

4676

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

UNICO

CONSTRUCCION DEL MUELLE DE ETILENO  
EN COBOS (RIO TUXPAM), VERACRUZ.

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO CIVIL  
P R E S E N T A

EDUARDO ENRIQUE ALFARO ESTRADA

MEXICO, D. F.

1971



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



**CONSTRUCCION DEL MUELLE DE  
ETILENO EN COBOS (RIO TUXPAM),  
VERACRUZ.**

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO  
FACULTAD DE INGENIERIA**

---

**EDUARDO ENRIQUE ALFARO ESTRADA**

**MEXICO, D. F.  
1971**



Universidad Nacional  
Autónoma de  
México

FACULTAD DE INGENIERIA  
Exámenes Profesionales  
Núm. 40-133  
Exp. Núm. 40/214.2/

Al Pasante señor Eduardo Enrique ALFARO ESTRADA,  
P r e s e n t e .

En atención a su solicitud relativa, me es grato transcribir a usted a continuación el tema que aprobado por esta Dirección propuso el Profesor Ing. Héctor López Gutiérrez., para que lo desarrolle como tesis en su Examen Profesional de Ingeniero CIVIL.

"CONSTRUCCION DEL MUELLE DE ETILENO EN COBOS (RIO TUXPAN), Ver."

- I. Localización.
- II. Objeto del proyecto.
- III. Condiciones Locales y problemas del proyecto.
- IV. Características.
- V. Procedimiento de Construcción.
- VI. Observaciones Particulares.

Ruego a usted tomar debida nota de que en cumplimiento de lo especificado por la Ley de Profesiones, deberá prestar Servicio Social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito indispensable para sustentar Examen Profesional; así como de la disposición de la Dirección General de Servicios Escolares, en el sentido de que se imprima en lugar visible de los ejemplares de la tesis, el título del trabajo realizado.

A t e n t a m e n t e

"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"  
México, D.F. a 26 de Febrero 1971

EL DIRECTOR

*Juan Casillas G. de L.*  
Dr. Juan Casillas G. de L.

JGGL'GPL'mrg.

EN AGRADECIMIENTO A TODOS AQUELLOS  
SIN CUYA AYUDA NO HUBIERA SIDO POSI--  
BLE LA REALIZACION DE LA PRESENTE, -  
Y MUY ESPECIALMENTE A MIS PADRES Y  
HERMANOS, ESPOSA E HIJO.

# I N D I C E

	Página
LOCALIZACION.	1
CROQUIS DE LOCALIZACION.	4
OBJETO DEL PROYECTO.	5
CONDICIONES LOCALES Y PROBLEMAS DEL PROYECTO.	7
CROQUIS DE LOCALIZACION DE SONDEOS.	10
CORTE ESTRATIGRAFICO.	11
CORTE ESTRATIGRAFICO.	12
CORTE ESTRATIGRAFICO.	13
CARACTERISTICAS.	14
PROCEDIMIENTO DE CONSTRUCCION.	17
RUTA CRITICA.	76
PROGRAMA DE BARRAS.	77
PLANO DE DISTRIBUCION GENERAL.	78
PLANO DE PLATAFORMA DE ATRAQUE.	79
OBSERVACIONES PARTICULARES.	80
BIBLIOGRAFIA.	81

# Localizacion

El Muelle de la Planta de Almacenamiento de Etileno Refrigerado de Cobos, Ver., se encuentra localizada sobre la margen Sur del río "Pantepec" o río "Túxpam", como ya se le denomina en este tramo porque pasa precisamente por la ciudad de Túxpam de R. C. Y a 7 kilómetros aproximadamente de su desembocadura al Golfo de México.

A 1 kilómetro de la planta encontramos el poblado de Cobos, en donde Petróleos Mexicanos tenía construídas -- unas instalaciones para servicio de las plataformas en el Golfo, lugar en donde se habilitó el equipo y se cargó la tubería -- que trae el producto de las plataformas a tierra.

A 7 kilómetros por carretera está Túxpam de R. C., ciudad de 30,000 habitantes y a 54 kilómetros Poza Rica de -- Hgo. Ver., zona de gran importancia petrolera y lugar en don de se va a procesar el etileno que la planta almacena.

Cercano a Túxpam se encuentra un pequeño aero--- puerto propio para avionetas y DC-3, no está en uso comercial debido a la poca capacidad de la pista.

Para su acceso por tierra cuenta con un camino en buen estado (revestido) de 3 kilómetros que lo comunica con la carretera Federal México - Túxpam. Atravezando el río, -- que en este lugar tiene aproximadamente 300 metros de ancho, se puede llegar con lancha de motor fuera de borda.

Entre las ventajas para su localización en este sitio podemos enunciar las siguientes:

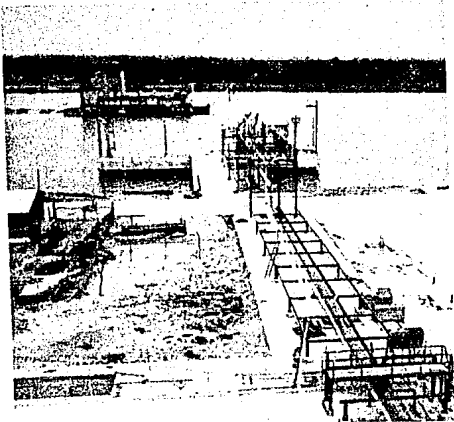
1. - Fácil acceso al mar para buques tanques de pe queño calado.

2. - El río en esta margen es poco transitado por pequeñas embarcaciones, debido a que la concentración de población se encuentra en la otra margen.
3. - Gran protección contra los agentes naturales; ciclones y marejadas.
4. - El contarse con anterioridad a su construcon con un pequeño muelle para maniobras.
5. - Fácil acceso por carretera.
6. - Pista para avionetas o pequeños aviones.
7. - Energía eléctrica y agua potable cercanas.
8. - Su cercanía a la zona petrolera de Poza Rica.

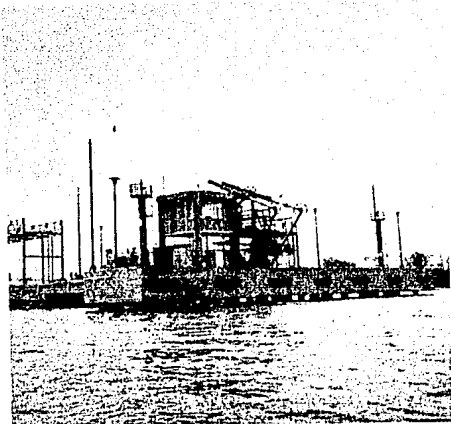
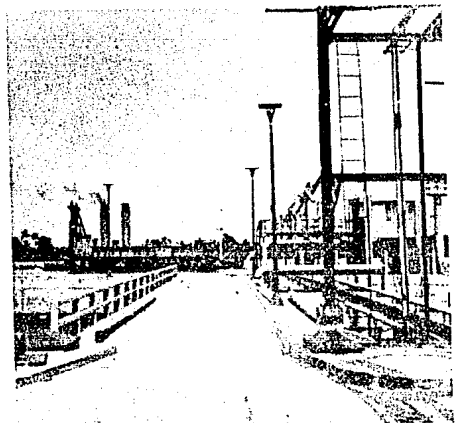
Como desventajas podemos mencionar las siguientes, algunas de las cuales son muy importantes y no deben dejarse de tomar en cuenta.

1. - El poco calado que se tiene en Tampamachoco no permite la entrada de barcos de un tonelaje mayor a 5,000 toneladas.
2. - El calado del muelle en la zona de atraque es de solamente 20 pies, por lo que se debe dragar.
3. - Se esperan depósitos de sedimentos debido a la poca velocidad del río en esta margen, lo cual hace pensar en futuros dragados.



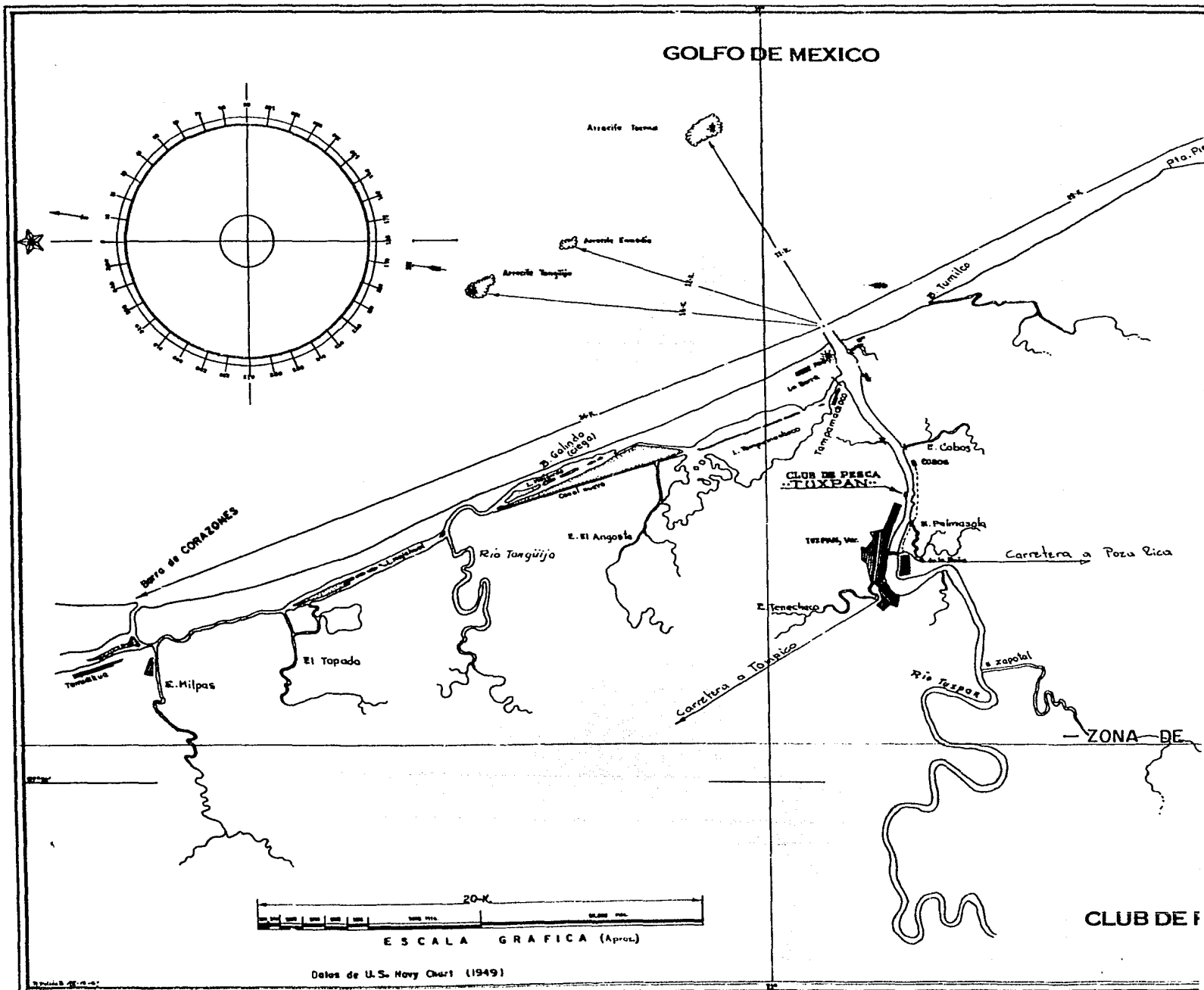


MUELLE TOTALMENTE  
TERMINADO, Y DRAGA  
ALVARADO TRABAJAN-  
DO.



VISTA DE FRENTE  
DEL MUELLE.

GOLFO DE MEXICO



ESCALA GRAFICA (Aprox.)

Datos de U.S. Navy Chart (1949)

CLUB DE F



# Objeto del proyecto 2

El muelle de Cobos no es de cabotaje sino que está diseñado para la descarga de Etileno que es el producto que la planta almacena para su posterior envío a la Planta Petroquímica de Poza Rica. Todo esto se efectúa por tubería y en forma automática, operándose desde tableros generales de control.

El buque tanque trae en forma líquida el etileno a  $-103^{\circ}\text{C}$ . Para su descarga se le introduce etileno en estado gaseoso a los tanques para poder crear presión y sacar el líquido que en esta forma se lleva hasta los tanques de almacenamiento en donde se mantendrá en forma líquida a  $-103^{\circ}\text{C}$ ., y a una presión de 1.5 psi.

A modo de información diremos algo sobre el etileno; sus usos y aplicaciones en la industria, para darnos cuenta de la importancia de las instalaciones de este tipo:

El etileno interviene como materia prima en la fabricación de gran número de compuestos orgánicos; polietileno, alcohol etílico, etilenglicol y cloruro de etileno que se emplea en la preparación de insecticidas y en la de sustitutos del caucho, entra en la gasolina y en la fabricación del "gas mostaza".

Con esto es fácil ver lo importante que es este producto en la industria, de allí la necesidad de contar con instalaciones modernas para el procesado y almacenamiento del etileno.

El proyecto no es nuevo, ya Petróleos Mexicanos cuenta con una planta similar en Reynosa y otra que se está construyendo en Pajaritos, Ver.

El muelle tiene una plataforma de 40 metros de largo y 7 metros de ancho en la que se encuentran; la caseta de control, dos garzas que se conectan a los tanques del barco, dos torres contra incendio, dos ganchos para sujetar el barco, soportería de tubería y una plataforma sobre estructura de -- fierro para maniobras.

Las instalaciones del muelle permiten que el etileno viaje en ambos sentidos, es decir que sirve para descargar los barcos y para cargarlos. En un principio se usará únicamente para descargarlo con el producto que traerá de Pajaritos, Ver., Pero en un futuro no muy lejano se espera que la planta de Poza Rica sea capaz de producir lo suficiente para poder exportarlo.

# 3

## Condiciones locales y problemas del proyecto

El objeto del proyecto es la construcción de una --  
Plataforma con subestructura de pilotes de concreto vertica--  
les e inclinados, armados para resistir los esfuerzos horizon--  
tales.

De los estudios de mecánica de suelos podemos de--  
cir lo siguiente: El cauce del río Pantepec se localiza en la  
formación del mismo nombre, constituida por areniscas luti--  
tas arenosas y calizas arenosas. Encontramos inicialmente  
sedimentos inestables que migran con las crecientes, forma--  
dos por materiales finos (arena, limo y arcillas), en espeso--  
res que varían de 5.00 a 6.00 m., subyacen a este estrato --  
acarreo aluviales de arenas medias a finas de compacidad --  
media con algunas capas intermedias de arcillas; a profundi--  
dades de 28.00 a 29.00 m., se encuentra el estrato resiste--  
nte formado por gravas y areniscas.

Se hicieron varios sondeos de acuerdo con el si---  
guiente programa; el tipo de nuestra obtenida, es la alterada  
en tubo liso de 50.4 mm. de diámetro y 45 cm. de largo, hin--  
cado con un martinete de 63.5 Kgs. y altura de caída de 75 --  
cm. y en algunos materiales fué posible obtener muestras --  
"inalteradas" en tubo de pared delgada de 3 1/2" de diámetro.

Por las características del proyecto en el que no --  
existirán rellenos superficiales ni cimentaciones poco profun--  
das, los parámetros obtenidos son de utilidad únicamente pa--

ra fijar adherencia entre pilotes y suelo en algunas capas.

En las capas probables de apoyo no fué posible obtener muestras "inalteradas" debido al tipo de materiales granulados sumergidos por lo que se recurre a la penetración -- estándar para estimar la compacidad relativa y la capacidad de carga de estos materiales.

Cimentación. - Pilotes de 0.45 x 0.45 m. apoyados en la elevación de -28.00 a -29.00 m., en las gravas bien graduadas en cuya capa subyacen areniscas compactadas.

Análisis de capacidad de carga por punta en un pilote con carga axial:

$$\begin{aligned} Q_c &= K \gamma' h N_q \\ K &= 1.0 \\ h &= 20.00 \text{ m.} \\ \phi &= 38^\circ \\ N_q &= 250 \\ Q_c &= 1.0 \times 0.8 \times 20 \times 250 = 4000 \text{ Ton/m}^2. \end{aligned}$$

$$\text{Capacidad de carga de trabajo} = \frac{4000}{3} = 1333 \text{ Ton/m}^2.$$

$$\text{Para pilotes de } 0.45 \times 0.45 = 0.22 \times 1333 = 266 \text{ Ton (Meyerhof)}$$

$$Q_c = 1.0 \times 0.8 \times 20 \times 65 = 1040 \text{ Ton/m}^2.$$

$$\text{Capacidad de carga de trabajo} = \frac{1040}{3} = 346 \text{ Ton/m}^2.$$

$$\text{Para pilotes de } 0.45 \times 0.45 = 0.20 \times 346 = 69 \text{ Ton (Terzaghi)}.$$

$$\begin{aligned} \text{Fricción entre pilote y suelo} &= \text{Adherencia promedios} \times \text{área lateral del pilote} \\ &= 1.5 \times 20 \times 1.80 = 54 \text{ Ton.} \end{aligned}$$

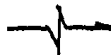
Los cálculos anteriores suponen que los depósitos en el sitio no estarán sujetos a arrastre por corrientes y que

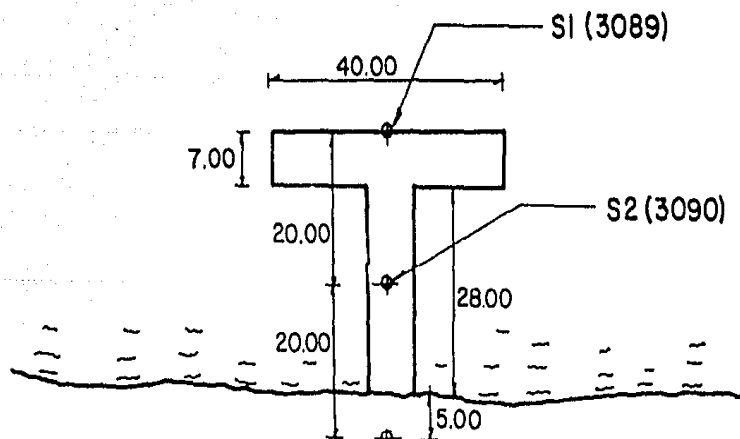
no existirá socavación alrededor de los pilotes.

De lo anterior podemos concluir lo siguiente:

1. - Los pilotes verticales e inclinados se apoyarán en la grava compacta, con elevaciones de menos 28.00 a menos 29.00 m.
2. - La capacidad de carga calculada para un pilote de sección cuadrada de 0.45 x 0.45 desplantada en la capa anterior es de 100 Ton., suponiendo que las cargas que transmitan a éstos serán cargas axiales.
3. - En el caso de pilotes en que la suma de los efectos a que estarán sujetos, trabajen a tensión, podrá utilizarse la capacidad de carga por fricción calculada.
4. - La separación mínima entre pilotes será igual a tres veces, el lado de los mismos especialmente en el caso de pilotes que estén sujetos a tensión.
5. - Por necesidad de atravesar el 2o. Grupo de suelos en los que existen capas de arena compactas, hay necesidad de prever el hincado con el uso de chiflón.
6. - Es muy conveniente realizar pruebas de carga de pilotes, para las dos condiciones de trabajo, compresión y tensión, dado que el cálculo de la capacidad de carga de los mismos, con parámetros, de esfuerzo cortante, puede no tomarse en cuenta muchos factores.



R I O T U X P A N 



S3 (3091)

50.00

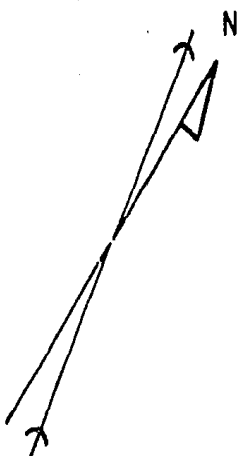
90°

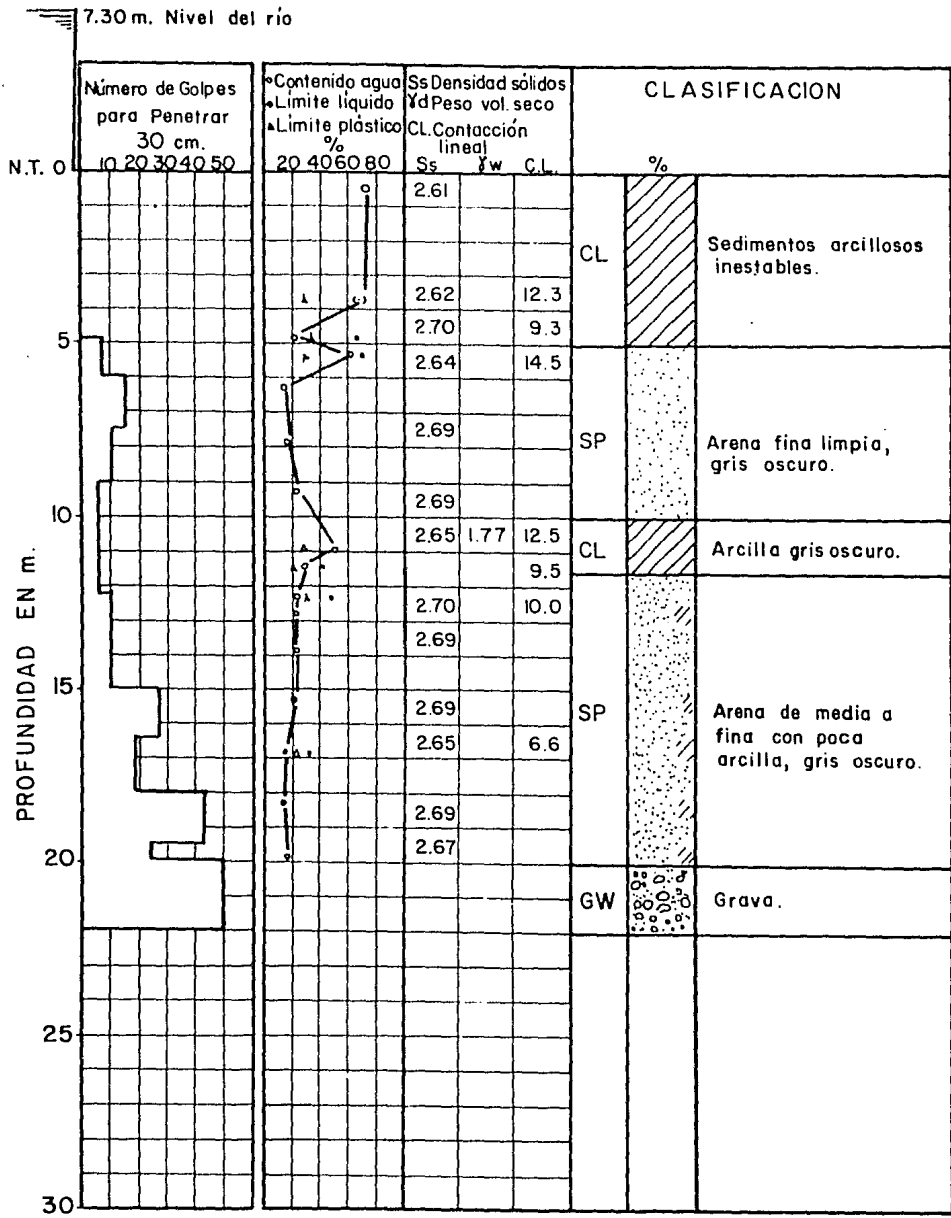
PLANTA DE ETILENO.

LOCALIZACION DE SONDEOS

MUELLE DE ETILENO, COBOS, VER.

10

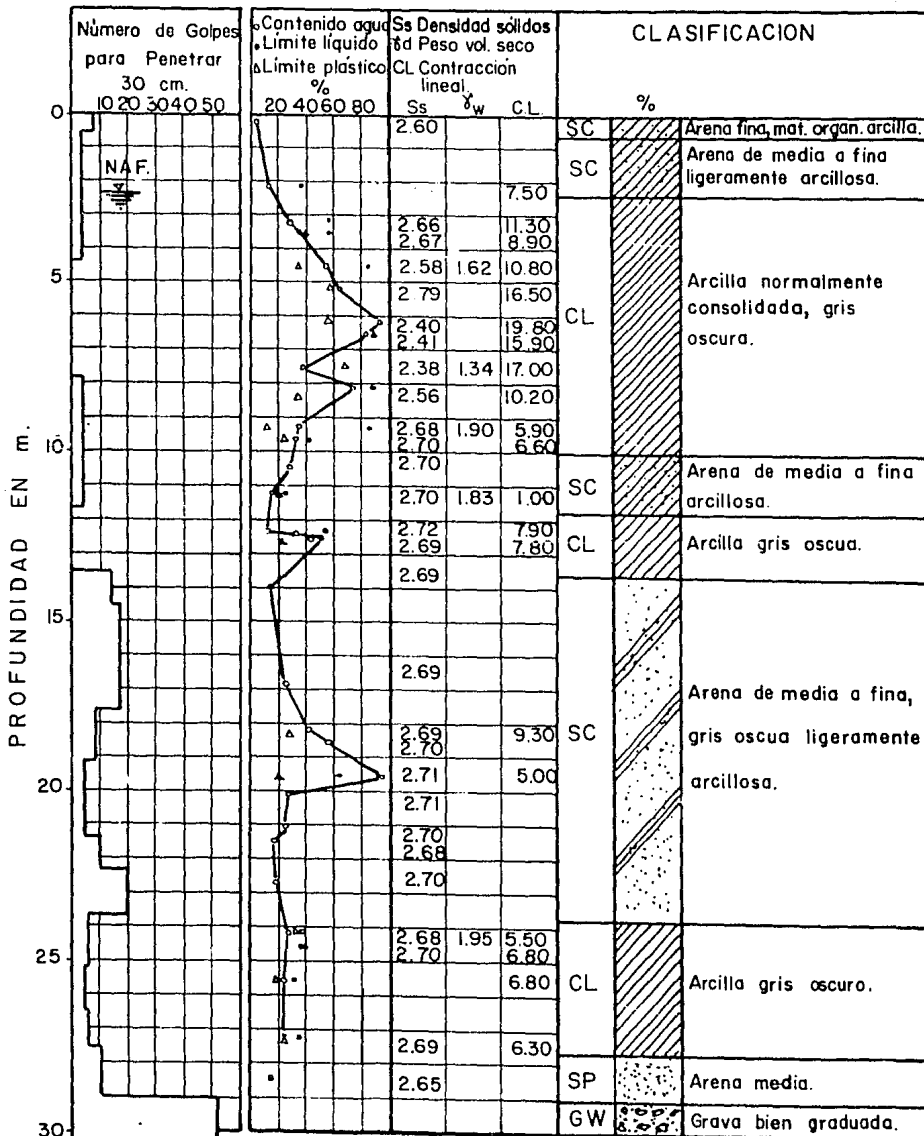




# CORTE ESTRATIGRAFICO

SONDEO: 3089.

ESTUDIO: ATRACADERO, COBOS VER.



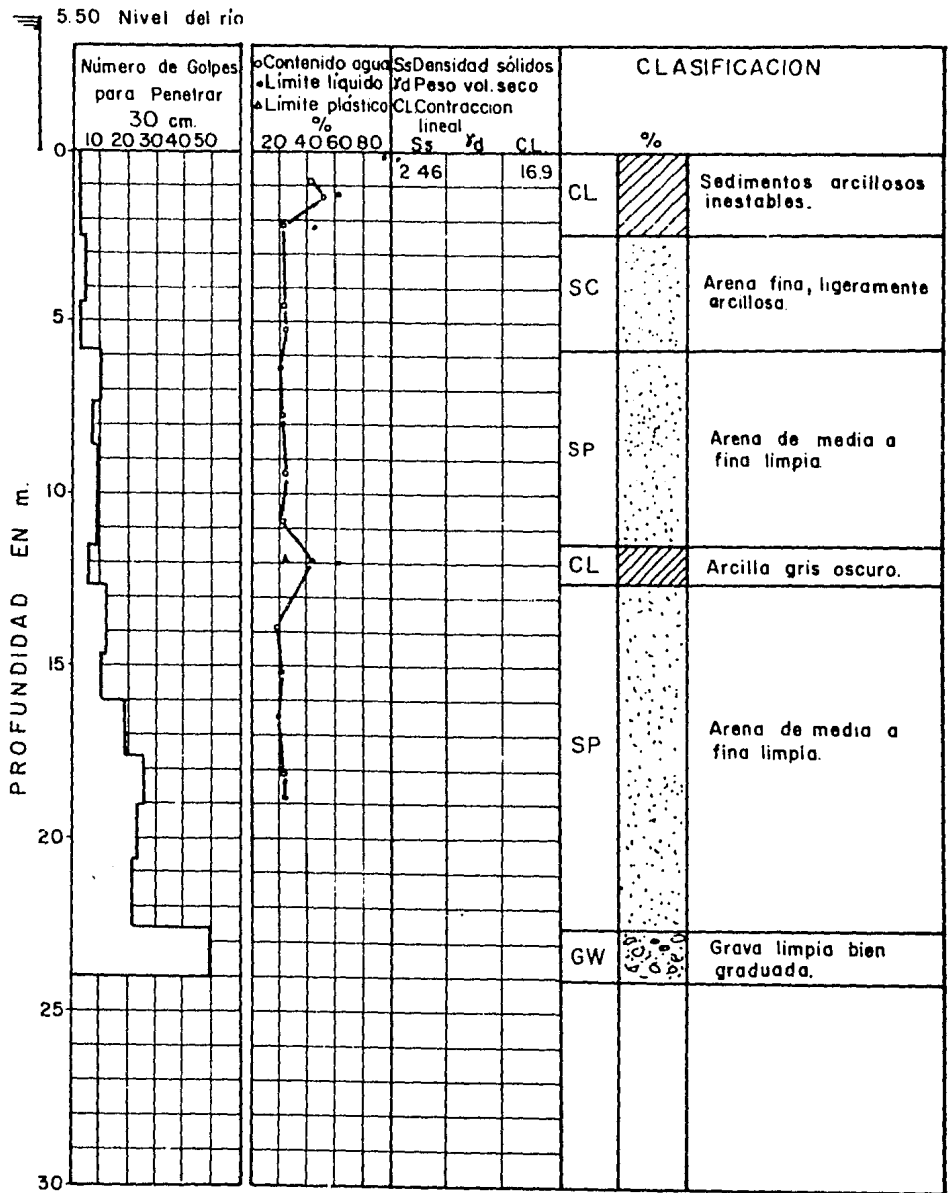
NOTA:

Profundidad. :	L.L.
4.05-5.40	105.60
6.00-6.46	124.60
6.46-6.90	146.00
7.50-7.95	128.00

# CORTE ESTRATIGRAFICO

SONDEO : 3091.

ESTUDIO : MARGEN DEL RIO, MUELLE DE COBOS VER.



## CORTE ESTRATIGRAFICO

SONDEO: 3090.

ESTUDIO: PUENTE DE ACCESO, MUELLE DE COBOS VER.

# 4

## Características

El muelle presenta características muy particulares, primeras en su género en México, tanto en su diseño como en su técnica constructiva. Se usaron procedimientos totalmente nuevos, nunca antes desarrollados en México:

- 1.- Pilotes de 31.00 m. de largo de una sola sección.
- 2.- Pilotes inclinados a  $14^{\circ}$ .

Se aplicaron otras ya usadas pero con mejoras, lo que permitió un considerable ahorro en tiempo y dinero:

- 1.- Chiflón.  
Se vió la inconveniencia de ciertas técnicas;

- 1.- Fabricación de pilotes.

Toda la subestructura es de pilotes inclinados y de una sola sección de 31.00 m. de largo; nunca antes en México se había hincado pilotes tan grandes, siempre se habían -- cortado entre los 15.00 y los 20.00 m. y se habían unido por medio de una placa metálica con un cordón de soldadura. En tre las ventajas que se tienen hincándolos de una sola sección podemos enunciar:

- 1.- No hay excentricidad en los pilotes, ocasionados por la unión de dos secciones. (Esta por sí sola es de gran peso).
- 2.- Mayor rapidez en el hincado, pues se disminuyen las maniobras a pesar de que son más pesadas.

3. - Si se usa chiflón éste puede trabajar a mayor profundidad con una mejor eficiencia.

Entre las desventajas tenemos:

1. - Equipos de mayor capacidad tanto grúas como chalanes y torre de hincado.
2. - Deben extremarse las supervisiones en la -- construcción, tanto en la fabricación del concreto como en las juntas de soldadura en el -- acero.
3. - Cualquier falla en el hincado; por la construcción del pilote, en la estructura del subsuelo ó en su localización que amerite sacarlo o -- sustituirlo es de mayor costo.
4. - Mayor área para maniobras.
5. - La fabricación de los pilotes debe hacerse lo más próximo a la zona de hincado, pues el -- traslado es problema no tanto por su peso como por su tamaño.

En términos generales si se dispone del espacio su ficiente cerca de la zona de hincado que permita que una grúa montada sobre chalán pueda recoger directamente los pilotes de tierra y entregárselos a la piloteadora es más económico -- de una sola sección por la rapidez con que podemos hincarlos; el personal especializado se reduce, soldadores, máquinas de soldar, tiempos parados de equipo, etc., contra riesgos por pérdidas y economía en el uso de un equipo más pequeño.

Otra de las características muy particulares es la inclinación que tienen todos los pilotes con respecto a la vertical de  $14^{\circ}$ , ésto es un tanto cuanto más difícil de conseguir cuanto más grande sea el pilote. Este problema queda re-- suelto en la capacidad del equipo para poder inclinar el pilote

los grados necesarios en cualquier dirección sin que pierda su estabilidad el chalán. En anteriores ocasiones hubo que recurrir a un cambio en el proyecto para disminuir el ángulo porque no era capaz de resolverse con el equipo, aumentándose entonces el número de pilotes y su localización modificándose.

El uso del chiflón en el hincado nos permitió que el pilote llegara hasta una profundidad de 10.00 m. antes de empezar a golpearlo lo cual se traduce en un ahorro considerable a tiempo. Sobre su efectividad se tenían muchas dudas porque en anteriores ocasiones no había dado los resultados esperados. Esto se debe a dos razones, principalmente; en primer lugar la bomba de inyección debe ser de la capacidad adecuada para mantener en agitación constante al subsuelo que rodea al pilote y aflojar antes de que el pilote penetre. En segundo lugar a las características del subsuelo, si es arena o grava fina porque en arcilla no trabaja. Posteriormente veremos con detalle todos los datos que a éste respecto se relacionan.

La fabricación de los pilotes se efectuó colando una a continuación de otro de tal forma que dos pilotes sirvieran de cimbra para otro, poniendo entre ellos polietileno para evitar la adherencia y todos sobre una cama de concreto. Esto permitió un ahorro considerable en cimbra, tiempo de preparación para colado y tiempo total de espera de fraguado para poderlos mover. Pero con un gran inconveniente, que debido a su gran peso, de cada pilote, la poca adherencia de piso y paredes los hacía extraordinariamente pesados por lo que hubo que recurrir al uso de tractores D-8 con pluma para irlos separando por partes con el correspondiente peligro de quebrarlos al no levantarlos todo parejo.

# 5

## Procedimiento

### de construcción

El procedimiento de construcción que se usó para -- realizar el muelle lo veremos de acuerdo con las diferentes -- etapas que se fueron atacando:

- 1.- Localización del área del campamento.
- 2.- Colado de cama de pilotes y traves precoladas.
- 3.- Fabricación de pilotes.
- 4.- Fabricación de traves precoladas.
- 5.- Construcción del Cargadero Fluvial.
- 6.- Dragado.
- 7.- Hincado de pilotes.
- 8.- Descabezado de pilotes.
- 9.- Colado de caballetes.
- 10.- Colocación de traves precoladas.
- 11.- Colado de Puente de Acceso y Puente de Tuberías.
- 12.- Colado de Plataforma de Atraque.
- 13.- Muro de Aprovecho.
- 14.- Pedraplén.
- 15.- Caseta de Control e Instalaciones.
- 16.- Muertos de Anclaje.

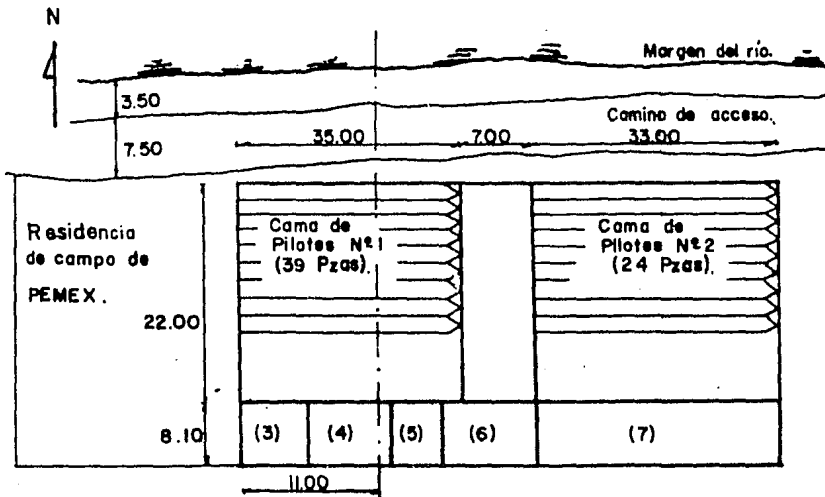
#### 5.1.- LOCALIZACION DEL AREA DEL CAMPAMENTO:

El área del campamento se localizó tan cerca al -- Muelle y tan centrado a su eje como fué posible, pues había -- dos factores que lo limitaban:



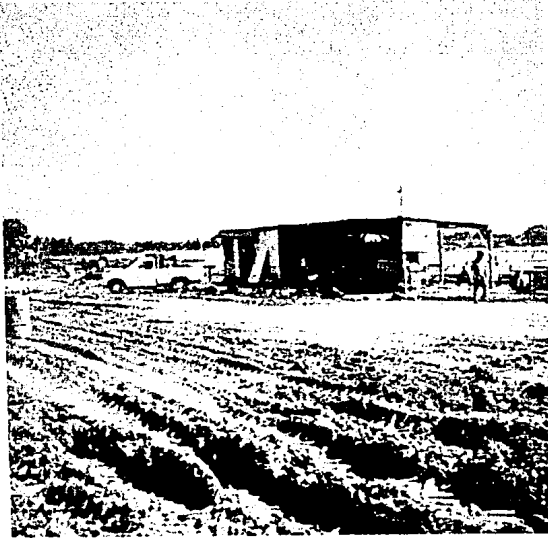
- a) Camino de acceso que pasaba entre la margen del río y el área del campamento, el cual no se podía invadir.
- b) El área destinada a la Residencia de campo — de Petróleos Mexicanos.

La profundidad del área estaba de acuerdo con nuestras necesidades, según el procedimiento que se había escogido de colar los pilotes paralelos a la margen del río.



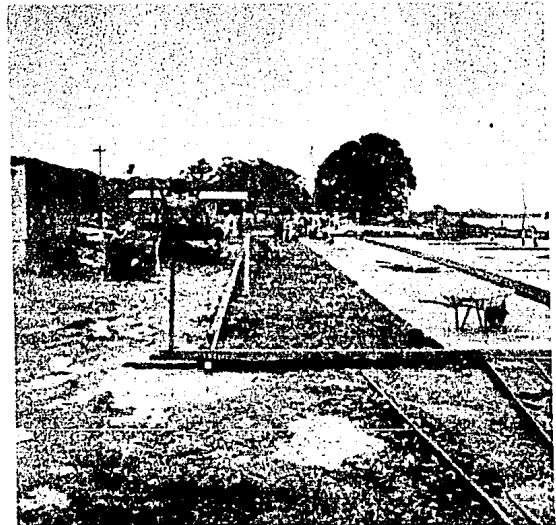
☪ Puente de acceso.

- (3).- Taller de Carpintería
- (4).- Bodega de herramienta
- (5).- Oficina
- (6).- Bodega de Cemento.
- (7).- Taller de Fo. y Soldadura.



INICIO DE LA OBRA.

COLADO DE CAMA PARA  
PILOTES Y TRABES  
PRECOLADAS.



## 5.2.- COLADO DE CAMA DE PILOTES Y TRABES PRECOLADAS:

El terreno original de toda la planta era zona baja y pantanosa durante las épocas de lluvias, constituido por depósitos aluviales recientes, sobre areniscas o lutitas arenosas de la formación Tuxpam del mioceno inferior.

Para darle nivel se procedió a rellenarlo bajo el siguiente reglamento:

- a) Despalme y eliminación de la capa superficial en un espesor de 0.40 m.
- b) Colocación de una primera capa de 0.40 m. -- de material graduado, granular como el del -- banco "El Ocho" que presenta las siguientes características: Suelo grueso que varían de -- cantos rodados a arenas poco cimentadas, hú -- medas; las partículas son redondas, color -- variable, gris, ocre y amarillo.  
Esta primera capa se compactó como mínimo a un 90% de su peso volumétrico seco óptimo en prueba Porter Estándar.
- c) Se construyó un terraplén de prueba que permitió definir las condiciones óptimas de compactación.
- d) Se usó un duopactor con peso de 28 Ton. lastrado y presión de inflado en neumático de -- 140 psi, y neumáticos con carga sobre rueda de 10,164 Kg. y presión de inflado de 140 psi.
- e) Se tendieron posteriormente capas de espesores no mayores de 40 cm. distribuyendo el -- agua necesaria para lograr el contenido óptimo uniformizando la mezcla por compactar -- con motoconformadora.

- f) El control de compactación se llevó a cabo en el laboratorio en base a la prueba representativa y fijando como máximo un 93% de la relación entre el peso volumétrico seco en sitio y el parámetro  $\gamma$  D Opt. y con la desviación -- estándar permitida del 3%.

Pendiente Uniforme al río 3%

N. P. T. 3.50

---



Nota. - Al formarse el terraplén por capas se tuvo precaución de llevar una pendiente uniforme del 3% hacia -- el río para desalojar las aguas pluviales.

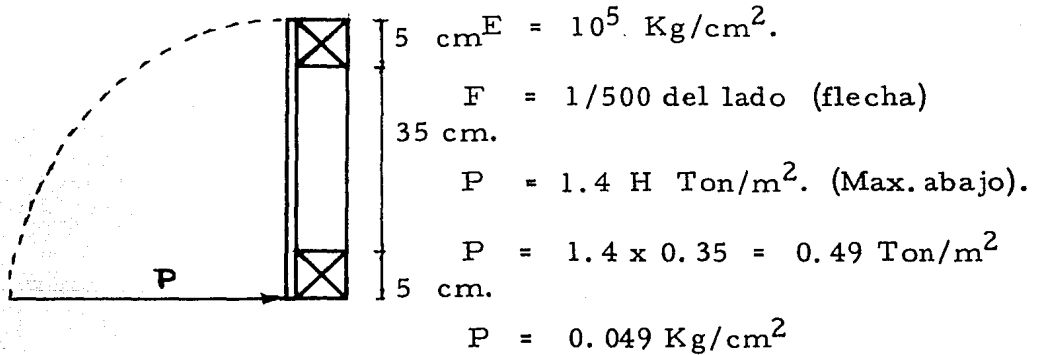
Una vez que se tuvo el terraplén listo y compactado se procedió a colar franjas de 2.00 m. de ancho y 35 m. de largo con un peralte de 10 cm. un  $f_c = 180 \text{ Kg/cm}^2$ . sin ningún armado. El objeto de esta cama era tener una superficie lisa y nivelada en donde colocaríamos los pilotes. Se hicieron dos camas; la primera con capacidad para 39 pilotes y posteriormente la segunda para 25 pilotes y ocho travesaños coladas.

### 5.3. FABRICACION DE PILOTES:

#### A). - Cimbra de Pilotes. -

La cimbra se fabricó en partes, teniendo en cuenta su peso para transportarla con hombres, y la conveniencia de repararla al sufrir daños. Los siguientes cálculos nos dieron su escuadria para obtener la máxima economía en la material:

- a) Cálculo de la distancia entre los barrotes verticales de las caras de la cimbra para duela de 3/4" x 4". (Se toma 3/4" porque la duela en el mercado viene escasa y no llega a la 1").



Para una franja de un centímetro de ancho y peralte de 3/4" = 1.9 cm.



$$I = \frac{b h^3}{12} \quad ; \quad I = \frac{1 \times (1.9)^3}{12} = 0.57 \text{ cm}^4$$

Carga uniforme en cuatro claros:

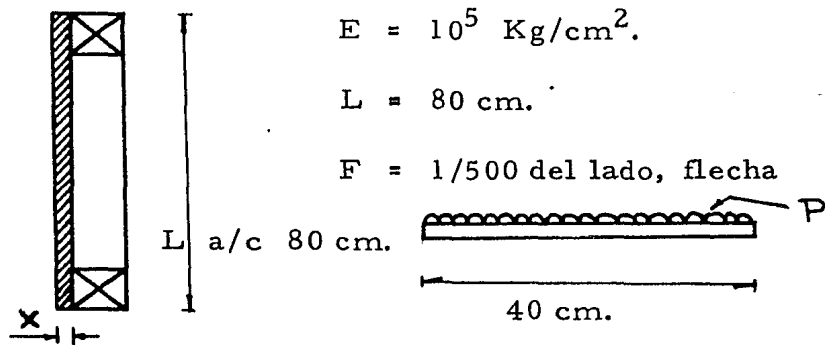
$$F = 0.0063 \frac{PL^4}{EI} = L/500$$

$$L^3 = \frac{10^5 \times 0.57}{500 \times 0.0063 \times 0.049} = 370,000 \text{ cm.}$$

$$L = 72 \text{ cm.}$$

Lo pondremos a 80 cm. de distancia.

b) Revisión de la duela que debe usarse en los costados:



$$E = 10^5 \text{ Kg/cm}^2.$$

$$L = 80 \text{ cm.}$$

$$F = 1/500 \text{ del lado, flecha}$$

Suponiendo un centímetro de ancho;

$$X'' \times 4'' = X \times 10 \text{ cm.}$$

$$P = 1.4 \text{ H Ton/m}^2. \text{ (Máxima abajo).}$$

$$P = 1.4 \times 0.40 = 0.56 \text{ Ton/m}^2. = 0.056 \text{ Ton/cm}^2.$$

$$I = \frac{b h^3}{12} ; \quad I = \frac{1 \times (X)^3}{12} = 0.075 X^3 \text{ cm}^4.$$

Para una carga continúa en cuatro claros;

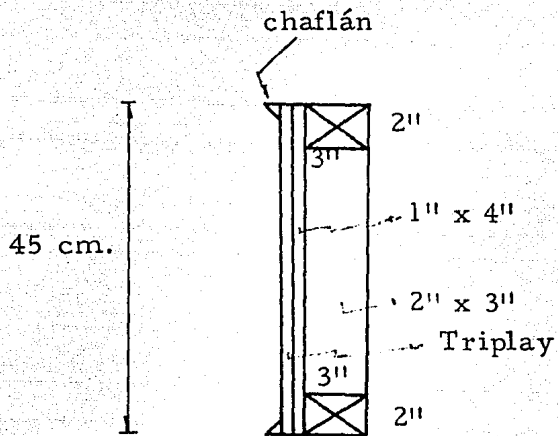
$$F = 0.0063 \frac{PL^4}{EI} = L/500$$

$$\frac{PL^3 \times 500 \times 0.0063}{E} = I ; \quad 0.075X^3 = 0.056 \times 0.315 \times 10^{-5}$$

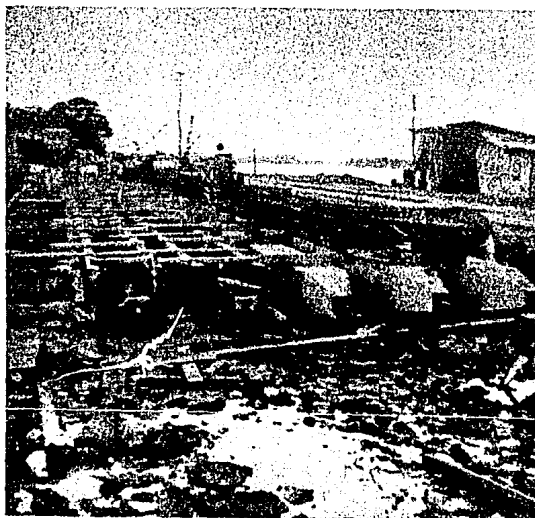
X = 2.8 cm.

Lo que es aproximadamente 2.5 = 1", además lleva una hoja de triplay de 1/2".

Quedando finalmente el costado:



Por 6 m. de largo.



## B).- Armado de Pilotes. -

Los pilotes se armaron de acuerdo con el diseño y las especificaciones del proyecto para pilotes reforzados; 8 varillas de  $1\frac{1}{4}$ "  $\phi$  con anillos de  $\frac{3}{8}$ " y juntas de soldadura a tope.

Las barras se suministran comúnmente en longitudes de 10 a 12 metros, por lo que para completar los 31 metros de largo tendríamos por lo menos 3 juntas, pero al ir aprovechando los desperdicios éstas serían más. Para evitar esto se procedió a unir las varillas como si se fuera armar una sola y a partir de ella se iban cortando los tramos para cada pilote. (Este procedimiento tiene dos razones que lo justifican; evitar el desperdicio en tramos muy pequeños y evitar el encontrar juntas de soldadura en un mismo plano.

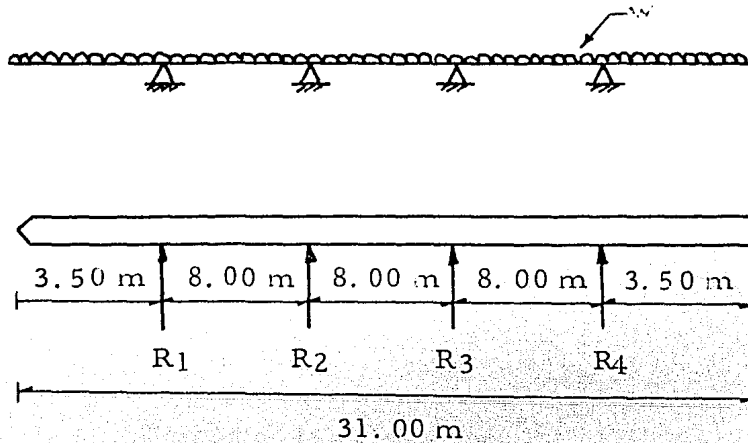
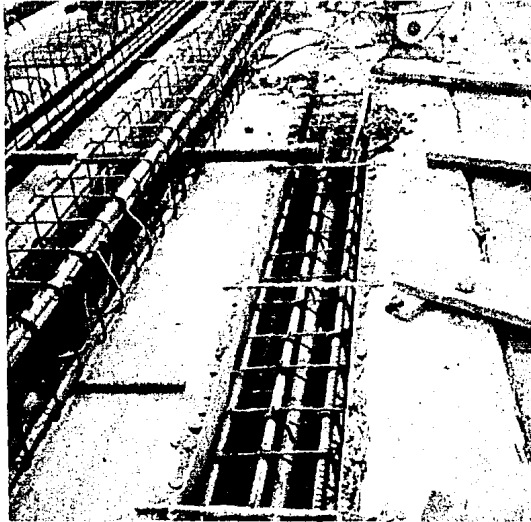
Para éstas uniones el proyecto especificaba soldadura a tope con eléctrodo LH-70 y precalentado para evitar una cristalización del acero. Los extremos debían llevar chaflán.

Se extremaron las precauciones para evitar la posible falla de una soldadura: Supervisión durante la fabricación, colocación de las uniones en la zona de compresión al momento del hizado del pilote, que sería el momento más crítico, en caso de quedar alguna unión en la zona de tensión ésta se reforzaría con una varilla de  $\frac{3}{4}$ "  $\phi$ . Se muestrearon las juntas de diferentes soldadores y se enviaron al laboratorio, todas salieron dentro de especificaciones.

El refuerzo de varilla de  $\frac{3}{4}$ "  $\phi$  en los puntos críticos se decidió después de estudiar el costo de la radiografía, que nos daría la certeza de su estado, o sea, por más barato y más rápido.

Para determinar cuáles juntas serían las más críticas se procedió a obtener su diagrama según los siguientes cálculos: (Método del Ing. Heberto Castillo Martínez).





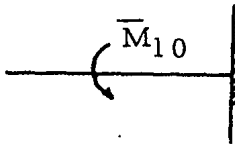
Cargas:

$$0.45 \times 0.45 \times 31 \times 2500 = 15.7 \text{ Ton} = 16 \text{ Ton.}$$

$$w = 16/31 = 0.517 \text{ Ton/m.}$$

Momentos de Empotramiento:

(+)



$$\bar{M}_{01} = 0$$

$$\bar{M}_{10} = \frac{-wl^2}{2} = \frac{-0.517(3.5)^2}{2}$$

$$= -3.16 \text{ Ton-m.}$$

$$\bar{M}_{12} = \frac{wl^2}{12} = -\bar{M}_{21}$$

$$\bar{M}_{12} = \frac{0.517(8)^2}{12} = 2.75 \text{ T-m}$$

$$\bar{M}_{23} = \bar{M}_{32} = \bar{M}_{34} = -\bar{M}_{43} = 2.75 \text{ T-m.}$$

$$\bar{M}_{45} = \frac{wl^2}{2} = \frac{0.517(3.5)^2}{2}$$

$$\bar{M}_{45} = 3.16 \text{ T-m.}$$

$$\bar{M}_{54} = 0$$

Momentos de Desequilibrio:

$$M_1 = -M_4 = M_{10} = +M_{12} = -3.16 + 2.75 = -0.41 \text{ T-m.}$$

$$M_2 = M_3 = 2.75 - 2.75 = 0$$

Rigideces y Factores de Distribución:

$$\text{Nudo 1; } r_{10} = 0$$

$$f_{10} = 0$$

$$r_{12} = \frac{4EI}{L} = \frac{4EI}{8} = -\frac{0.5 EI}{8}$$

$$f_{12} = \frac{0.5}{1.000} = \frac{1.000}{1.000}$$

$$R_1 = 0.5 EI$$

$$0.5$$

$$1/2 f_{12} = 0.25 ; 1/2 f_{10} = 0$$

Nudo 2 y 3;

$$r_{21} = \frac{4EI}{L} = \frac{4EI}{8} = 0.5 EI \quad f_{21} = 0.5/1 = 0.5$$

$$r_{23} = \frac{4EI}{L} = \frac{4EI}{8} = 0.5 EI \quad f_{23} = 0.5/1 = 0.5$$

$$R = \frac{\quad}{1.0 EI} \quad \underline{\quad} \quad \underline{1.0}$$

$$1/2 f_{21} = 0.25 ; 1/2 f_{23} = 0.25 ; 1/2 f_{32} = 0.25$$

$$1/2 f_{34} = 0.25$$

$$\text{Nudo 4; } r_{43} = \frac{4EI}{L} = \frac{4EI}{8} = 0.5 EI ; f_{43} = \frac{0.5}{0.5} = 1.0$$

$$r_{45} = 0 \quad R_4 = 0.5 EI \quad f_{45} = 0 \quad \underline{1.0}$$

$$1/2 f_{43} = 0.25$$

Constantes de giro inicial en el nudo; "  $K_{\phi n}$  "

$$K_{\phi n} = M_{Di} / r_{tn}$$

$M_{Di}$  - Momento de desequilibrio en el nudo.

$r_{tn}$  - Rigidez total del nudo.

$$K_{\phi 1} = -\frac{0.41}{0.5} = -0.82 = K_{\phi 4} ; K_{\phi 2} = K_{\phi 3}$$

Tabla de Iteraciones;

NUDO	1	2	3	4
$K_{\phi_n}$	-0.82	0	0	-0.82
$f_{\phi_{dk}}$	1-2   -0.25	2-1   -0.25 2-3   -0.25	3-2   -0.25 3-4   -0.25	4-3   -0.25
$\phi_n$	-0.8200	0.2050	-0.0512	0.8328
	-0.8712	0.2306	-0.2658	0.8864
	-0.8776	0.2858	-0.2930	0.8932
	-0.8914	0.2960	-0.2973	0.8943
	-0.8940	0.2978	-0.2979	0.8944

1a. Iteración;

Nudo 1. Como no conocemos  $\phi_2$  suponemos que es  
cero;

$$\phi_1 = K_{\phi_1} + f_{\phi_{12}} \phi_{12} = -0.82$$

Nudo 2.  $\phi_2 = 0 + (-0.25)(-0.82) = 0.2050$

Nudo 3.  $\phi_3 = 0 + (-0.25)(0.2050) = -0.0512$

Nudo 4.  $\phi_4 = 0.82 + (-0.25)(-0.0512) =$   
 $= 0.82 + 0.0128 = 0.8328$

2a. Iteración;

$$\begin{aligned} \text{Nudo 1.} \quad \phi_1 &= -0.82 + (-0.25)(0.2050) = \\ &= -0.82 + 0.0512 = -0.8712 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Nudo 2.} \quad \phi_2 &= 0 + (-0.25)(-0.8712) + \\ &+ (-0.25)(-0.0512) = 0.2306 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Nudo 3.} \quad \phi_3 &= 0 + (-0.25)(0.2306) + \\ &+ (-0.25)(0.8328) = -0.2658 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Nudo 4.} \quad \phi_4 &= 0.82 + (-0.25)(-0.2648) = \\ &= 0.82 + 0.0664 = 0.8864 \end{aligned}$$

Las demás iteraciones se efectúan en forma similar, los resultados los podemos ver en la tabla.

Momentos en los Nudos;

$$M_{ik} = \bar{M}_{ik} - r_{ik} \phi_i - r_{ki} t_{ki} \phi_k$$

$$\text{Nudo 1.} \quad M_{10} = -3.16 \text{ T-m.}$$

$$\begin{aligned} M_{12} &= 2.75 - (0.5)(-0.8940) - (0.5)(0.5) \\ &(0.2978) = 3.12 \text{ T-m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Nudo 2.} \quad M_{21} &= -2.75 - (0.5)(0.2978) - (0.5)(0.5) \\ &(-0.8940) = -2.6754 \text{ T-m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{23} &= 2.75 - (0.5)(0.2978) - (0.5)(0.5) \\ &(-0.2979) = 2.6755 \text{ T-m.} \end{aligned}$$

$$\text{Nudo 3. } M_{32} = -2.75 - (0.5)(-0.2979) - (0.5)(0.5) \\ (0.2978) = -2.6745 \text{ T-m.}$$

$$M_{34} = 2.75 - (0.5)(-0.2979) - (0.5)(0.5) \\ (0.8944) = 2.6763 \text{ T-m.}$$

$$\text{Nudo 4. } M_{43} = -2.75 - (0.5)(0.8940) - (0.5)(0.5) \\ (-0.2979) = -3.12 \text{ T-m.}$$

$$M_{45} = 3.16 \text{ T-m.}$$

Reacciones:

$$M = -\frac{w x^2}{2} - R_1 (x - 3.5)$$

$$x = 11.5 \text{ m.}$$

$$w = 0.517 \text{ T-m.}$$

$$M = -2.67 \text{ T-m.}$$

$$-2.67 = -\frac{0.517 (11.5)^2}{2} + R_1 (11.5 - 3.5)$$

$$-2.67 = -3.41 + 8 R_1 ; R_1 = 3.92 \text{ Ton} = R_4$$

$$M = -\frac{w x^2}{2} - R_1 (x - 3.5) - R_2 (x - 11.5)$$

$$x = 19.5 \text{ m.}$$

$$w = 0.517 \text{ T-m.}$$

$$M = -2.67 \text{ T-m.}$$

$$-2.67 = \frac{-0.517(19.5)^2}{2} + 3.92(19.5 - 3.5) +$$

$$+ R_2 (19.5 - 11.5)$$

$$-2.67 = -98.3 + 3.92(16) - 8 R_2$$

$$R_2 = 4.10 \text{ Ton} = R_3$$

Fuerza Cortante:

$$0 \leq x \leq 3.5 ; V = - wx ; x = 3.5$$

$$V = - (0.517) (3.5) = 1.81 \text{ Ton.}$$

$$3.5 \leq x \leq 11.5 ; V = - wx + 3.92 ; x = 3.5$$

$$V = -(0.517) (3.5) + 3.92 = 2.11 \text{ Ton.}$$

$$x = 11.5$$

$$V = -(0.517) (11.5) + 3.92 = - 2.03 \text{ Ton.}$$

Por simetría el otro lado es igual.

Momento Flexionante Máximo;

$$\text{Para } V = 0 ; M = \text{max.} ; - wx + 8.02 = 0 ; w = 0.517 \text{ T-m}$$

$$x = \frac{8.02}{0.517} = 15.5 \text{ m.}$$

$$M = -\frac{wx^2}{2} + 3.92(x - 3.5) + 4.10(x - 11.5)$$

$$M = -0.517 \frac{(15.5)^2}{2} + 3.92(15.5-3.5) + 4.10(15.5-11.5)$$

$$M = 2.3 \text{ T-m.}$$

$$\text{Para } V = 0 ; -wx + 3.92 = 0 ; w = 0.517 \text{ T-m}$$

$$x = 7.6 \text{ m.}$$

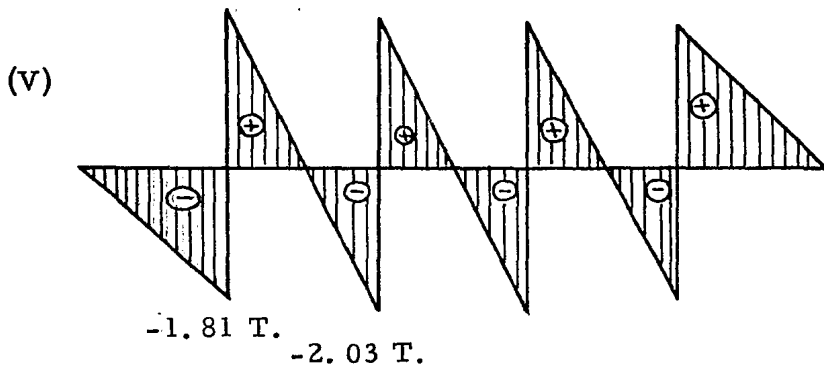
$$M = \frac{-wx^2}{2} + 3.92(x - 3.5)$$

$$M = -0.517 \frac{(7.6)^2}{2} + 3.92(7.6 - 3.5)$$

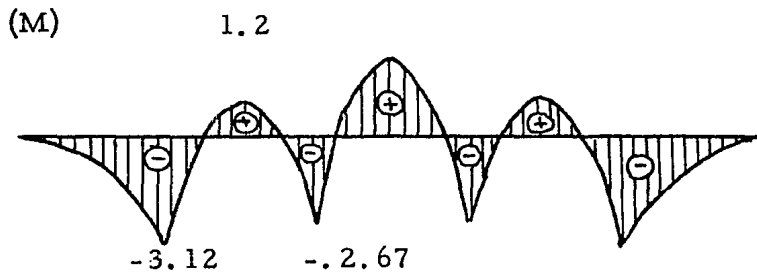
$$M = 1.2 \text{ T-m.}$$

Diagramas:

$$2.11 \text{ T. } 2.07 \text{ T.}$$

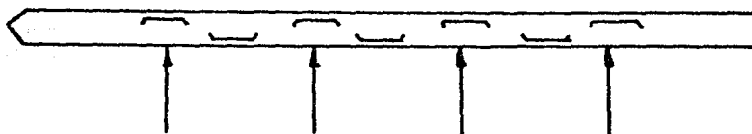


$$2.3$$





## Refuerzos en los Pilotes:



### C).- Colado de Pilotes. -

La forma en que se fueron colando los pilotes ya se mencionó anteriormente, ahora veremos lo referente a la fabricación del concreto.

Se usó grava de río lavada de tamaño comprendido entre; el retenido de la malla No. 4 y 1 1/2". Debido a la falta de tolvas para poderle dar una granulometría constante, había que supervisarla, no permitiendo que se formaran bancos muy clasificados.

La arena que se escogió fué muy fina porque era la más limpia aunque estaba un poco fuera de especificaciones por su finura, pero se prefirió gastar un poco más en cemento y no tener problemas con la resistencia:  $f'_c = 250 \text{ Kg/cm}^2$ .

Para determinar los proporcionamientos se procedió en forma práctica a determinar la relación óptima de menor huecos, según los siguientes cálculos:

#### Determinación de los Pesos Específicos:

Grava: Peso de la muestra seca = 200 grs.

Vol. de agua desalojada =  $70 \text{ cm}^3$ .

Peso Específico =  $200/70 = 2.86$

Arena: Peso de la muestra seca = 200 grs.

Vol. de agua desalojada =  $80 \text{ cm}^3$ .

$$\text{Peso Específico} = 200/80 = 2.50.$$

**Determinación de los Pesos Volumétricos:**

**Grava:**    Peso prom. de 5 distintas llenadas = 9.520 Kg.  
                   Peso de la vasija de 5.31 lt. vacía =  $\frac{0.350}{9.170}$  Kg.

$$\text{Peso Vol. de la grava} = \frac{9.170}{5.310} = 1.73 \text{ Kg/lt.}$$

$$= 1730 \text{ Kg/m}^3.$$

**Arena:**    Peso prom. de 5 distintas llenadas = 6.920 Kg.  
                   Peso de la vasija de 5.31 lt. vacía =  $\frac{0.350}{6.570}$  Kg.

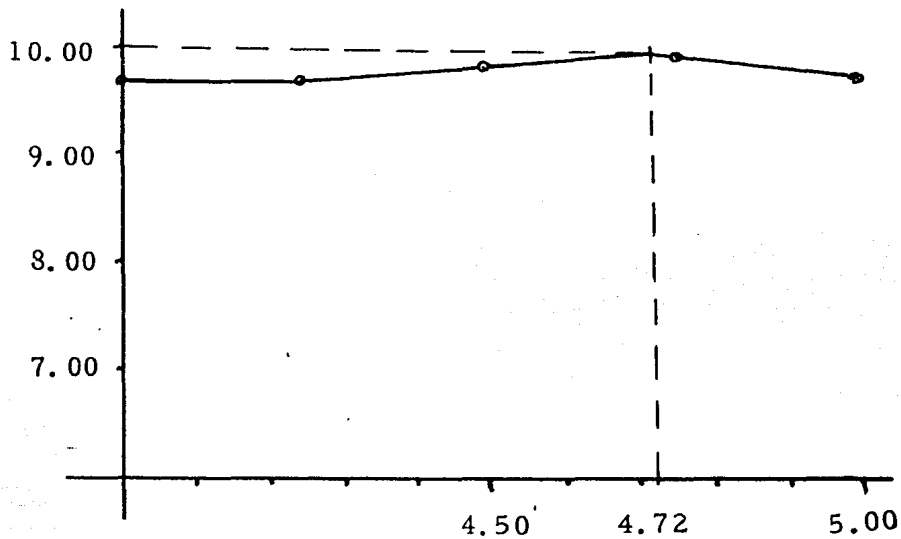
$$\text{Peso Vol. de la arena} = \frac{6.570}{5.310} = 1.23 \text{ Kg/lt.}$$

$$= 1230 \text{ Kg/m}^3.$$

**Determinación de la Relación de Mezcla de Agregados con mínimo de huecos:**

Proporción de la mezcla de Agregado en peso.		Volumen Pesado (lt.)	Peso de la mezcla (Kg.)
Arena	Grava		
4.00 Kg.	10.00 Kg.	5.31	9.70
4.25 Kg.	10.00 Kg.	5.31	9.70
4.50 Kg.	10.00 Kg.	5.31	9.80
4.75 Kg.	10.00 Kg.	5.31	9.95
5.00 Kg.	10.00 Kg.	5.31	9.75

Peso de la mezcla en Kgs.



Kgs. de Arena por 10.00 Kgs. de Grava.

Determinación de la mezcla de agregados con mínimo de huecos:

$$\text{Arena} = \frac{10.00 \times 4.72}{10.00 + 4.72} = 3.22 \text{ Kg.}$$

$$\text{Grava} = \frac{10.00 \times 10}{10.00 + 4.72} = 6.80 \text{ Kg.}$$

Cantidad de lechada:

$$\text{Vol. Abs. de Arena} = \frac{3.22}{2.50} = 1.29$$

$$\text{Vol. Abs. de Grava} = \frac{6.80}{2.86} = 2.37$$

$$\text{Vol. Abs. de lechada} = 5.31 - 1.29 - 2.37 = 1.65$$

$$\text{Lechada} = \frac{1.65}{5.31} = 0.312 ; 31.2\%$$

$$\text{Arena} = \frac{1.29}{5.31} = 0.242 ; 24.2\%$$

$$\text{Grava} = \frac{2.37}{5.31} = 0.446 ; 44.6\%$$

Cálculo de la Revoltura:

Fractura: 28 días, ;  $f'_c = 250 \text{ Kg/cm}^2$ . ; T.M.A. = 1 1/2"

Vol. de agua = 23.0 lt.

Vol. de saco de cemento = 16.1 lt.

Col. de la lechada = 39.1 lt.

Vol. de arena =  $\frac{39.1 \times 24.2}{31.2} = 30.4 \text{ lt.}$

Vol. de grava =  $\frac{39.1 \times 44.6}{31.2} = 56.0 \text{ lt.}$

En peso:

Agua 23 Kg.

Cemento 50 Kg.

Arena;  $30.4 \times 25 = 76 \text{ Kg.}$

Grava;  $56.0 \times 2.86 = 160 \text{ Kg.}$

1 : 1.52 : 3.2 Peso.

En Volumen:

Agua 23 lt.

Cemento 33 lt.

Arena; 76/1.23 = 61.8 lt.  
Grava; 160/1.73 = 92.5 lt.  
1 : 1.87 : 2.8 Volumen.

Se ensayó este proporcionamiento con:

Cemento	7.000	Kg.
Puzolana	1.400	Kg.
Arena	10.650	Kg.
Grava	22.450	Kg.
Agua	3.220	Kg.

Se hicieron tres especímenes que se tronaron a los 28 días con las siguientes cargas:

55 ton.	;	diámetro = 15.5 cm.
52 ton.	;	diámetro = 15.5 cm.
53 ton.	;	diámetro = 15.5 cm.

$$\text{Area} = \frac{3.1416 \times (15.5)^2}{4} = 18.95 \text{ cm}^2.$$

$$f'_c = 55/18.95 = 294 \text{ Kg/cm}^2.$$

$$f'_c = 52/18.95 = 275 \text{ Kg/cm}^2.$$

$$f'_c = 53/18.95 = 280 \text{ Kg/cm}^2.$$

Hubo un notable aumento en resistencia del concreto, todos los especímenes quedaron arriba de la resistencia solicitada por el proyecto;  $f'_c = 250 \text{ Kg/cm}^2$ . Esto se debe a que no se tomó en cuenta la adición de la puzolana, cuyo trabajo describiremos:

Al hidratarse los cementos portland, se inicia la reacción del fraguado, pero al mismo tiempo principia la liberación de cal en forma de hidróxido, este hidróxido de calcio es fijado por la puzolana para iniciar una reacción similar a la de los cementos pero a lenta velocidad e isotérmicamente. Al efectuarse esta reacción en un medio ambiente de temperatura elevada, absorbe cierta cantidad de calor reduciendo los efectos nocivos que causan a la masa del concreto la expansión y posteriormente la contracción, evitando por

consiguiente la formación de fisuras y agrietamientos producidos por tales contracciones. Al producirse la fijación del hidróxido proveniente de los cementos por acción de la puzolana y reducir el tamaño de los granos reaccionados, el contenido de silicatos aumenta considerablemente, lo cual redundará en una elevada resistencia mecánica tanto a la compresión como a la flexión, puesto que éste último está íntimamente ligado a la gran adherencia que se obtiene al disponer de una mayor superficie de contacto, como resultado de la mayor superficie de la puzolana.

En la bachada que se hizo para preparar los especímenes se empleó:

$$3 \times (15.5)^2 \times \frac{3.1416}{4} \times 30.5 = 0.016 \text{ m}^3.$$

de material, si usamos 7.000 Kg. de cemento:

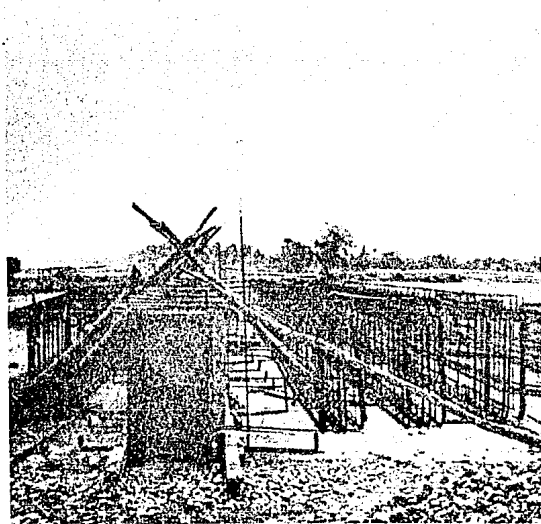
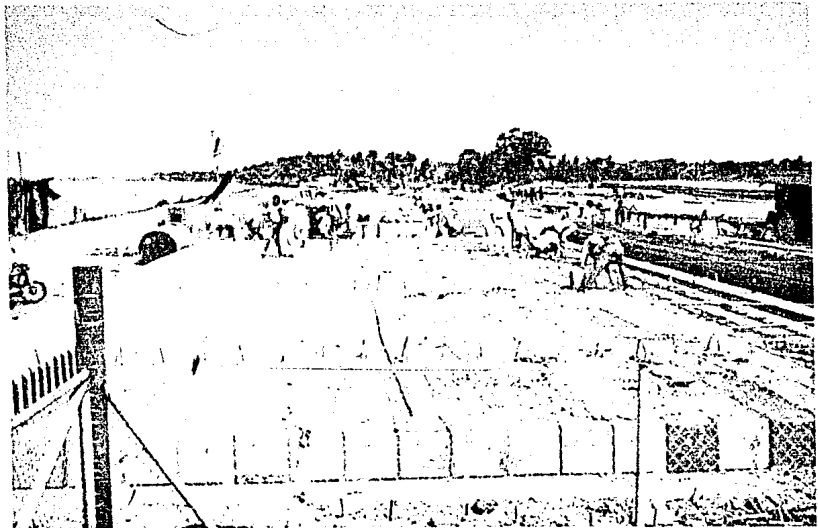
$$0.016/7.000 = 420 \text{ Kg/m}^3.$$

Lo cual quiere decir que usamos 420 Kg. de cemento por cada metro cúbico de concreto fabricado. Lo que es un poco alto pero no se alteró para poder tener un coeficiente mayor al preparar el concreto en la revolvedora.

Posteriormente al irse colando los pilotes se fueron tomando muestras aisladas de cada uno y se fabricaron tres especímenes de cada pilote para ir comprobando su resistencia. Como se había previsto, la resistencia a la ruptura bajó un poco pero nunca llegó a estar fuera de especificaciones. La cantidad de cemento empleado también bajó un poco a: 410 Kg/m<sup>3</sup>.

#### 5.4. FABRICACION DE TRABES PRECOLADAS:

La fabricación de las trabes no tuvo problemas. Fueron ocho trabes en total, cuatro para el puente de acceso y cuatro para el puente de tuberías. Con dos juegos de cim-

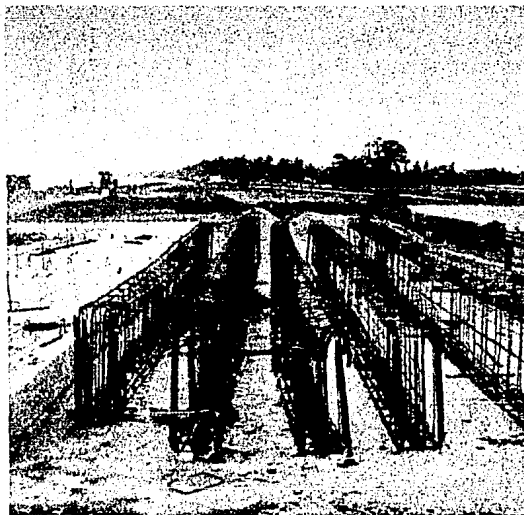


bra se colaron, uno para cada puente, pues tenían diferente es cuadria pero todas la misma longitud, 16.25 m.

El armado también llevaba juntas de soldadura a tope en la varilla de 1"  $\phi$  pero se dispuso tres apoyos para poderlas mover, éstas eran unos agujeros que atrevaban de la do a lado la pieza, de 3 1/2"  $\phi$  para poder meter un cable de acero, con lo cual se tenían momentos pequeños en las zonas de tensión.

El concreto tenía la misma fatiga a la ruptura que los pilotes;  $f'_c = 250 \text{ Kg/cm}^2$ ., por lo que continuamos con el mismo proporcionamiento que obtuvimos para los pilotes.

El único detalle que mereció especial atención fué el anclaje de los diafragmas que unirían las traveses y que se colarían después de que éstas estuvieran en su lugar.



BIBLIOTECA CENTRAL  
U. N. A. M.



## 5.5 CONSTRUCCION DEL CARGADERO FLUVIAL. -

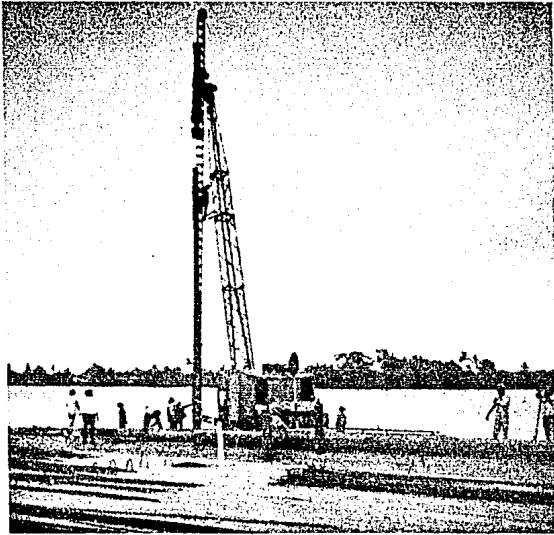
El cargadero fluvial fué una plataforma provisional que se construyó al frente de las dos camas de pilotes en la margen del río, por las siguientes razones:

- a) Plataforma para estibar pilotes.
  - b) Estabilidad de talud.
- a) Plataforma para estibar pilotes. - Se tuvo la necesidad de mover los pilotes del lugar en que se fabricaron porque estaban muy alejados para que la grúa del chalán los pudiera recoger y dárselos a la piloteadora, para esto se estibarón en la margen del río, en una plataforma -- construída para este fin.
  - b) Estabilidad de talud. - Además de que la plataforma debía ser lo suficientemente estable para soportar esta estiba de pilotes, el primer -- caballete del muelle quedó localizado en tierra, por lo que para poder hincar los pilotes con la piloteadora sobre el chalán había que dragar -- cuatro metros.

Esta plataforma se formó con una ataguía de tubo -- de 10"  $\phi$  y rollizos de madera de 4" y 6" de diámetro. Los tubos se hincaron 15.00 m. aproximadamente y a 2.50 m. de separación entre uno y otro. En total se utilizó 284.00 m. -- lineales de tubo.

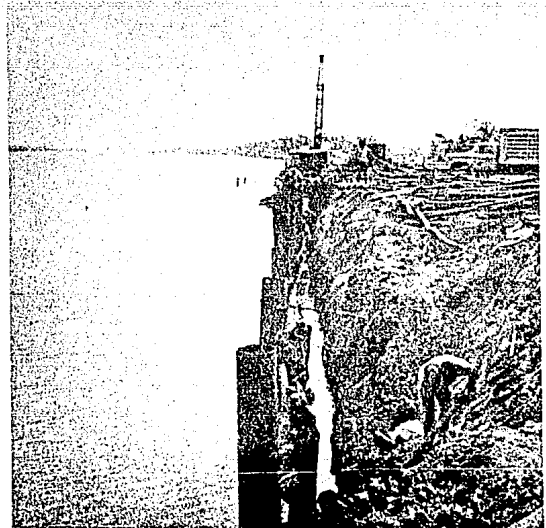
Apoyados en estos tubos se colocaron los rollizos -- de madera para formar un muro de retención.

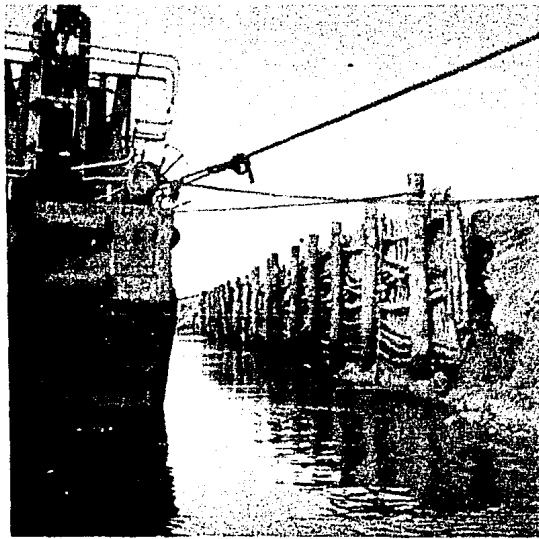
Posteriormente se rellenó el área y se compactó -- para formar la plataforma.



HINCADO DE TUBOS DE 10"  $\varnothing$

CONSTRUCCION DEL  
CARGADERO FLUVIAL.





CARGADERO FLUVIAL TERMINADO.

#### 5.6. DRAGADO. -

Un seccionamiento previo del río nos permitió conocer su profundidad para las condiciones más desfavorables, o sea, cuando el nivel del agua era más bajo. Con base a este estudio se conoció la imposibilidad de poder trabajar con la piloteadora en el hincado de los pilotes de los caballetes, debido al poco calado, por lo que había que dragar.

La piloteadora necesitaba un metro de calado para poder flotar pero al tener el pilote montado en la torre éste quedaba a tres metros abajo del fondo del chalán, o sea, que se necesitaban por lo menos cuatro metros para que la piloteadora se pudiera centrar y el pilote no pegara en el fondo. De todo esto vemos que no era necesario tener los cuatro metros de calado en toda el área de maniobras sino solamente en -- aquellas próximas a los caballetes, por lo que el problema se resolvió de la siguiente manera: Se daría un calado de un -- metro en toda el área de maniobras y en aquellas próximas a los caballetes cuatro metros.



Por otra parte teníamos que, dragando desde la orilla alcanzaríamos hasta 15.00 m. y podíamos asegurarle colado al chalán, pero como teníamos tres caballetes; uno a un metro del cargadero fluvial, otro a 16.50 m. de éste y el --- otro a 33.00 m. había que dragar con grúa montada sobre chalán, estas áreas, pues no era posible alcanzarlas desde tierra.

El dragado desde tierra se efectuó con una grúa -- marca "Lorain" de una yarda cúbica y una cuchara de arrastre de  $3/4$  de yarda cúbica. Se le puso esta cuchara más pequeña para poder tener un mayor alcance aunque tuviéramos -- que sacrificar un poco el rendimiento. Se extrajeron  $3276 \text{ m}^3$  medidos sobre camión. El producto extraído era volteado di-

rectamente sobre camiones para evitar maniobras posteriores.

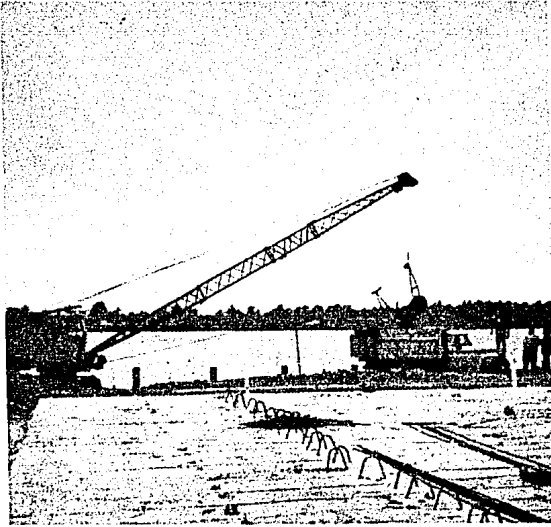
El dragado con la grúa montada sobre chalán se --- efectuó con una almeja de una y media yarda cúbica y se extrajeros 1000 m<sup>3</sup>, medidos sobre camión.



### 5.3. HINCADO DE PILOTES. -

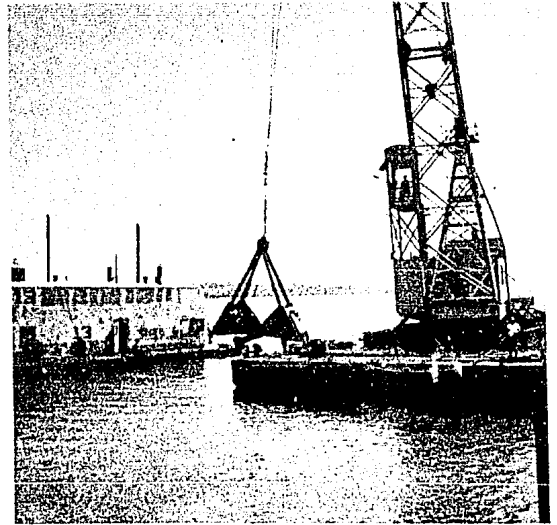
La fase del hincado de los pilotes se puede dividir -  
en tres etapas:

- a) Despegado de pilotes.
  - b) Hizado de pilotes.
  - c) Hincado.
- a) Despegado de pilotes. - Los pilotes presenta-  
ron problemas por su adherencia a la cama y -  
a los otros pilotes, como ya se mencionó ante-



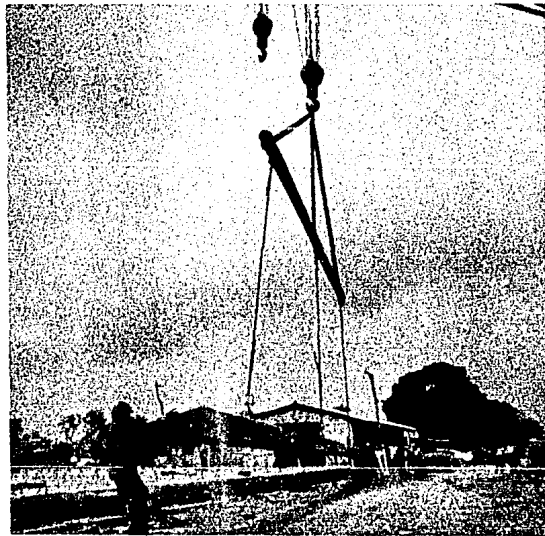
CARGA DEL MATERIAL  
DRAGADO SOBRE CA--  
MION.

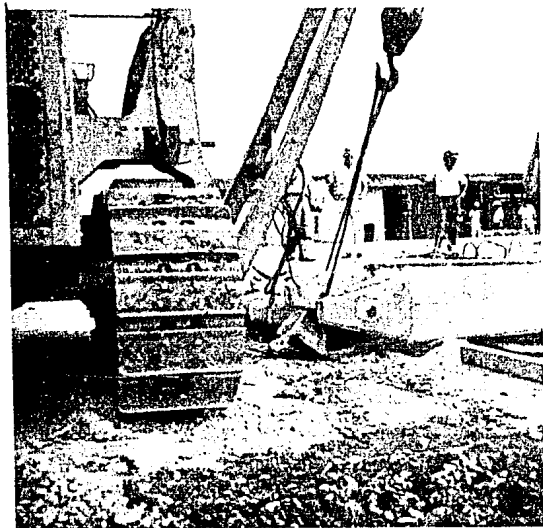
GRUA SOBRE CHALAN  
OPERANDO LA ALME-  
JA.



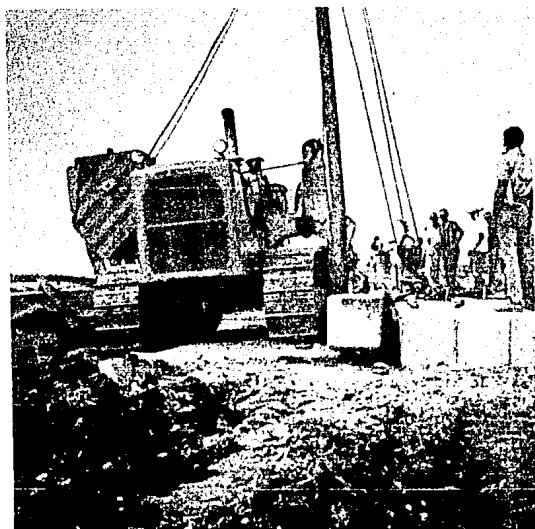
riormente. En un principio se trató de despegarlos con la grúa montada sobre el chalán pero no fué solución porque estaban muy adheridos y porque se encontraban muy lejos. Se resolvió usar un tractor con pluma y dos tractores con dos balancines, estructuras triangulares, para hisarlos y acarrearlos hasta cerca de la grúa siendo ésta la forma más adecuada.

- b) Hizado de pilotes. - En esta misma etapa tenemos dos maniobras; primero la grúa tomaba el pilote y lo colocaba perpendicularmente a la margen del río por medio de un balancín; una vez en posición se amarraban con cables de acero usando los dos ganchos que al irlo hisando lo iban poniendo vertical, teniendo los dos tambóres sincronizados. Estas dos maniobras eran indispensables pues si se procedía a estribarlo para hisarlo cuando se encontraba paralelo al -





DESPEGADO DE PILOTES  
CON TRACTOR PLUMA.



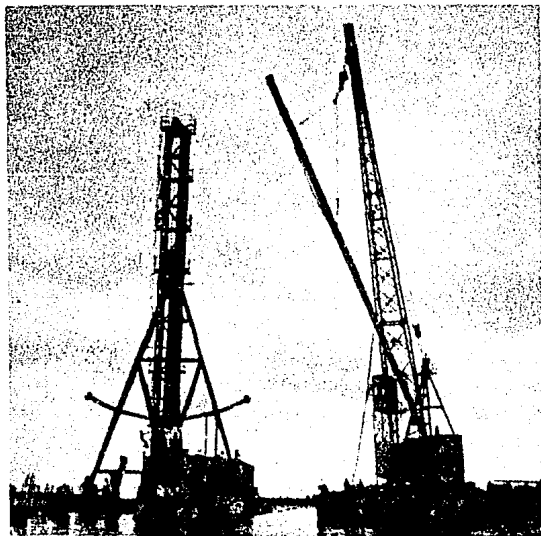


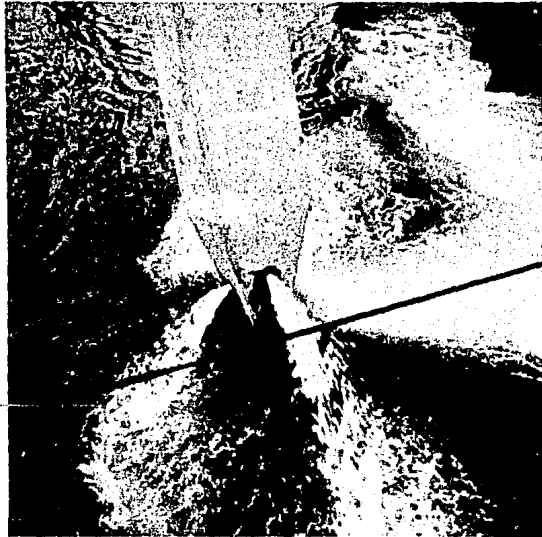
río, se crearía un momento de volteo muy difícil de controlar.

Un vez que el pilote era hizado y puesto -- vertical se lo daba a la piloteadora que lo acomodaba dentro de la torre.

- c) Hincado. - Una vez colocado el pilote dentro de la torre se procedió a probar el chiflón y acentrar el pilote. El centro se daba por medio de dos tránsitos colocados en tierra y la inclinación por medio del cuadrante de la misma torre. ( $14^{\circ}$ ).

Se soltaba el pilote con el chiflón trabajando a toda su capacidad y sin golpearlo, éste empezaba a penetrar hasta una profundidad de --





10.00 m. del nivel del fondo. A continuación - empezaba el martillo a funcionar, no dejando de hacerlo el chiflón y los próximos 10.00 m. se hincarían con martillo. Según el lugar y la -- profundidad, el número de golpes necesarios -- para penetrar un metro variaba, pero podemos tomar los siguientes valores como representativos:

10 - 11 m.	8 golpes.
11 - 12 m.	Chiflón.
12 - 13 m.	8 golpes.
13 - 14 m.	24 golpes.
14 - 15 m.	23 golpes.
15 - 16 m.	36 golpes.
16 - 17 m.	65 golpes.
17 - 18 m.	80 golpes.
18 - 19 m.	72 golpes.
19 - 20 m.	73 golpes.
20 - 21 m.	75 golpes.

21 - 22 m.

hasta el robote.

La profundidad de penetración con el chiflón va riaba mucho, algunas veces llegaba hasta los - 13.00 m. sin tener que haberlo golpeado, esto se debía a las características del estrato por - el cual fuera pasando, al impulso inicial que lo- grara desarrollar, pues algunas veces había -- que pararlo porque no se podían quitar las guías de la torre con la suficiente rapidez y peligraba la manguera del chiflón, otras veces se des- viaba un poco de su centro y se recargaba con- tra la torre provocándose mucha fricción al pa- so, pero nunca se tuvo menos de 10.00 m. de - penetración.

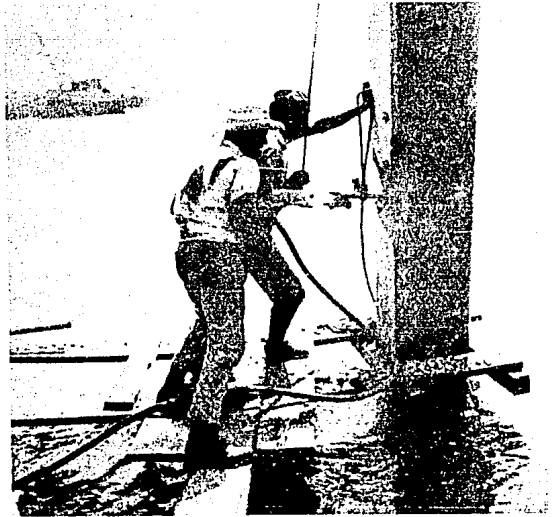
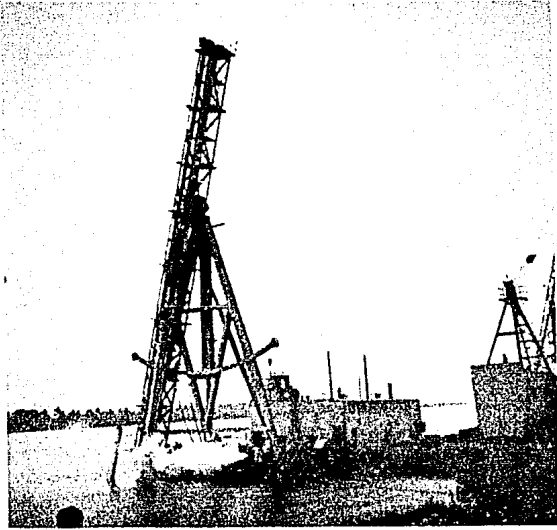
Conforme se iban de jando pilotes hincados - se iban estorbando las maniobras de los chala- nes, los pilotes estorbaban a los cables que -- amarraban al chalán, la grúa no podía llegar -- con facilidad a la piloteadora, por lo que ésta - tenía que salirse y montar el pilote para poder- se acercar y centrarlo pues los pilotes estaban distanciados 2.00 m. unos de otros.

En esta forma se llegaron a dejar hincados hasta seis pilotes en un turno de doce horas lo- que representa una cifra record para pilotes de este tipo.

El martillo con que se trabajó era marca - "McKiernan Terry" tipo S-8 de acción simple, - accionado con vapor capaz de desarrollar una - energía de 26,000.00 ft-lb. por golpe.

#### 5.8. DESCABEZADO DE PILOTES. -

Este proceso era importante y urgente pues había -



que descubrir las varillas de los pilotes que irían ancladas a la plataforma y a los caballetes para que estorbaran lo menos posible a los cables de las anclas de la piloteadora. Para ello se dispuso de dos turnos de doce horas de trabajo cada uno con cuatro perforistas. Se usaron pistolas marca T'EX-40 operadas por un compresor "Atlas Copco" modelo VT-4 de una capacidad de 4.8 m<sup>3</sup>/min. Un perforista era capaz de demoler 1.50 m. lineal de pilote en el turno y no se esperó aumentar este rendimiento pues el trabajo era agotador.

Para que se pudiera empezar a demoler había que preparar los andamios sobre los cuales se iba a trabajar y para ello se disponía de dos cuadrillas de cinco peones que al terminar y comenzar las labores los dejaban preparados, esto en realidad era sencillo y no tomaba mucho tiempo, en medio hora se dejaba preparado un pilote.

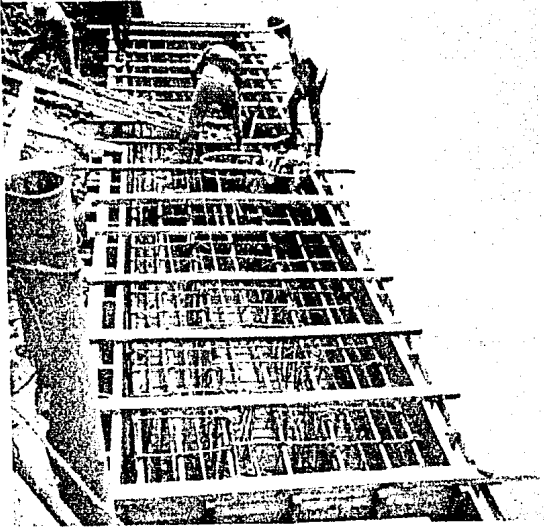
Una vez descubiertas las varillas en su 1.50 m. de longitud se procedía a cortar la parte sobrante del pilote que se tiraba al río, procurando que siempre quedara fondeada en medio del muelle de tal forma que no estorbara cuando se dragara.

#### 5.9. COLADO DE CABALLETES. -

Una vez que estuvieron hincados los pilotes del primer caballete, esto fué antes de que se terminaran de hincar todos los pilotes del muelle, se procedió a preparar el colado del mismo. Los tres se efectuaron en forma similar por lo que nos limitaremos a ver en detalle uno, para ello lo dividiremos en tres etapas:

- a) Cimbrado.
- b) Armado.
- c) Colado.

- a) Cimbrado. - Esta etapa es la más lenta de todas, hay que formar una estructura que apoyada en los pilotes pueda soportar el peso del ca



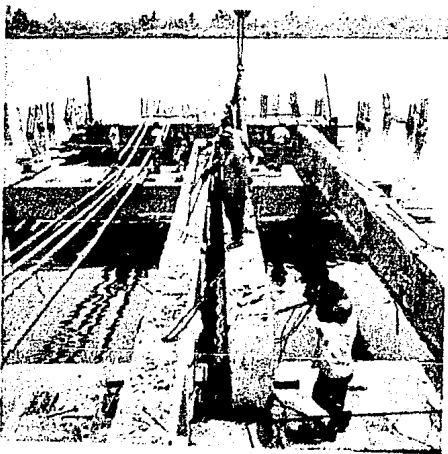
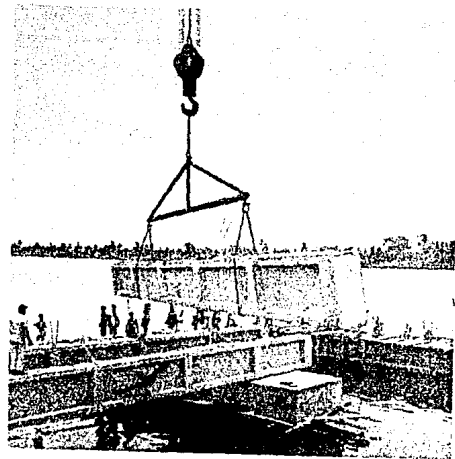
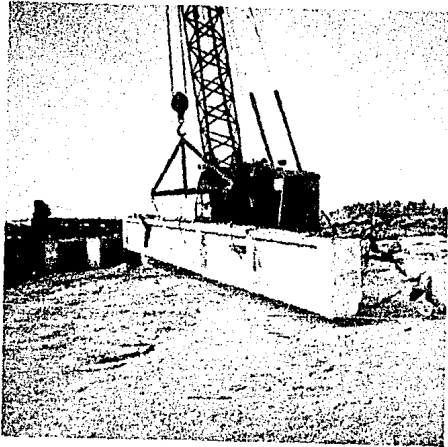
ballete sin sufrir deformaciones apreciables. - Sobre esta estructura se coloca el fondo del caballete. La estructura debe ser construída de tal forma que, una vez fraguado el concreto, se pueda retirar y dejar el fondo limpio.

- b) Armado. - Se habilitó todo el fierro en tierra y una vez cimbrado el fondo del caballete se procedió a su colocación, teniendo antes cuidado -- de haber doblado las varillas de los pilotes para anclarlas al caballete.
- c) Colado. - La resistencia a la ruptura de este concreto fué el mismo que el de los pilotes; --  $f'_c = 250 \text{ Kg/cm}^2$ ., por lo que se usó el mismo proporcionamiento. Antes de proceder al colado y ya totalmente armado se cimbró los -- costados y se sujetaron perfectamente para evitar deformaciones. Se tuvo que checar constantemente durante todo el colado el nivel de la cimbra para advertir cualquier asentamiento, - mismos que no se presentaron.

#### 5.10. COLOCACION DE TRABES PRECOLADAS. -

Las traves precoladas se colocaron con la misma grúa montada sobre el chalán que levantó los pilotes. Para que ésto fueron posible fué necesario que se movieran desde el lugar en que fueron fabricados hasta donde la grúa las pudiera alcanzar. Para esta maniobra se usó una grúa de 1 1/2 yd. cúbica, que usando las perforaciones hechas con anterioridad, estrobó las traves y las colocó en la margen, de donde las tomó la grúa montada en el chalán y las colocó sobre los caballetes, como se tenían perfectamente identificadas para saber en qué posición irían, no hubo más que procurar que -- quedaran en su lugar, lo más centradas que se pudieran.

Como no era posible que quedaran perfectamente en





su sitio fué necesario después con un tripié y un diferencial -- darles la colocación pedida en el proyecto, ya en este caso lo que fué necesario moverlas fué cuestiones de centímetros.

Posteriormente se procedió a colar los diafragmas con lo que ya quedaron las traves perfectamente fijas.

#### 5.11. COLADO DE PUENTE DE ACCESO Y PUENTE DE TUBERIAS. -

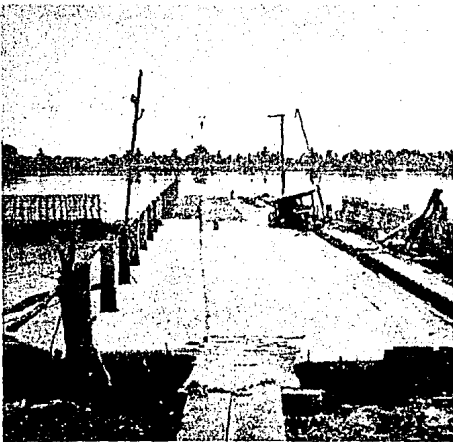
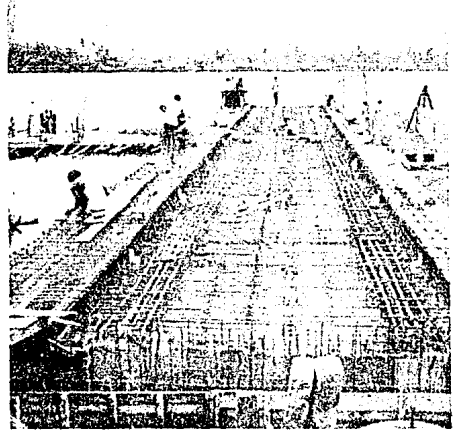
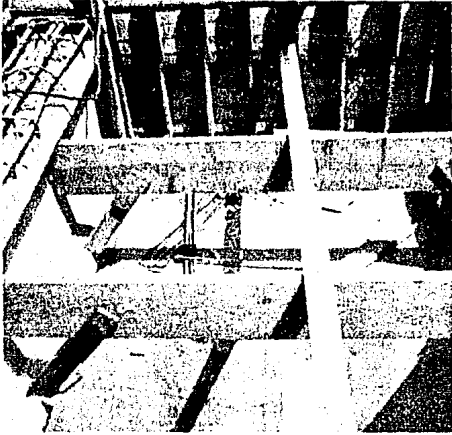
Ya con las traves en su lugar se procedió a cimbrar el puente de acceso. Para ello nos apoyamos en las traves -- precoladas. Este proceso no tuvo problemas, se dejaron los postes del parapeto y los drenes preparados. Con la cimbra terminada se armó la losa y se coló, cuidando sus pendientes y el bombeo a mitad de la calzada.

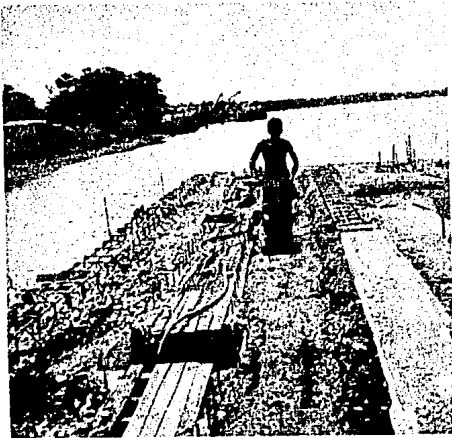
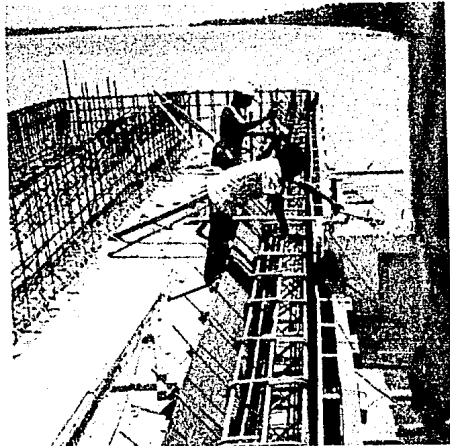
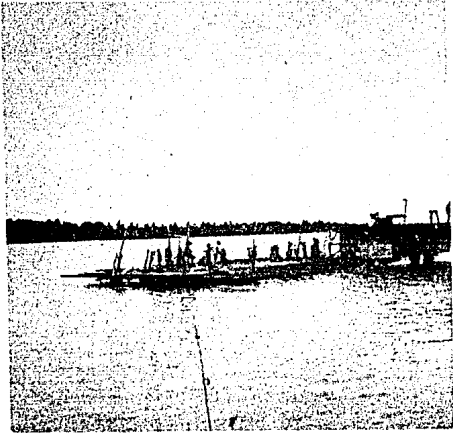
Aquí entramos en una etapa de la obra en que fué -- necesario acelerar la construcción para lo cual se preparó un programa con Ruta Crítica para asegurar que en 20 días se -- tendría acabada la obra negra del muelle y nos quedarían solamente los detalles, o sea, que con fecha del primero de Julio empezaba a contar el tiempo hasta el veinte del mismo mes, -- en la cual contaríamos desde la fecha de iniciación con ocho -- meses de trabajo. Como hay varios conceptos de los cuales -- no hemos hablado se dejará para el final de este capítulo el -- diagrama de la Ruta Crítica, pero tendremos en cuenta que -- fué con este concepto que se inició el programa.

#### 5.12. COLADO DE PLATAFORMA DE ATRAQUE. -

La plataforma de atraque se coló en tres partes, -- pués así lo requería el proyecto. Primero la losa de abajo -- de 60.00 cm. de peralte, después los muros exteriores e interior y por último la losa superior de 30 cm. El espacio entre la losa superior y la inferior fué rellena con grava y -- arena compactada con un vibrocompactador manual de gasolina.

La losa superior fué la más laboriosa, y la más --





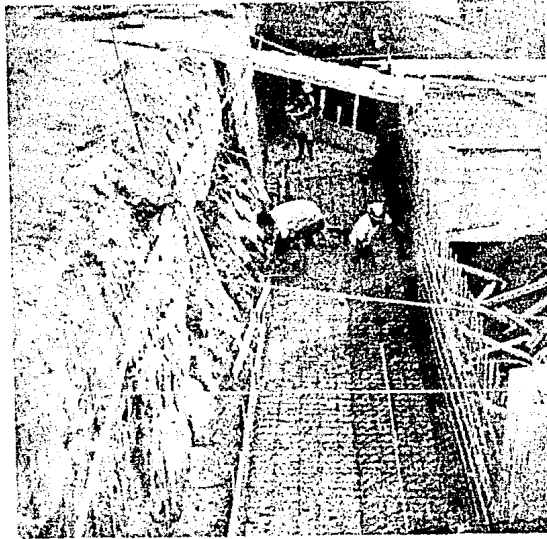
lenta en su habilitación, pues en ella se encontraban todas las preparaciones para las instalaciones que irían en el muelle como; trinchera para tubería contra incendio, tubería de la instalación eléctrica, anclas para las garzas, anclas de columnas de caseta de control, anclas de torre contra incendio, etc.



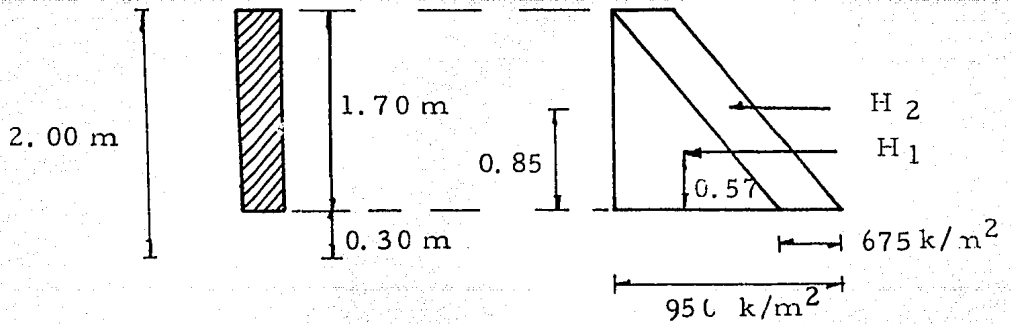
### 5.13. MURO DE APROCHE. -

Fué un muro de contención que se construyó a la entrada del muelle para proporcionarle estabilidad a toda esta área, evitando así algún posible asentamiento producto de la socavación del río en épocas de creciente.

La necesidad de esta obra se vió en el campo, pues no venía en el proyecto original. Se propuso a Petróleos Mexicanos con base a las razones anteriormente expuestas y se construyó bajo los siguientes cálculos:



Datos. -



Altura total  $h = 2.00 \text{ m}$ .

Peso volumétrico del material  $w = 1,700 \text{ Kg/m}^3$ .

Sobre carga =  $2,000 \text{ Kg/m}^2$ .

Supongamos 30 cm. de base (Mínimo por Especificación).

$$H = 2.00 - 0.30 = 1.70 \text{ m}.$$

Presiones.-

$$\text{Sobre carga equivalente } \frac{2,000 \text{ Kg/m}^2}{1,700 \text{ Kg/m}^3} = 1.20 \text{ m.}$$

$$\text{Peso volumétrico equivalente } w_f = K_A \times w$$

$$w_f = 0.33 \times 1,700 = 560 \text{ Kg/m}^3.$$

$$\text{Presión de sobre carga; } 1.20 \times 560 = 675 \text{ Kg/m}^2.$$

$$\text{Presión de la Base; } 1.70 \times 560 = 950 \text{ Kg/m}^2.$$

Empujes.-

$$H_2 = 675 \times 1.00 \times 1.70 = 1150.00 \text{ Kg.}$$

$$H_1 = 950 \times 1.00 \times 1.70 \times 0.5 = 810.00 \text{ Kg.}$$

Diseño de la Pared.-

$$M = 1,150 \times 0.85 + 810 \times 0.57 = 1,442 \text{ K-m/m.}$$

$$R = 16.45 ; \text{ para } f'_c = 210 \text{ K/cm}^2. \text{ y } f_s = 1400 \text{ K/cm}^2.$$

$$M = R b d^2 ; \text{ para un metro de pared } b = 100 \text{ cm.}$$

$$d = (M/Rb)^{-\frac{1}{2}} ; d = \sqrt{\frac{144200}{16.45 \times 100}} = 9.4 \text{ cm.}$$

$$t = 9.4 + 5.0 \text{ (recubrimiento)} + 0.6 \text{ (usando } 1/2'' \phi)$$

$$t = 15 \text{ cm.}$$

$$A_s = M/f_s j d ; A_s = \frac{14,200 \text{ K-cm.}}{1400 \times 0.866 \times 9.4} = 12.7 \text{ cm}^2/\text{m.}$$

$$A_s = 1/2'' \phi \text{ a cada } 10 \text{ cm.}$$

$$\text{Max. } V = 1150 + 810 = 1960 \text{ Kg.}$$

$$\text{Esfuerzo cortante unitario ; } v = \frac{V}{b j d}$$

$$v = \frac{1960}{100 \times 0.866 \times 94} = 2.42 \text{ K/cm}^2.$$

$$0.03 f'_c = 0.03 \times 210 = 6.3 \text{ Kg/cm}^2.$$

$$v < 0.03 f'_c \quad \text{Bien.}$$

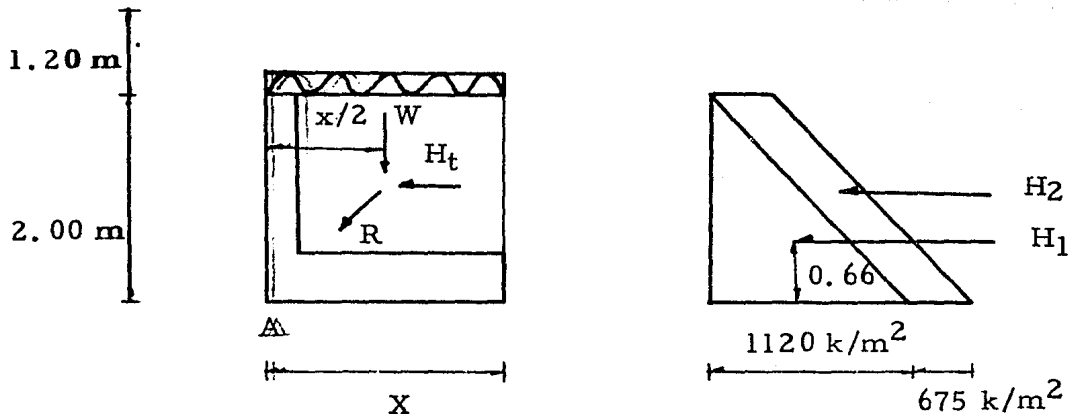
$$u = \frac{V}{\sum o_j d} \quad ; \quad u = \frac{1960}{10 \times 12 \times 3.14 \times 0.866 \times 9.4} =$$

$$u = 6.4 \text{ Kg/cm}^2.$$

$$0.10 f'_c = 0.10 \times 210 = 21.0 \text{ Kg/cm}^2.$$

$$u \ll 0.10 f'_c \quad \text{Bien.}$$

**Determinación de las dimensiones de la Base.-**



**Presiones.-**

$$\text{Presión de la Sobre-carga} = 1.20 \times 560 = 675 \text{ K/m}^2.$$

$$\text{Presión de la base} = 560 \times 2.00 = 1120 \text{ K/m}^2.$$

**Empujes.-**

$$H_2 = 675 \times 2.00 = 1350 \text{ Kg.}$$

$$H_1 = 1120 \times 2.00 \times 0.5 = 1120 \text{ Kg.}$$

$$W = (3.20) (1700) (X) = 5450 (X) \text{ Kg.}$$

$$M_A = 0.66 (1120) + 2.00 (1350) - 5450 (X^2/2) =$$

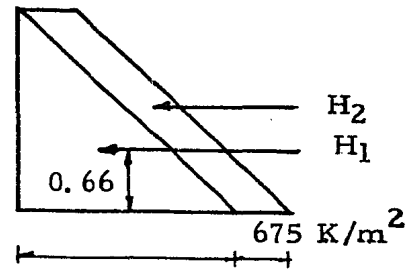
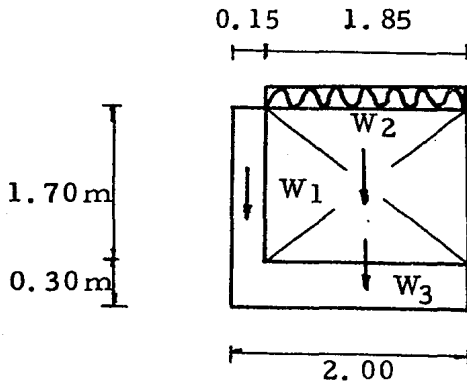
$$M_A = 2700 + 740 - 2725 (X^2)$$

$$X = 1.12 \text{ m.}$$

La longitud mínima de la base será;  $1.12 \times 1.5 = 1.7 \text{ m.}$

Tomaremos 2.00 m.

Reacción del Terreno. -



	<u>Brazo</u>	<u>Momento</u>
$W_1 = 0.15 \times 170 \times 2500 = 640$	0.07	44.6 K-m
$W_2 = 1700 \times 1.70 \times 1.85 = 5350$	1.08	5780.0 K-m
$W_3 = 0.3 \times 2.00 \times 2500 = \frac{1500}{\Sigma W = 7490}$	1.00	$\frac{1500.0}{7324.6}$ K-m
$H_1 = 560 \times 2.00 \times 0.5 = 1120$	0.66	-740.0 K-m



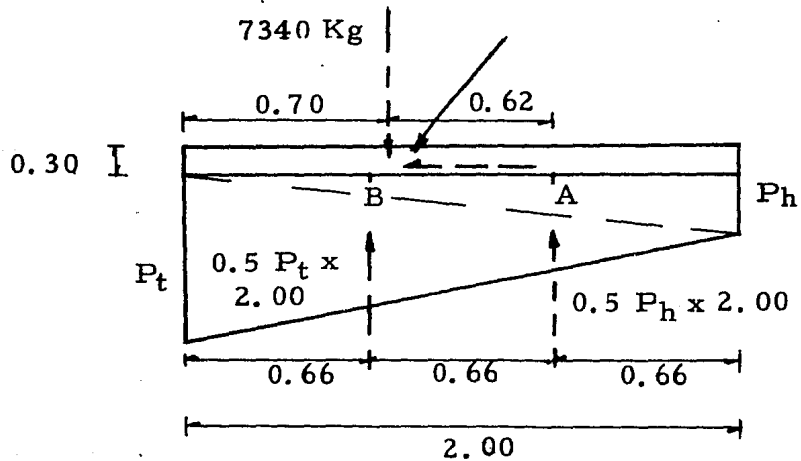
$$H_2 = 675 \times 2.00 = \frac{1350}{\Sigma H} \quad 1.00 \quad \frac{-1350.0}{-2090.0} \text{ K-m}$$

$$7324.6 - 2090.0 = 5234.6 \text{ K0m.}$$

$$X_R = \frac{5234.6}{7490.0} = 0.70 \text{ m. (a la derecha de "A").}$$

$$\text{El coef. de fricción requerido ; } \frac{\Sigma H}{\Sigma W} = \frac{2470}{7490} = 0.3$$

$$\text{Coef. de seguridad ; } u = 0.3 \times 1.5 = 0.45$$



$$M_A ; 0.5 p_t \times 2.00 \times 0.66 - 7340 \times 0.62 = 0$$

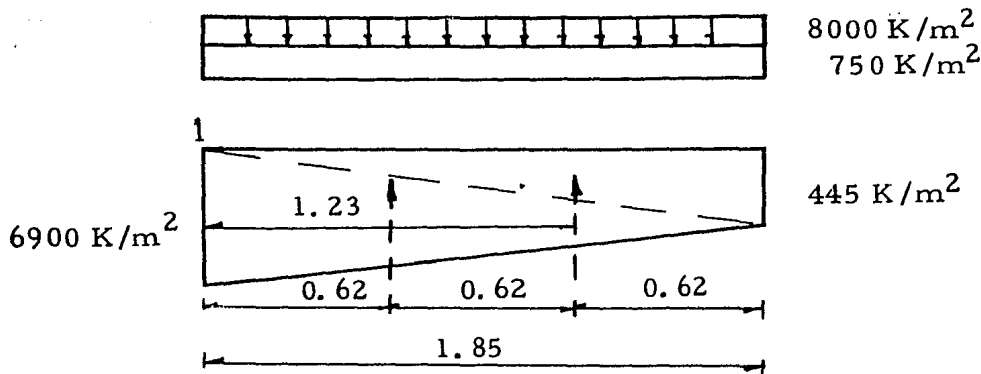
$$P_t = \frac{7340 \times 0.62}{0.5 \times 2.00 \times 0.66} = 6900 \text{ K/m}^2.$$

$$M_B ; 0.5 p_h \times 2.00 \times 0.66 - 7340 \times 0.04 = 0$$

$$P_h = \frac{7340 \times 0.04}{0.5 \times 2.00 \times 0.66} = 445 \text{ K/m}^2.$$

Diseño del Talón. -

8000 K/m<sup>2</sup>.  
750 K/m<sup>2</sup>.



Carga total;

$$M_1 = -8750 \times \frac{(1.85)^2}{2} + 0.5 \times 445 \times 1.85 \times 1.23 + 0.5 \times 6900 \times 1.85 = -10,530 \text{ K-m.}$$

$$V_1 = 8750 (1.85) - 0.5 (445 - 6900) (1.85) = 9400 \text{ Kg.}$$

Despreciando la reacción del terreno;

$$M_2 = -15,000 \text{ K-m} \quad V_2 = 16,200 \text{ Kg.}$$

$$M_2(2/3) = -10,000 \text{ K-m} < M_1 \quad V_2(2/3) = 10,800 \text{ K} > V_1$$

$\therefore M_1$  RIGE.

$\therefore V_2$  RIGE.

$$M = -10,530 \text{ K-m} \quad V = 10,800 \text{ Kg.}$$

$$d = (M/Rb)^{\frac{1}{2}} ; \quad d = \sqrt{\frac{10,530}{1645 \times 1.00}} = 25 \text{ cm.}$$

$$t = d + \text{recubrimiento} + \frac{D}{2} = 25 + 5 + 0.9 =$$

$$t = 31.0 \text{ (para } 3/4'' \phi \text{).}$$

Supucimos  $t = 30 \text{ cm.}$ , la diferencia es pequeña la deja remos así.

$$v = \frac{V}{b j d} ; \quad v = \frac{10,800}{100 \times 0.866 \times 31} = 4.1 \text{ K/cm}^2.$$

$$0.03 f'_c = 0.03 \times 210 = 6.3 \text{ K/cm}^2. \quad v < 0.03 f'_c$$

Usaremos:  $t = 30 \text{ cm.}$  ;  $d = 30 \text{ cm.}$  para  $D=3/4''\phi$

$$A_s = \frac{M}{f_s j d} ; A_s = \frac{10,530}{1400 \times 0.866 \times 25} = 34 \text{ cm}^2.$$

$$A_s = 3/4'' \phi \text{ a cada } 8.5 \text{ cm.}$$

$$\Sigma_o = 12.5 \times 3.14 \times 1.91 = 75.0 \text{ cm.}$$

$$u = \frac{V}{\Sigma_o j d} ; u = \frac{10,800}{75 (7/8) (25)} = 6.6 \text{ K/cm}^2.$$

$$0.10 f'_c = 0.10 \times 210 = 21 \text{ K/cm}^2. \quad u < 0.10 f'_c$$

Armado Longitudinal. -

Según ACI (Art. 1111 h) : El área de refuerzo horizontal en muros de concreto armado no deberá ser menor de 0.0025, y el área de refuerzo vertical no deberá ser menor que 0.0015 veces el área de la sección del muro reforzado.

$$b = 100 \text{ cm.}$$

$$t = 15 \text{ cm (pared)}$$

$$t = 30 \text{ cm. (talón).}$$

$$0.0025 bt \text{ (horizontal)}$$

$$0.0015 bt \text{ (vertical).}$$

$$3.75 \text{ cm}^2. \text{ (pared).}$$

$$2.25 \text{ cm}^2. \text{ (pared).}$$

$$7.50 \text{ cm}^2. \text{ (talón).}$$

$$4.50 \text{ cm}^2. \text{ (talón).}$$

Pared: Superficie expuesta, sentido horizontal;

$$\text{varillas } 5/8'' \phi \text{ a cada } 40 \text{ cm.} = 4.9 \text{ cm}^2. / \text{m.}$$

Superficie expuesta, sentido vertical:

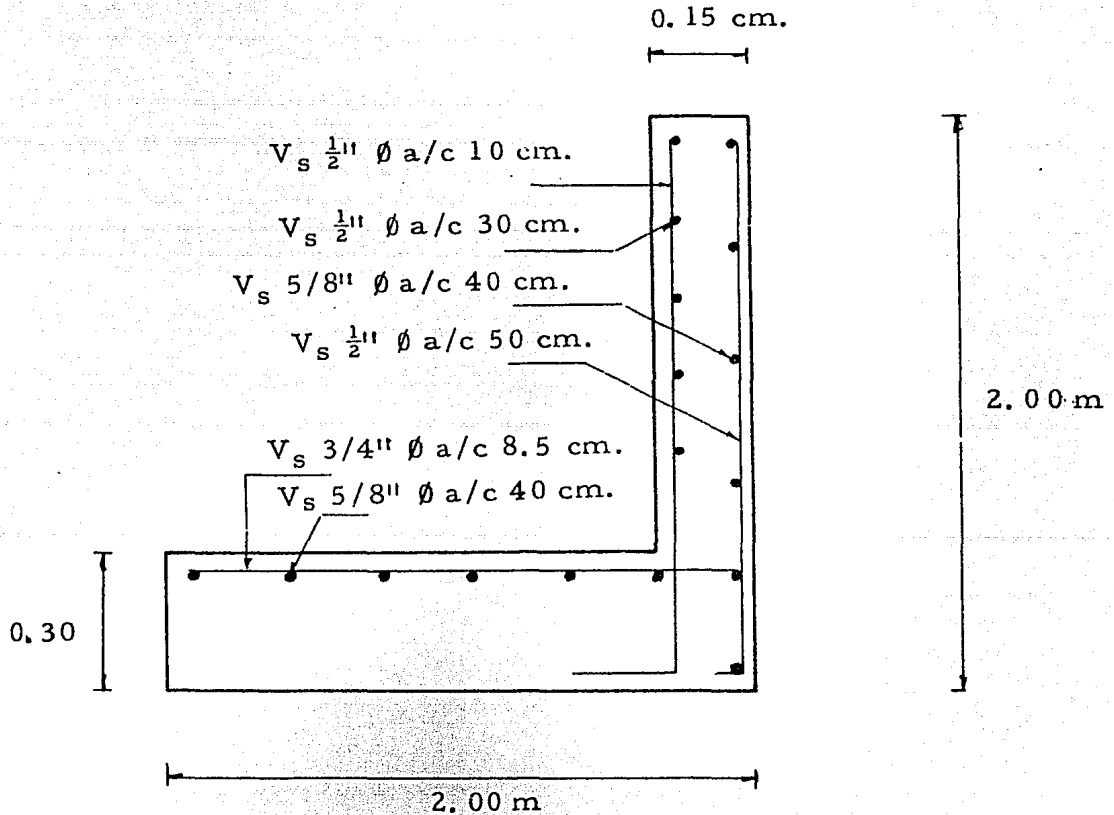
varillas  $1/2'' \phi$  a cada 50 cm. =  $2.5 \text{ cm}^2./\text{m}$ .

Superficie posterior, sentido horizontal;

varillas  $1/2'' \phi$  a cada 50 cm. =  $4.2 \text{ cm}^2./\text{m}$ .

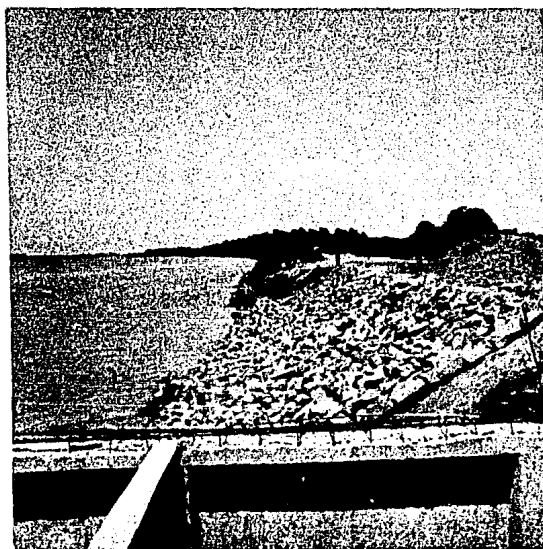
Talón: Separadores longitudinal (barras altas)

varillas  $5/8'' \phi$  a cada 40 cm. =  $4.9 \text{ cm}^2./\text{m}$ .



#### 5.14. PEDRAPLEN.-

En ambos lados del muelle y sobre aquella área -- que fué dragada se construyó un escarpio con piedra braza -- de aproximadamente 50 Kg. Por debajo del muelle, en la -- zona del primer caballete, también se colocó piedra. Todo esto fué para protección de la margen. El material fué co--

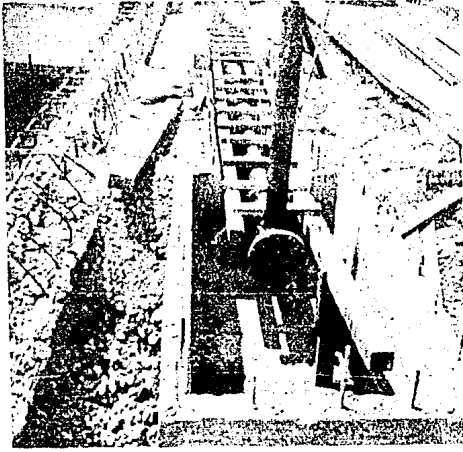


locado con hombres, sostenido por su propio peso, es decir, - sin ningún cementante, y acuñadas unas con otras.

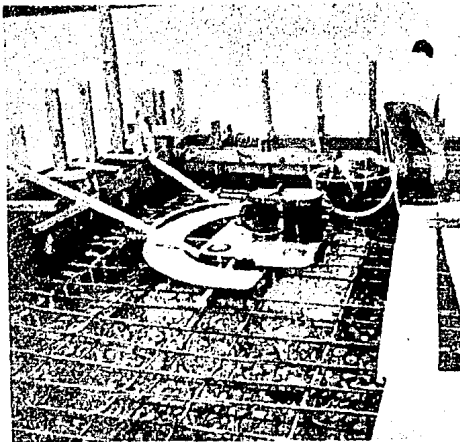
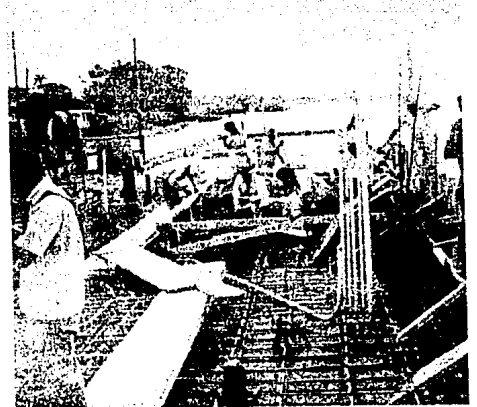
#### 5.15. CASETA DE CONTROL E INSTALACIONES. -

La preparación de todos estos detalles fué lo que -- más nos demoró el colado de la losa superior de la platafor-- ma. Teníamos que dejar:

- 2 dados para las garzas.
- 4 dados para los arbotantes.
- 2 dados para los ganchos de anclaje del barco.
- 2 dados para los postes de señalamiento.
- 6 dados para la estructura de la tubería.
- 2 dados para las torres contra incendio.
- 6 tubos de aluminio para la instalación eléctrica.
- El anclaje de 4 columnas para la caseta.
- El drenaje del baño de la caseta.
- Un tubo galvanizado para la escalera.



TUBERIA PARA EL  
SISTEMA CONTRA  
INCENDIO.



GANCHO PARA EL ANCLAJE  
DEL BARCO.

Los dados llevaban anclas que tenían que quedar perfectamente colocados para no tener problemas posteriores en la colocación de las placas.

#### 5.16. MUERTOS DE ANCLAJE. -

Los muertos de anclaje fueron unos cajones de concreto, rellenos de grava, en los que se anclaron los ganchos que servían para amarrar al barco a tierra.

Se hicieron cuatro muertos; dos frente al muelle -- a 50 m. de cada lado de su eje y otros dos a 200 m. Los primeros fueron para colocar ganchos dobles y los segundos para ganchos sencillos. Todos eran iguales en cuanto a tamaño y especificaciones, de 6.00 m por 4.00 m. por 4.00 m. de profundidad.

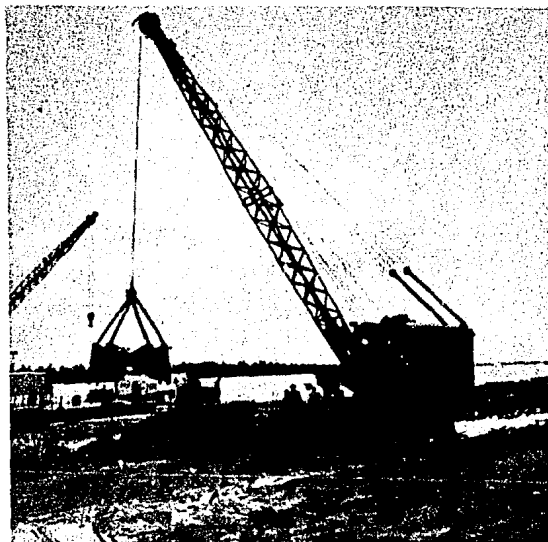
La excavación fué lo que presentó mayores problemas, pues con la profundidad de 4.00 m. siempre quedábamos abajo del nivel del agua del río, la cual brotaba constantemente y en cantidades considerables, por lo que había que bombear continuamente.

Se efectuaba la excavación necesaria y una vez terminada se metía todo el armado completo con una grúa y por medio de una estructura se detenía para evitar que se hundiera en el fango y para poderla centrar. Posteriormente se cimbraban los muros exteriores, dejando el muro central para después, se dejaba una cama de grava y se vertía el concreto.

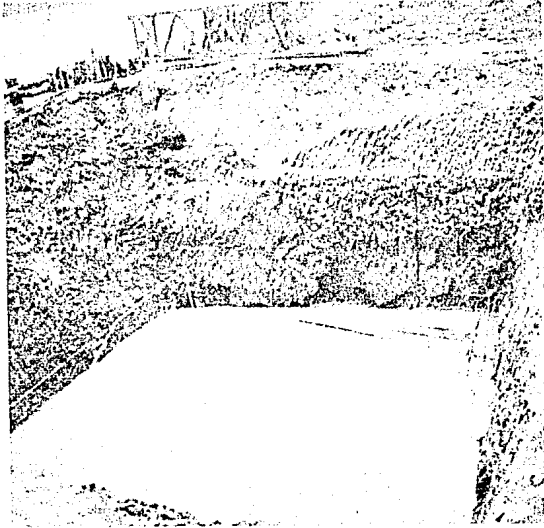
Se colaba primero el fondo y los muros hasta la mitad de su altura continuándose inmediatamente con la otra mitad. Esto se hacía para evitar que el peso deformara el fierro y tuviéramos acentamientos mayores de un lado que de otro.

Terminado el colado exterior se colaba la parte central, dejando las anclas de los ganchos ahogadas.

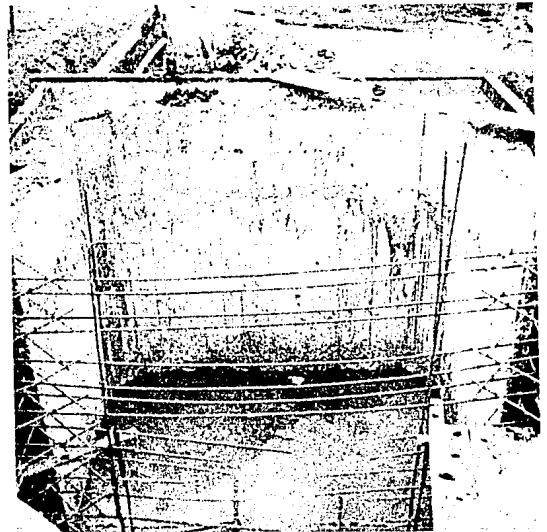
Posteriormente se rellenaba con arena y grava por capas de 30 cm. que se compactaban con un compactador de gasolina, (bailarina). Una vez lleno se colocaba el gancho y se colaba la losa superior.



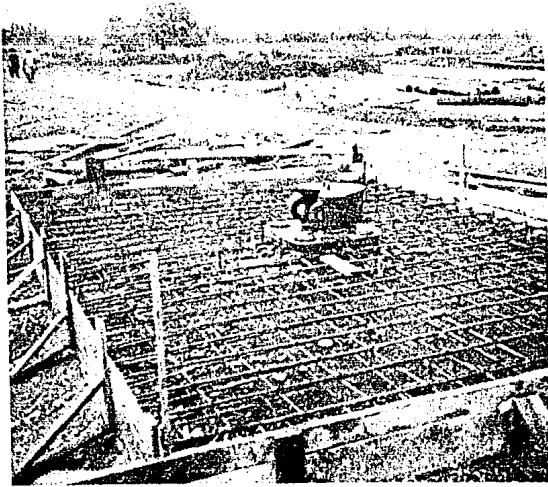




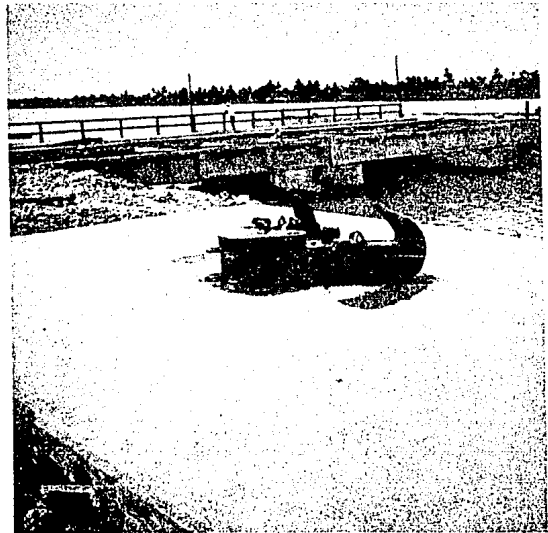
EXCAVACION PARA  
MUERTO.



MURO DE MUERTO  
COLADO.



MUERTO LISTO PA-  
RA COLARLE LA LO-  
SA SUPERIOR.



MUERTO TERMINADO  
CON GANCHO DOBLE.

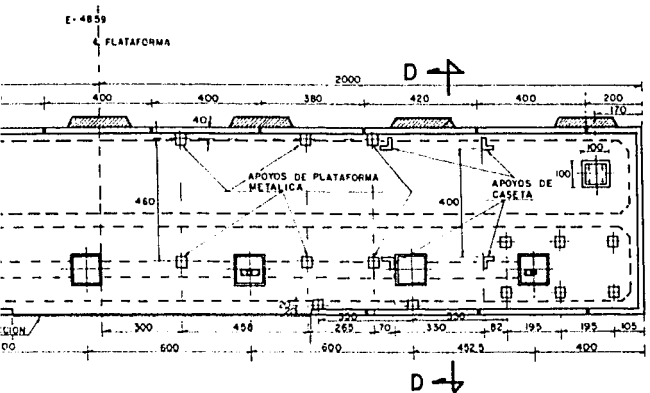




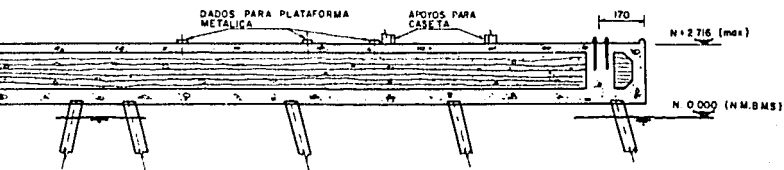




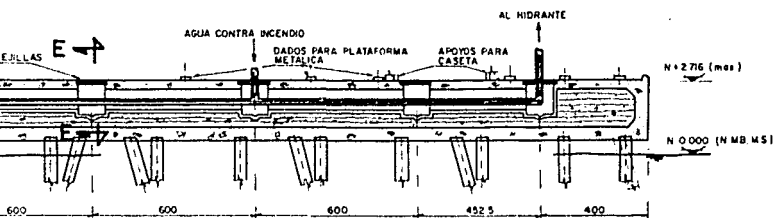




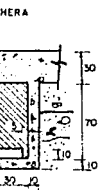
FORMA DE ATRAQUE  
PLANTA



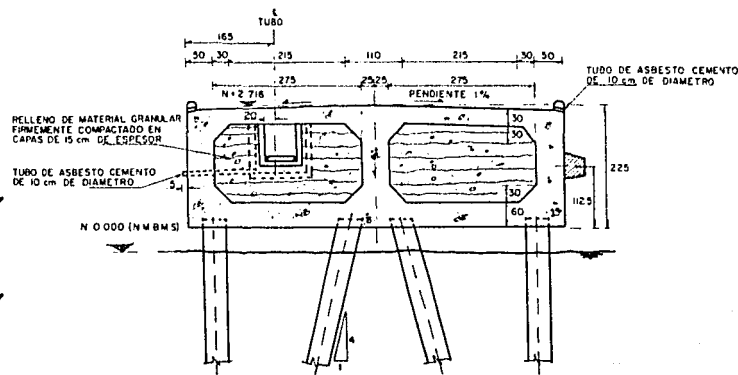
CORTE B-B



CORTE C-C



CORTE F-F



CORTE D-D



NOTAS GENERALES:

- 1- Anotaciones en cm, excepto donde se indique otra unidad.
- 2- Niveles en m. El nivel de referencia: Elev.+0.000 corresponde al nivel de marea baja media de siclog (N.M.B.M.S.).
- 3- Salvo anotaciones encontrarias, todas las aristas se remataran en chafán o basal de 25 cm.
- 4- Coordenadas en m.

MUELLE DE ETILENO  
COBOS, VER.  
PLATAFORMA DE ATRAQUE  
DIMENSIONES Y DETALLES.



# 6

## Observaciones particulares

El hecho de que en la presente obra se aplicaran -- procedimientos y técnicas nuevas, nos permite palpar la in-- quietud de los Ingenieros en México de estar al día con los -- avances técnicos modernos.

La escasez de recursos en el país, propio de una na-- ción en proceso de desarrollo, exige un aprovechamiento ópti-- mo de los mismos, razón por la cual muchas veces no es posi-- ble llevar toda la teoría a la práctica, pero con este esfuerzo común podemos ser partícipes día con día de nuevos éxitos.

Contamos así con una nueva técnica en obras portua-- rias, que nos permitirá hacer una mejor selección en el futu-- ro y de cuya decisión saldrá un mayor beneficio colectivo.

## BIBLIOGRAFIA

- Teoría Elemental del Concreto Reforzado.  
Phil M. Ferguson.
- Mecánica del Suelo.  
Tschebotarioff.
- Métodos, Planeamiento y Equipos de Construcción.  
R. L. Peurifoy.
- Tratado de Construcción.  
Ing. Antonio Miguel Saad.
- Un Método para el Cálculo de Estructuras Reticulares.  
Ing. Heberto Castillo Martínez.
- Determinación de la Ruta Crítica.  
R. L. Martino.