectúa el descabece del pilote, que consiste en la demolición de la parte superior del pilote con equipo mecánico, el pilote de 1.20 mts de diámetro se reduce a una columna de 1.05 m de diámetro. En los ejes n.2 al eje n.5 el cambio de sección se tuvo siempre por arriba del nivel de arrastre del río no así en las columnas del eje seis que cambiaron de sección pilote-columna debajo del nivel de arrastre.

El objetivo del descabece es desplantarse de concreto sano y cambiar de sección teniendo el nivel de desplante debajo de la cota del terreno natural para que al colar la columna no presente el cambio de sección a la vista y de una apariencia no muy adecuada, este cambio de sección no afecta estructuralmente al elemento ni tampoco en qué nivel de cota se desplante sin embargo se deberá de tener un apariencia agradable en los colados de columna ya que este elemento quedará a la vista.



Descabece de pilote

Los trabajos de descabece se realizaron con equipo mecánico con martillo rompedor el cual funciona mediante un compresor 185 CFM de aire con neumáticos fue de aproximadamente 30 cm...

Reporte técnico de equipo para descabece		
COMPRESOR 185 CFM	POTENCIA CAP. TANQUE ACEITE DIMENSIONES (l x a x a) PESO	80 HP 8 LTS EN COMPRESOR 3.07 x 1.60 x 1.56 M 1,202 KGS
MARTILLOS ROMPEDORES	FRECUENCIA FERZA DE IMPACTO LONGITUD PESO	1,260 GOLPES x MIN 110 JOULES 71.2 CM 40 KGS

El descabece del eje n. 6 se hizo con el mismo equipo de demolición pero contando también con bombas de achique debido a que el nivel en el que se trabajo fue inferior al nivel de arrastre de las aguas del río, es importante comentar que estos trabajos se realizaron a una altura de 4m medidos del nivel de la plataforma al de desplante de la columna

ACERO EN COLUMNAS,

El armado de las columnas es de 1" y de ½" revestido de acero, la colocación de acero en las columnas fue de la siguiente manera;

En ejes del # 1 al # 5

Se armo con parte del acero del pilote y se le traslapo el acero de la columna después se le incrusto el armado de la columna con la grúa en estos ejes el desplante quedo debajo del terreno de plataforma.

Se dejaron las varillas de 1" salientes del terreno sin revestir la parte saliente para que al momento del colado con el tubo tremie no estorbaran las maniobras.

Se doblo el acero saliente del terreno natural para poder tener un mejor procedimiento de colado.

Ya terminado el colado del pilote se procedió a desdoblar el acero para poder revestir la columna con acero de ½".



Acero de refuerzo en columnas

En eje n.6

Se armo una parte de acero de la columna junto con el acero del pilote para que salga el acero de la columna a terreno de plataforma.

El acero faltante de columna se armara y revestirá completamente en el patio de obra.

Con la grúa se izara el acero para poder amarrar con la otra parte del acero de la columna.

CIMBRADO EN COLUMNAS

El cimbrado de columnas se realizo con los siguientes materiales y equipo:

1. - cimbra metálica
2. - polines de 4" x 4" x 8"
3. - barros de 2" x 4" x 8"
4. - desmoldante
5. - clavos 4" y 2 ½"
6. - varilla corrugada
7. - topografía
8. - retroexcavadora

El cimbrado de columnas se realizo con cimbra metálica y desmoldante con el objeto de que al momento de descimbrar la cimbra metálica no se le adhiera concreto al molde y presente mala apariencia, el molde se construyo en dos partes que se unen con tornillos.



Colocación de desmoldante

Contra venteo de la cimbra metálica

Una vez colocada la cimbra se procedió al plomeo de la misma ayudándonos con polines y varillas.



Plomeado de la columna

COLADO DE COLUMNAS

Las columnas del Puente Internacional se colaron con concreto de 250 kg/cm² con un revenimiento de ± 14 cm mediante bombeo para facilitar el trabajo.

El proceso constructivo utilizado consiste en colar la columna de una sola etapa para no tener juntas frías, una vez llegado las ollas que transportan el concreto a la obra se le hará la prueba de revenimiento para conocer la trabajabilidad .

La bomba tendrá que tener extensiones de manguera si es necesario ya que no podemos colar la columna teniendo una altura de muy alta de caída de concreto por que nos provocaría una segregación de de los agregados del concreto provocando que no tenga homogeneidad , la bomba suministrara el concreto por capas de 50 cm aproximadamente para tener el tiempo de vibrar el concreto para no tener huecos en el colado como para contar con una buena apariencia y así sucesivamente colar toda la columna hasta llegar a la elevación necesaria para poder desplantarse el cabezal, sin olvidar que el concreto de la columna se tendrá que colar 1 cm mas arriba del nivel que marca el proyecto ya que el concreto disminuye su volumen.

ACERO EN CABEZALES

El armado de refuerzo para cabezales se realizo con acero de diámetro de 1" ,3/4" ,5/8" , y acero de 1/2" de acuerdo al proyecto, el habilitado de acero se realizo en la plataforma y con equipo mecánico manual como es el polipasto, se colocó en su lugar sobre las columnas.

El armado se hizo incompleto sobre las columnas y posteriormente se termino de armar con todos los estribos marcados en proyecto para disminuir el peso durante la colocación.



PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO PARA CABEZALES

CIMBRADO EN CABEZALES

La cimbra para los cabezales es de madera, los materiales que utilizamos fueron, triplay de 19 mm de espesor, barrotes de 2"x4"x8', polines de 4"x4"x8', y chaflanes.

Primeramente se habilitan las tarimas de triplay con barrotes en los costados y en las partes centrales para utilizar la tarima como cachete de cabezal, antes de cimbrar se colocara una capa de desmoldante al triplay para evitar que el concreto se adhiera a la cimbra y provoque que el cabezal tenga una apariencia no adecuada, se utilizaron andamios metálicos para poder cimbrar y poder nivelar correctamente el cabezal ya que este cuenta con un bombeo hacia ambos extremos y tenemos que cuidar las elevaciones para no tener problemas con los niveles de las trabes.



Colocación de andamio estructural

Una vez contando con puntos de referencia de acuerdo a los niveles de proyecto del cabezal se procederá a compactar en el área de trabajo donde colocaremos dos barros para asentar los andamios y prevenir asentamientos que nos provoque el peso del cabezal.

Posteriormente se colocaran polines de madera para rigidizar las tarimas de triplay y evitar que en el colado se formen deformaciones de la cimbra que posteriormente se acusen en el terminado del cabezal.

Cimbrado de bancos de cabezal

El topógrafo deberá de marcarles las elevaciones a los bancos del cabezal en donde van a asentarse las traveses, estos deben de tener la elevación correcta y los bancos no deberán tener bombeo deben de ser horizontales, con las elevaciones correctas los trabajadores podrán tener referencia para poner los chaflanes y le den el correcto terminado.

7.3 COLADO EN CABEZALES.

La resistencia del concreto del cabezal que marca el proyecto es de 250 kg/cm², pero para proceso constructivo tomamos la decisión de usar aditivo para acelerar la resistencia y así poder descimbrar el cabezal a los 3 días para ser usada la cimbra en el otro extremo del cabezal ya que el proyecto admite solo una junta fría. El aditivo que utilizamos para

acelerar la resistencia fue el Plastool 4000 que es un hiperfluidificante específicamente para concreto con baja relación de agua/cemento. Llegado el concreto a obra se le revisa el revenimiento para saber la trabajabilidad del concreto ya que la concretera nos suministraba el concreto con un revenimiento de 14 ± 2 cm con una resistencia de 250 kg/cm², una vez verificado el revenimiento por laboratorio se le administrara el aditivo al concreto en obra. En este procedimiento se conto con un monitoreo constante con la concretera para el traslado del concreto ya que no podíamos tardar mucho tiempo con el concreto en obra ni retrasos del concreto por que el aditivo era un acelerante el cual provocaba que su resistencia aumentara fácilmente y nos podría causar juntas frías, contando con el concreto en obra y con el tratamiento adecuado se obtenían muestras en cilindros para posteriormente conocer la evolución de su resistencia.



Concreto llegando a la obra

Contando con la aprobación del laboratorio para comenzar a colar el cabezal se precederá a colar mediante capas de 35 cm cada capa para poder tener un buen vibrado de concreto y no tener vacios entre los agregados para lograr un buen acabado, una vez colado todo el cabezal hasta la junta fría se tendrá que dar un buen acabado a los bancos donde colocaremos el neopreno para asentar las trabes.



Colado de cabezal

Una vez pasado un día de colado se verificara la resistencia del concreto para poder conocer la evolución de este elemento y poder retirar la cimbra lateral del cabezal para poder cimbrar con las misma madera la otra sección del cabezal dejando solamente la cimbra del fondo hasta obtener la resistencia al 100%.



TRABES PREFABRICADAS

Para la fabricación de las traves fue necesaria la fabricación de moldes de acero especiales para EL TIPO DE TRAVE MODIFICADA A PRETENSADA Y POSTENSADA. DE LOS EJES 1-2, 2-3 y 3-4



Las traveses se construyeron tomando en cuenta que el Pretensado se realiza con la trabe en el suelo y el Postensado se hace con la viga montada en su lugar y no antes de colocar las vigas diafragma.



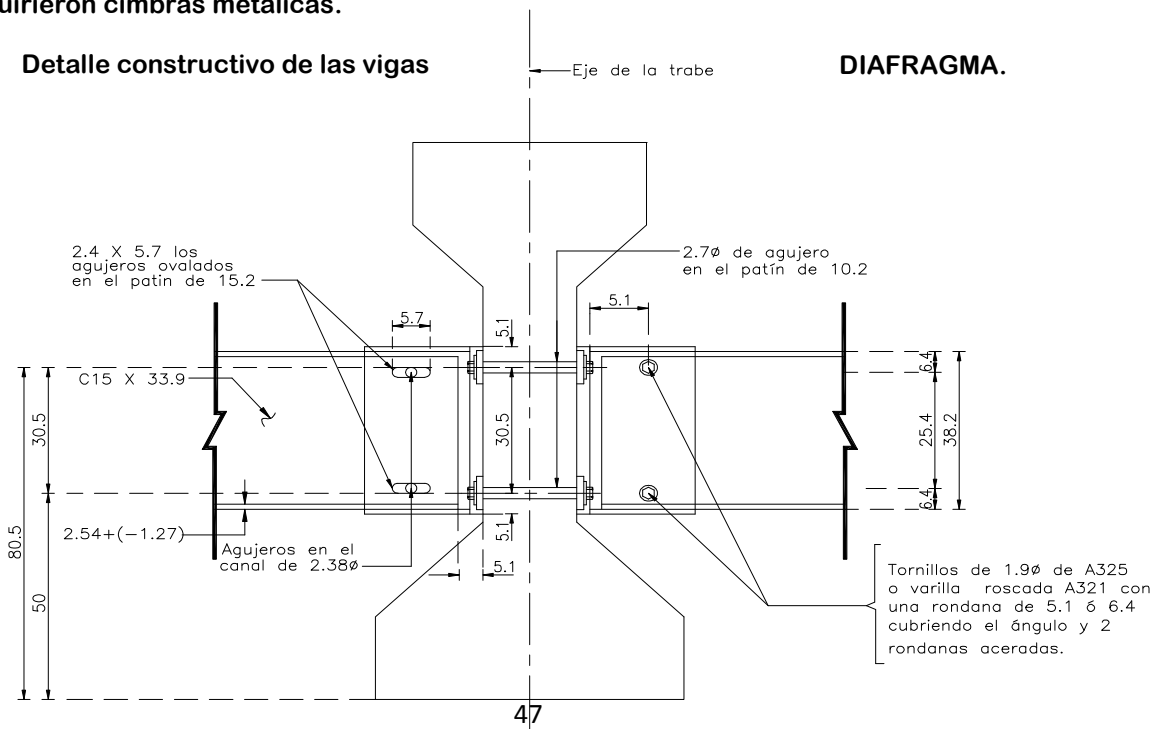
ARMADO DE TRABES



Las traves para los ejes 4-5 y 5-6 se hicieron con el sistema postensado y no se requirieron cimbras metálicas.

Detalle constructivo de las vigas

DIAFRAGMA.



DETALLE "Y"

DIMENSIONES

Detalle de viga diafragma de acero inoxidable, y su colocación en las trabes.



Los puntos de la trabe en que se ven los torones son para el postensado el superior y para pretensado el inferior .

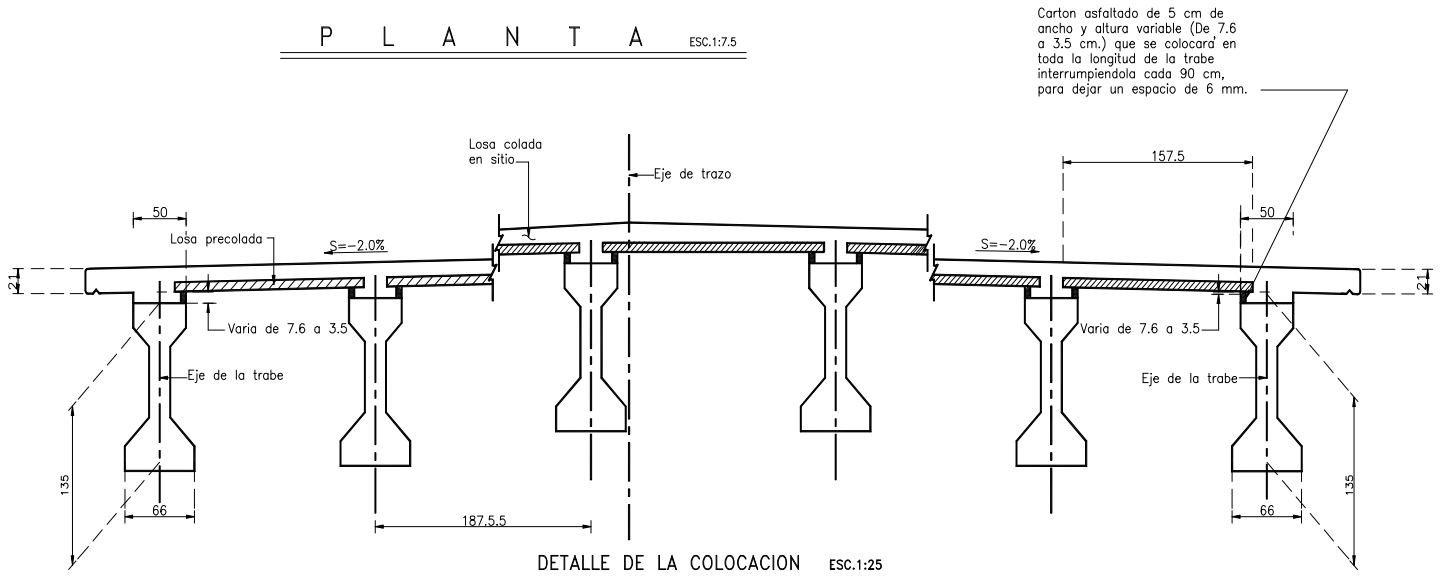


Movimiento de traves para dejar lugar para el colado de otras traves.

MONTAJE DE TRABES PRECOLADAS.



TRABES MONTADAS CON LA PREPARACIÓN PARA ANCLARSE A LA LOSA COLADA EN EL SITIO.



Detalle de colocación de losas precoladas que sirven como cimbra para la losa colada en el sitio es importante observar que la losa precolada se apoya sobre cartón asfaltado de altura variable de 7.6 a 3.5 cm que se colocará a todo lo largo de la trabe.



Trabes colocadas en su sitio con la losa precolada, se observan los torones de postensado.

CIMBRA CON LOSAS PRECOLADAS







ARMADO DE LOSAS COLADAS EN SITIO COLADAS CON CONCRETO PREMEZCLADO.



COLADO DE LOSA CON BOMBA Y CONCRETO PREMEZCLADO.



ACABADO INICIAL DEL LECHO SUPERIOR DE LA LOSA PARA RACIBIR EL RAYADO FINAL



ACABADO FINAL DE LA LOSA

**VISTA LATERAL DEL PUENTE
TERMINADO**





VISTA DE GUARNICIONES Y PARAPETOS





FOTOS DEL PUENTE TERMINADO.

A7

CONCLUSIONES.-

Aún dentro de las complicaciones que se tuvieron al construir debido principalmente a las inundaciones provocadas por los últimos ciclones y a las dificultades para poder colar las losas y dar terminación al puente podemos estar satisfechos ya que el costo no se vio incrementado quedando finalmente dentro de lo programado de \$ 45, 530, 100.89 Y dentro del último programa aceptado por la secretaría.

Es importante resaltar que la inauguración no se dio antes del de Diciembre de 2010 debido a que por los fenómenos meteorológicos antes citados se vieron detenidas las obras de edificación que componen el puerto como son aduanas, estacionamientos y otros.

RELACION DE PLANOS.

.01	PLANO GENERAL	
.02	PLANO GENERAL	PLANTA Y ELEVACIONES
.06	PLANO DE SUPER ESTRUCTURA	LOSA Y DIAFRAGMAS
.08	PLANO DE SUPER ESTRUCTURA	LOSA
.09	PLANO DE SUPER ESTRUCTURA	DIAFRAGMAS
.14	PLANO DE SUPER ESTRUCTURA	TRABE 1-2 Y 10-11
.15	PLANO DE SUPER ESTRUCTURA	TRABE 2-3 AL 9-10
.18		MONTAJE DE TRABES
.19		JUNTA DE DILATACION
.20-.21	CABALLETE # 1	DIMENSIONES Y REFUERZO
.24-.25	PILA # 3	DIMENSIONES Y REFUERZO
.28-.29	PILA # 5	DIMENSIONES Y REFUERZO
.30-.31	PILA # 6	DIMENSIONES Y RFEFUERZO
.38	SUPER ESTRUCTURA	JUNTA DE DILATACION

BIBLIOGRAFIA.

TITULO	NOMBRE DEL AUTOR.
MECÀNICA DE SUELOS	JUÀREZ BADILLO MY RICO
PRICIPIOS DEW INGENIERÌA DE CIMENTACIONES	DAS, B. M.
MANUAL DE CIMENTACIONES PROFUNDAS.	SOCIEDAD DE MECÀNICA DED SUELOS
PILOTES Y CIMENTACIONES SOBRE PILOTES.	ZAVEN DAVIDIAN
DISEÑO DE ESTRUCTURAS DE CONCRETO ARMADO.	TEODORO HAMSEN
MANUAL DELO CONSTRUCTOR	CDEMEX.

