

119  
2ej.



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

**"PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DE LA TORRE DE  
ENFRIAMIENTO CT-104 EN LA REFINERIA DE PETROLEOS  
MEXICANOS EN EL COMPLEJO PETROQUIMICO  
MORELOS"**

**T E S I S :**  
**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE**  
**INGENIERO CIVIL**  
**PRESENTA :**  
**Javier Mauricio Ortíz Aguilar**



## **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 está 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.

## I N D I C E

### CAPITULO I

GENERALIDADES ..... 1

### CAPITULO II

EL COMPLEJO PETROQUIMICO "MORELOS" ..... 9

### CAPITULO III

DESCRIPCION Y FUNCION DE LA TORRE DE ENFRIAMIENTO ... 21

### CAPITULO IV

PROCEDIMIENTO DE CONSTRUCCION ..... 25

### CAPITULO V

ANALISIS DE COSTOS ..... 56

### CAPITULO VI

CONCLUSIONES ..... 84

B I B L I O G R A F I A ..... 87

**CAPITULO I**  
**GENERALIDADES**

## GENERALIDADES

La industria del petróleo consiste básicamente en - la extracción de los hidrocarburos, es decir, el producto crudo del petróleo o gas natural, su transporte hasta las refinerías, proceso, y finalmente la distribución de los productos obtenidos hasta las Zonas de consumo.

Petróleos Mexicanos (PEMEX) inició un planteamiento integral de sus refinerías e instalaciones a partir de - la expropiación petrolera, aprovechando la existente y - localizando nuevos yacimientos. En la actualidad, la República Mexicana se divide en tres grandes Zonas con sus Distritos, como siguen:

## A. ZONA NORTE

A.1) DISTRITO NOROESTE. Comprende los Campos: Brasil, 18 de Marzo, Reynosa, y otros.

A.2) DISTRITO NORTE. Comprende los Campos: Pánuco, - Chapalao, Ebano, Constituciones, etc.

A.3) DISTRITO SUR. Comprende los Campos: Haranjos, Cerro Azul, Tres Hermanos, etc.

## B. ZONA CENTRO

B.1) DISTRITO POZA RICA. Comprende los Campos: Faja - de Oro, Nueva Faja de Oro, Poza Rica, etc.

B.2) DISTRITO DE VERACRUZ. Comprende los Campos: La - angostura, Casa Blanca, Tres Higueras, etc.

Con sus respectivas Refinerías en Azcapozalco, - D. F., Poza Rica, Veracruz y Salamanca, Gto.

## C. ZONA SUR

Es la región comprendida por el sur del Edo. de Veracruz, parte del de Oaxaca; los de Tabasco, Chiapas, Yucatán, Quintana Roo y el de Campeche, que recientemente y con importante resonancia nacional y aún mundial, Petróleos Mexicanos ha empezado a explotar.

Esta zona se integra con los distritos de explotación: Agua Dulce, Comalcalco, El Plan, Nanchital y Cd Pemex; la refinería "General Lázaro Cárdenas" en Minatitlán, Ver; los complejos petroquímicos de Cosoleacaque y Pajaritos; las plantas de tratamiento de gas natural de Cd. Pemex y La Venta; las terminales marítimas de Nanchital, Pajaritos, Salina Cruz, La Unidad Petroquímica de Cactus, Chis., el complejo petroquímico "La Cangrejera" y actualmente el complejo petroquímico "Morelos" Ver.

Actualmente, la principal zona de explotación está localizada en el Distrito Comalcalco, localizado en el extremo oriente de la cuenca Salina del Itame, dentro de los estados de Tabasco y Chiapas, en su mayor parte enclavado en la región denominada "La Chontalpa", abarcando parte de las regiones del centro y de la Sierra. Sus límites geográficos convencionales son: al norte, la plataforma marina del golfo de México; al sur las estribaciones de la Sierra de Chiapas; al este, el río Grijalva, hasta su desembocadura en la barra de frontera y al oeste, una línea imaginaria Norte - Sur, — que pasa por el Km. 37 del oleoducto Cárdenas - La Venta.

En este Distrito, se aprecian básicamente 3 regiones, siendo la primera, la correspondiente a la Planicie Costera del Golfo, - eminentemente baja y pantanosa; la segunda, a la Planicie Central, inundable en época de lluvias y la tercera, a las partes altas e - montañosas del frente de la Sierra, dentro del Estado de Chiapas.

En esta última región, en base a estudios de Geología y Geofísica, se perforaron varias localizaciones que llevaron como objetivo las arenas del Mioceno, obteniéndose producción desde el - año de 1960, con el Pozo Samabia No. 2; posteriores estudios, permitieron que se delimitaran horizontes Cretácicos, a una profundidad del orden de 4,000 m.

Primeramente, se perforaron los Pozos exploratorios Sitio -- Grande NO. 1 y Sabancún No. 1; y posteriormente, Samabia No. 1 y Cactus No. 1; los dos primeros, terminados en Mayo de 1972 y los últimos, en Mayo de 1973; posteriormente, Cunducán No. 1 e Iride No. 108; todos ellos, productores de aceite y gas.

Es muy importante mencionar que de 14 Pozos productores de - las arenas del Mioceno, en el Campo de Samabia se obtienen 1,100 barriles por día, en tanto que del Cretácico, con 13 pozos, se obtienen 80,600 barriles por día de aceite.

Los Yacimientos del Cretácico, con posibilidades de producción comercial de hidrocarburos delimitados a la fecha en el área de Reforma, Samabia y Cunducán, pueden ser de 260 Km.

En los Campos Samabia, Cactus, Sitio Grande, Sabancuy, Cunducán, Nispero e Iride, se tuvieron en operación hasta más de 35 equipos de perforación terrestre y 4 barcasas de perforación la custré. De la cantidad anterior, son de nueva adquisición, teniendo cada uno de ellos capacidad para perforar a 6,000 m. de profundidad. Se cuenta actualmente, además, con 6 equipos para terminación de pozos, incluyendo una barcaza.

Hasta 1976, se tenían 58 Pozos, los cuales sobortan un total de 282,000 barriles de aceite por día; ésto es, un promedio de — 4,870 barriles por día y por pozo, distribuidos en la siguiente — forma:

CAMPO	No. POZOS	PRODUCCION (BARRILES/DIA)
Iride	2	6,800
Sanabia	13	80,600
Gunducán	1	12,500
Cactus	18	61,700
Nispero	1	1,200
Sitio Grande	23	114,250

Este volumen equivalía al 42 % de la producción Nacional; asociados al aceite, se producen en la actualidad 466 millones de pies cúbicos por día; ésto, exclusivamente en el Distrito Comalcalco de la Zona.

Esta Zona Sur, hasta 1976, producía diariamente 463,000 barriles de Petróleo crudo, 65,000 barriles líquidos de absorción y crigénicos y 1340 millones de pies cúbicos de gas natural, que referimos a la producción Nacional, representaban el 70 y 65 % respectivamente, con un total de 67 equipos de perforación y 55 de terminación de Pozos.

Con los mantos Petrolíferos descubiertos en los Edo. de Campeche y Quintana Roo, la producción Nacional aumentará al doble, lo que quiere decir que la zona sur representará el 85 % de la producción nacional total. Del crudo producido en los diversos Campos, — una parte se envía a la Refinería "General Lázaro Cárdenas" en Minatitlán, Ver. a través de oleoductos; el resto es conducido a terminales de almacenamiento y distribución en Nanchital y Pajaritos, para cargar buques que lo conducen a la Refinería de Cd. Madero Tamaulipas, para proceso, a la terminal Marítima de Tuxpan Ver, para alma

cenamiento y rebombeo a las refinerías de Azcapotzalco, D.F., y Salamanca, Gto., y para exportación.

El objeto de los complejos petroquímicos es aprovechar al máximo los hidrocarburos; éste es el producto "CRUDO" (Gas, agua y a ceite); llega al complejo mediante una extensa red de tuberías, que parten del pozo de explotación hasta la batería donde, por medio de grandes separadores, se efectúa la primera separación de los componentes del "CRUDO"; el trabajo del separador no es otro que el de aprovechar las propiedades físico-químicas de los componentes, o sea, que el producto se hace rebotar haciendo que el gas vaya a la parte superior, mientras el aceite crudo cae en su fondo. Este se envía a los tanques de almacenamiento, posteriormente, bombearse a la planta de deshidratación, almacén y bombeo de la Venta, Tab. El gas se envía a las plantas separadoras para eliminar el  $\text{CO}_2$  (bióxido de carbono) y sulfúrico (ácido) obteniendo un gas dulce que se envía a la unidad petroquímica de la Venta Tab., al complejo petroquímico pajariños, al complejo petroquímico "La cangrejera", y próximamente, al complejo petroquímico "Morelos", Ver. El ácido sulfúrico eliminado se procesa en la planta recuperadora de azufre y se obtiene el producto en hojuelas, para su venta. En las plantas petroquímicas, mediante procesos, se obtienen de los líquidos de absorción y criogénicos, amoníaco, aromáticos, acetaldehídos, detergentes, dicloruro, etileno, tetraetilo de plomo, polietileno, azufre, fertilizantes, etc., indispensables para la industria y el desarrollo de energéticos.

La descripción hecha en párrafos anteriores, se hizo con la finalidad de resaltar que, para que sufran transformaciones los hidrocarburos, es necesario tener un sistema de enfriamiento de agua utilizada en el proceso y que dicha tarea sale con temperaturas elevadas, por lo que en esta Tesis se toca lo referente a las torres de -

enfriamiento, de las cuales sabemos que se han instalado las sufi -  
cientes para darle al técnico, la experiencia necesaria para lograr  
los mejores procedimientos de construcción, mejores diseños y mejor  
conocimiento de éstas, a través de las ya existentes.

C A P I T U L O   I I

EL COMPLEJO PETROQUIMICO.   "MORELOS"

**EL COMPLEJO PETROQUIMICO. "MORELOS"****INTRODUCCION**

El complejo petroquímico "Morelos" está ubicado en la región - más importante en cuanto a producción de petroquímicos básicos de Pa - tróleos Mexicanos (PEMEX). Tiene como finalidad el mejoramiento de - los recursos no renovables, como son: Los hidrocarburos del petró - leo y específicamente, los gases residuales de las plantas criogénic - cas, localizadas en el sureste del país y que con el procesamiento - de éstos, se dará respuesta a la demanda interna de la industria na - cional en el renglón de petroquímicos básicos.

Junto con los complejos de Cosoleacaque, Pajaritos, Cangrejera y Refinería "Lázaro Cárdenas", constituyen uno de los polos más im - portantes dentro del desarrollo industrial de México; cabe aclarar - que el complejo petroquímico Cosoleacaque es el centro productor de "Amoniaco" más grande del mundo, con una capacidad de 8,500 ton/día; de igual forma y una vez terminado el complejo petroquímico "Morelos" junto con el de "Cangrejera", ya en operación, serán considerados - los de mayor capacidad en América Latina.

La capacidad de procesamiento será de tres millones y medio de toneladas anuales, y una vez cubierta la demanda nacional, estare - mos en condiciones de exportar los excedentes. La construcción de este complejo petroquímico se inició en el mes de mayo de 1980 y se contempla su terminación y puesta en operación de - las primeras plantas a mediados del año de 1986.

LOCALIZACION GEOGRAFICA

El complejo petroquímico "Morelos" se localiza en la región del Istmo de Tehuantepec, al sur del estado de Veracruz y al este de la ciudad de Coatzacoalcos, delimitado:

Al norte, por el Golfo de México.

Al sur, por los Complejos "Pajaritos y Gangrejera".

Al este, por el ejido Colorado.

Al oeste, por el río Coatzacoalcos.

El complejo petroquímico "Morelos" ocupa un área de 370 hectáreas.

DESCRIPCION Y CAPACIDAD DE LAS PLANTAS DEL COMPLEJO.

El complejo está integrado por trece plantas, las cuales se mencionan a continuación:

<u>DESCRIPCION</u>	<u>CAPACIDAD</u>
1.- Planta tratadora y fraccionadora de hidrocarburos y condensados.	104,000 B/D
2.- Planta de oxígeno.	350,000 T/A
3.- Planta de etileno.	500,000 T/A
4.- Planta de óxido de etileno y glicoles.	200,000 T/A
5.- Planta de polietileno alta densidad.	100,000 T/A
6.- Planta de polipropileno.	350,000 T/A
7.- Planta de propileno.	100,000 T/A
8.- Planta de butadieno.	100,000 T/A
9.- Planta de alcohol isopropílico.	75,000 T/A

B/D: barriles/día

:

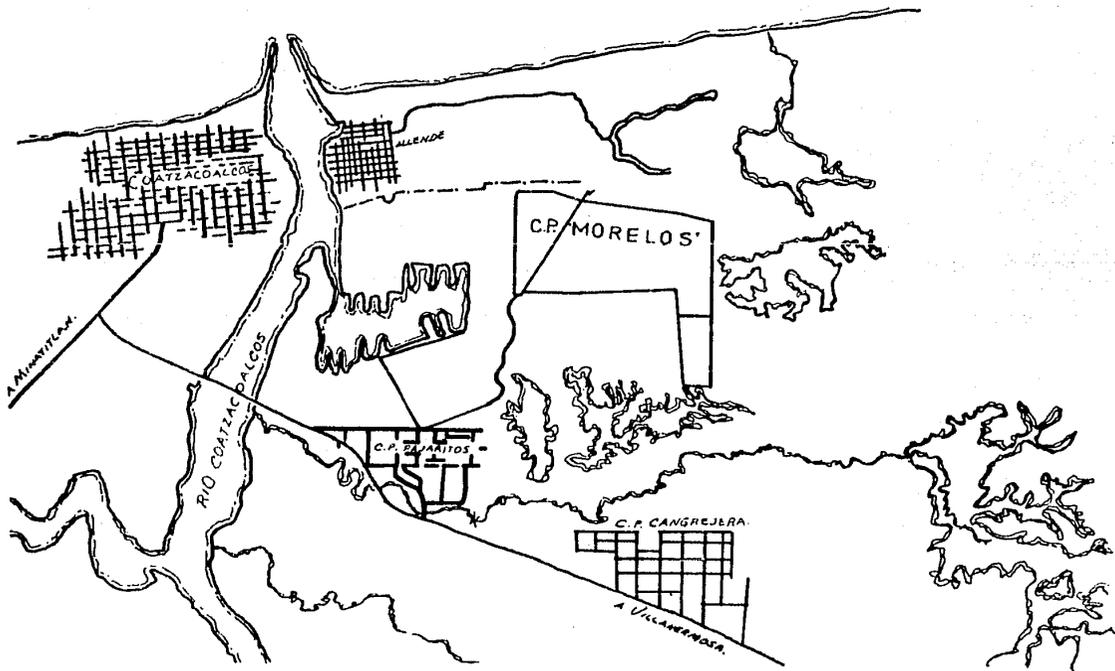
T/A: toneladas/año.

10.- Planta de Acrilonitrilo.	50,000 T/A
11.- Planta de Acido Acrílico.	30,000 T/A
12.- Planta de Acroleína.	6,000 T/A
13.- Planta de Acetaldehído.	150,000 T/A

Como complemento, se construirán tres futuras plantas que son:

1.- Planta de Metil Terbutil Ater.	30,000 T/A
2.- Planta de Isopreno.	60,000 T/A
3.- Planta de Oxido de Propileno.	60,000 T/A

Con estas plantas, se dará por concluida la construcción del Complejo, programada para el año de 1988.



A continuación se hace una breve descripción de las plantas que componen el complejo petroquímico "Morelos":

PLANTA TRATADORA Y FRACCIONADORA DE HIDROCARBUROS

Productos obtenidos: Naftas ligera y pesada, Butano, Etano, Propano.

La alimentación es una mezcla de hidrocarburos licuables, - que provienen de las plantas criogénicas: Tabasco I, Tabasco II y Cactus, Chiapas, más una mezcla de propano isobutano, y butano enviados de la Planta de Propileno de esta complejo, estas cargas se reciben en las torres desetanizadoras para separar etano en el domo, el cuál se manda a tratamiento con dietanolamina donde se - elimina el anhídrido y de ahí se envía a la Planta de Etileno. Los fondos de estas torres alimentan a la torre desbutanizadora, donde se obtiene por el domo la mezcla de propano y butano que - alimenta a la Planta de Propileno.

El butano que se obtiene por el fondo se manda a tratamiento con sosa al 10 % en peso donde se le reduce el contenido de mercaptanos y se envía al almacenamiento.

Los fondos de la desbutanizadora se pasan a las columnas de gasolina, donde tendremos gasolinas ligeras y pesadas separadas, enviándose a almacenamiento.

La carga fresca de etano se mezcla con vapor de dilución; - se envía como alimentación a los hornos de pirólisis donde se - lleva la reacción de desintegración térmica a una temperatura de  $1,565^{\circ}\text{F}$  y a baja presión, obteniéndose principalmente etileno, así como hidrógeno, metano, acetileno, propileno, butano e hidrocarburos pesados. El vapor de dilución que acompaña a la reacción reduce la presión parcial de todos los gases y aumenta la conversión del etileno.

PLANTA DE OXIGENO

Productos obtenidos: Oxígeno y en segundo grado, nitrógeno.

Consiste en la obtención de Oxígeno con una pureza de 98 % ya - que se requiere como materia prima para las Plantas de Oxido de Etileno y Glicoles, Acetaldehidos y Oxido de Propileno.

La carga a esta planta consta de una corriente de aire atmosférico, que se filtra y comprime, con el fin de separar el nitrógeno - de la mezcla; para después enfriarlo, limpiarlo y eliminarle la humedad, enviándose de ahí a los multiabsorbedores donde se les separan impurezas y otros compuestos como:

bióxido de carbono, argón y acetileno, para después a los licuefactores donde el aire es enfriado cerca de su temperatura de licuefacción de 172°C, llegando posteriormente a la zona de fraccionamiento del aire. Esta consiste en una columna de destilación de alta presión y otras de baja presión, interconectadas por un condensador. En la columna de presión alta se separa el nitrógeno, gas que es más volátil y se manda a la sección de compresión, incrementando la presión de este a 25 y 50 Kg/m<sup>2</sup> que es la necesaria para utilizarlo en los diferentes sistemas de las plantas de este complejo; otra corriente parcial de nitrógeno se dirige al condensador, el cual es condensado por expansión del oxígeno líquido que se encuentra en la parte inferior de la columna de baja presión, enviándolo a almacenamiento dentro de la misma planta, la pureza del nitrógeno obtenido es de 34.7 %.

El oxígeno se obtiene al separarse en la columna de presión alta y se rectifica pasando a la columna de baja presión en forma líquida, el cual intercambia color con el nitrógeno que se encuentra en el condensador formándose oxígeno puro que se manda a compresión con el fin de comprimirlo, obteniéndose de 12 y 25 Kg/m<sup>2</sup>, de presión.

PLANTA ETILENO

Producto obtenido : Etileno.

La Planta de Etileno es una componente del Complejo Petroquímico "Morelos", con una capacidad de producción de 500,000 T/A de etileno, de alta pureza por desintegración térmica de etano fresco y etano de recirculación.

Para una compresión mejor del proceso, este se ha dividido en las siguientes secciones:

- A) Pirólisis - Apagado
- B) Compresión - Lavado
- C) Secado y enfriamiento - Metanación
- D) Fraccionamiento - Conversión Acetileno

Aunque la planta contará también con elementos de apoyo, como son:

- 1) Sistema de distribución de agua de enfriamiento
- 2) " " " de vapor y condensado
- 3) " " " de gas combustible
- 4) " " " de aire y de instrumentos
- 5) " " " eléctrico
- 6) " " " de nitrógeno
- 7) " " quemador
- 8) " " seguridad
- 9) " " deshecho
- 10) Tanques y almacenamiento

### PLANTA DE OXIDO DE ETILENO Y GLICOLES

Productos obtenidos: Oxido de etileno y glicoles.

Para la obtención de óxido de etileno y glicoles se utiliza como materia prima etileno y oxígeno. Se alimentará desde el límite de batería oxígeno y etileno, el oxígeno a una temperatura ambiental y una presión de 28.0 Kg/m<sup>2</sup>. El etileno a una temperatura de 37.5 °C y una presión de 210 Kg/m<sup>2</sup>; estos pasaran a una mezcladora, de la cuál, el producto obtenido pasará por los cambiadores de calor y gas por el lado de los tubos de donde pasaran a los reactores por el lado del domo, donde la velocidad de reacción es acelerada através de un catalizador, que es el óxido de plata, de donde se obtiene óxido de etileno no reaccionado; de ahí pasa a la separadora donde se elimina la máxima agua posible; continua al reabsorvedor de donde se elimina parte de CO<sub>2</sub> obtenido del cuál se pasa a una torre separadora de glicoles donde un 50 % del óxido de etileno pasa a una torre refinadora y una purificadora donde se obtendra el óxido de etileno a una mayor pureza.

### PLANTA DE POLIETILENO

Producto obtenido: Polietileno.

El catalizador preparado de tetracloruro de titanio y trietil aluminio se inyecta diluido en hidrocarburos parafínicos al reactor, alimentandose tambien etileno a presión moderada, formándose una suspensión de polietileno, la cuál se extrae del reactor a control de nivel y se alimenta al sistema catalizador, en donde se solubiliza para ser separado del polietileno. El uso principal de este producto se puede ver en los artículos de plástico, lámparas, películas, etc.

### PLANTA DE POLIPROPILENO

Producto obtenido: Polipropileno.

El catalizador preparado y el propileno de 99 % de pureza se inyectan a los reactores, llevándose a cabo la polimerización en presencia de diluyentes, como hidrocarburos parafínicos, a presiones y temperaturas moderadas. El polipropileno suspendido se extrae a control de nivel, y de ahí es alimentado a los sistemas de descomposición del catalizador, en donde éste se solubiliza para ser eliminado y separado del polipropileno.

Usos: Su principal aplicación es en el campo de moldeo por inyección para elaborar numerosos artículos de uso industrial y doméstico y en la elaboración de fibras sintéticas.

### PLANTA DE BUTADIENO

Producto obtenido: Butadieno.

La mezcla de butanos se precalienta en un horno de 1000 a - 1200 °F y se pasa a través de un reactor revestido con ladrillo refractorio que contiene un lecho fijo de catalizador de óxido de aluminio y cromo. La presión absoluta en el reactor es de 5 a 7 pulgadas de mercurio; los gases de salida de los reactores se enfrían en una torre de enfriamiento, mediante contacto directo de aceite recirculante; luego los gases se comprimen, se enfrían y la fracción de butano que no reaccionó se separa por absorción y destilación, recirculándose junto con los butilenos; la otra corriente que es butadieno, se obtiene como producto final.

Usos: Se usa como materia prima para elaborar hule y latex de estireno-butadieno, hule polibutadieno, resinas ABS y hule nitrilo.

PLANTA DE PROPILENO

Productos obtenidos: Propileno, mezcla isobutanos y gas combustible.

El propano alimentado es precalentado antes de pasar al reactor, en el cuál se lleva a cabo reacción de óxido-reducción usando como catalizador óxido de cromo, donde el propano se deshidrogena pasando a propileno a una presión ligeramente superior a la atmosférica y a una temperatura entre 630 y 650 °C. Los efluentes del reactor son enviados a cambiar calor contra la carga fresca; luego son enfriados rápidamente con agua de proceso, pasando a la sección de compresión, y de ahí son enviados al sistema de absorción y agotamiento para separar el propano que no reaccionó, el cuál se recircula al reactor y se obtiene propileno como producto principal de dos características, grado técnico que sirve como materia prima de las plantas acrilonitrilo y alcohol isopropílico y grado polímero que es materia prima para la planta de copropileno, localizada en este complejo; el propileno restante se envía a almacenamiento.

Usos: Como materia prima para obtener isopropanol, acrilonitrilo, cumeno, óxido de propileno, polipropileno, acroleína, cloruro de alilo.

PLANTA DE ACRILONITRILLO

Producto obtenido: Acrilonitrilo.

El propileno y amoniaco son alimentados al reactor junto con el aire y vapor de agua, para que se lleve a cabo la reacción en presencia de un catalizador de molibdato de bismuto, obteniéndose como productos: acrilonitrilo, acetnitrilo y pequeñas corrientes de acroleína y ácido cianhídrico. El efluente del reactor se recupera en una torre de absorción con agua a presión at-

mosférica y a temperaturas menores de 75 °F, enviándose de ahí a una torre de destilación, donde se separa el acrilonitrilo del acetónitrilo, y de ahí pasan a los sistemas finales de purificación, para su obtención.

Usos: Se utiliza como materia prima para la elaboración de acrilatos, que a su vez se usan en el campo de fibras acrílicas, pinturas, adhesivos, cuero, papel, etc.

#### PLANTA DE ACETALDEHIDO

El etileno y oxígeno en fase gaseosa y a presiones moderadamente altas se pasan al reactor, en presencia de cloruro de paladio como catalizador, así como cloruro cúbrico como agente oxidante, obteniéndose acetaldehído así como pequeñas cantidades de ácido acético, bióxido de carbono, crotonaldehído, etileno, que después se recirculan; el efluente del reactor pasa a la columna de fraccionamiento separado por la parte superior de sales disueltos como cloruro de metilo, etileno y bióxido de carbono enviándose al quemador de la planta. El producto del fondo de la columna de fraccionamiento se alimenta a la torre de acabado, obteniéndose por el domo acetaldehído como producto principal.

Usos: Como materia prima para la elaboración de ácido acético, acetato de vinilo, butanol, alcohol polivinílico y resinas sintéticas.

#### PLANTA DE ALCOHOL ISOPROPILICO

Producto obtenido: alcohol isopropílico

El proceso consta de dos secciones: una de reacción y otra de purificación.

Sección de reacción. El propileno alimenta al reactor en donde reacciona con agua en presencia de un catalizador para produ-

cir alcohol isopropílico; el efluente, que es una mezcla gas-líquido se manda a un separador de propileno; el gas que contiene propileno y agua, se condensa y separa.

El líquido se manda a la columna azeotrópica, donde la solución del catalizador se recupera del fondo y el isopropanol y azeotrópica acompañado de pequeñas cantidades de propileno se obtiene del domo de la columna, el cuál se condensa y se manda a la sección de purificación.

Sección de purificación. El alcohol isopropílico alimenta a la columna de ligeros finales, en donde por el domo se separan éstos, se condensan, enfrían y se recirculan a la columna.

El alcohol isopropílico, agua y pesados se obtienen por el fondo y pasan a una columna de deshidratación, donde se separa el agua y después el isopropanol y pesados, se mandan a la columna de pesados finales donde, por el domo, se obtiene isopropanol.

Además, se contará con una planta de servicios auxiliares - donde se procesará el agua para la producción de vapor y energía eléctrica, cubriendo todas las necesidades requeridas y llevar a cabo cada uno de los procesos; dicha planta es de servicios auxiliares.

C A P I T U L O   I I I  
D E S C R I P C I O N   Y   F U N C I O N A M I E N T O  
D E   L A   T O R R E   D E   E N F R I A M I E N T O .

### GENERALIDADES

Todas las torres de enfriamiento, sin excepción, se rigen por el mismo mecanismo de operación, el cual consiste en poner en contacto directo una corriente de agua caliente con una corriente de aire frío. El contacto de éstas, da lugar a una transferencia de masa y calor en forma simultánea, logrando que disminuya la temperatura del agua.

En la parte superior de la torre, el agua caliente se pone en contacto con el aire de salida que es más frío que el agua; se observa que la presión parcial del agua fuera del líquido y su temperatura correspondiente, son mayores que las del aire de salida. De ahí se deduce que ambos potenciales sirven para bajar la temperatura del agua por evaporación y transferencia de calor sensible al aire, aumentando, por lo tanto, la entalpía del aire. En esta forma, dependiendo de la cantidad del aire y de la evaporación, es posible que la temperatura del agua descienda debajo de la temperatura de bulbo seco del aire de entrada, antes de alcanzar el fondo de la torre por donde entra el aire; sin embargo el límite al que la temperatura del agua de salida puede llegar en una torre de enfriamiento, es el que está adiabáticamente en equilibrio con el aire de entrada, en decir, el bulbo húmedo.

La caída del agua, en la torre en cuestión, es sobre una serie de empaques, con la finalidad de establecer el contacto entre el agua y el aire, para lograr la disminución de temperatura del agua. Utilizando dicho empaque, inicialmente, se forma una película y luego gotas, que van cayendo hasta golpear el siguiente empaque; esto da lugar a que con el paso del aire a contracorriente, el agua se enfría y el aire se humidifique.

### DESCRIPCION DE LA TORRE DE ENFRIAMIENTO

Las torres de enfriamiento se basan en la transferencia simultánea de calor y masa, por medio de evaporación de agua en el aire, para enfriar ésta; su forma de operar es a flujo cruzado, con el aire entrando a un lado de la columna y fluyendo en forma horizontal; el agua caliente caerá en cascada a través del empaque, donde estará en contacto con el aire.

### DESCRIPCION DE LAS PLANTAS DE LA TORRE

La torre cuenta con un sistema de distribución para separar el agua que se va a enfriar uniformemente sobre el empaque, y obtener así un rompimiento del flujo en partes pequeñas o gotas y lograr con esto una mayor área de transferencia.

Se utilizará el sistema de distribución por gravedad, que consiste de una caja distribuidora, a donde cae el agua de retorno y se derrama sobre una losa de orificios.

Para efectuar el enfriamiento y meter cantidades grandes de aire se emplean ventiladores, los cuales mueven los gases o vapores por medio de hojas rotatorias, y cambian la energía rotatoria mecánica en presión de trabajo sobre los gases o vapores. Se usó el de tipo axial.

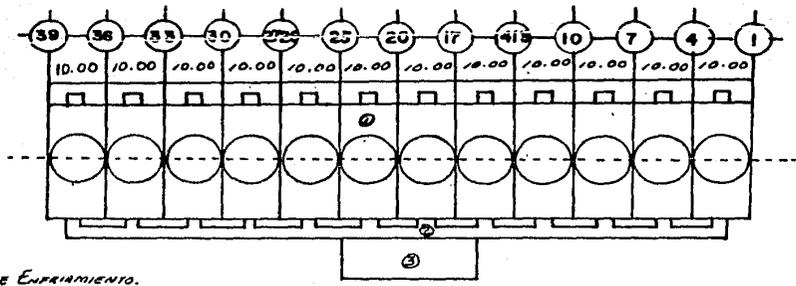
Los ventiladores estarán acoplados al motor por medio de un reductor de velocidad, que es una caja de engranes, la cual reduce la velocidad del sistema motor al equipo sin pérdida apreciable de potencia.

El equipo va sobre la chimenea o ciclón de descarga y es la parte superior de la torre de enfriamiento que sirve para descargar el aire a alta velocidad; para esta torre se usará el tipo venturi.

El relleno es la sección de la torre, en la cual se va a efectuar la transferencia de calor, el cual va a ir sobre soportes, que pueden ser mallas de acero inoxidable o grapas para fijar el relleno; en esta torre se usaran las mallas de acero.

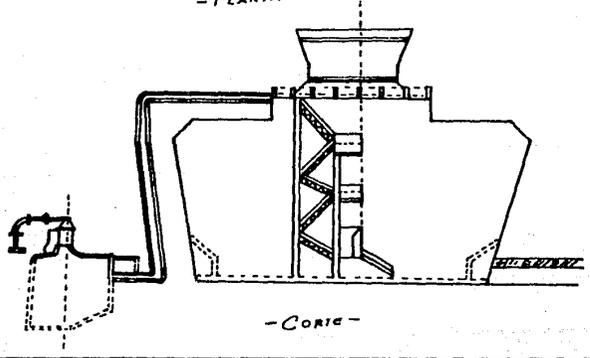
Con la finalidad de recuperar el agua arrastrada por el aire se instalarán en el borde de salida de la torre los eliminadores de rocío. Así mismo, se cuenta con elementos conocidos como persianas que permiten que la entrada del aire sea dirigida a la torre, dándole ma yor velocidad.

Se considera como equipo auxiliar de la torre los filtros laterales, las bombas, el clorador y el sistema de químicos.

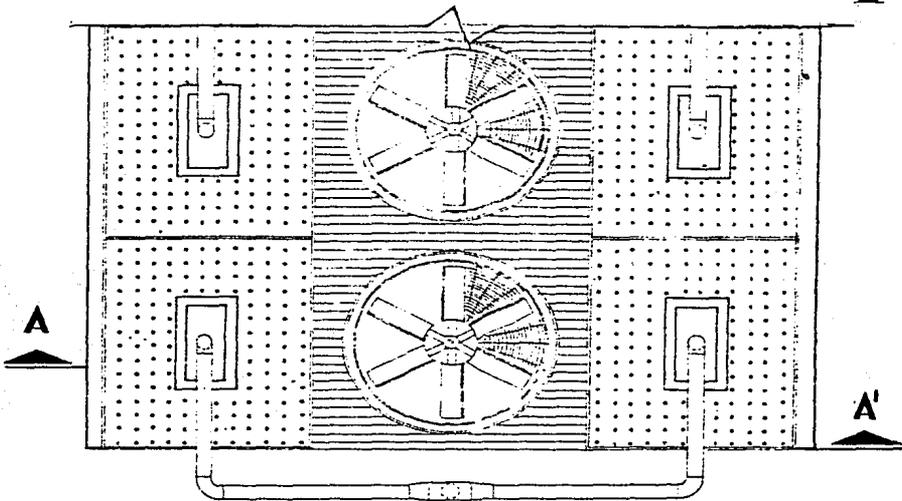


- PLANTA -

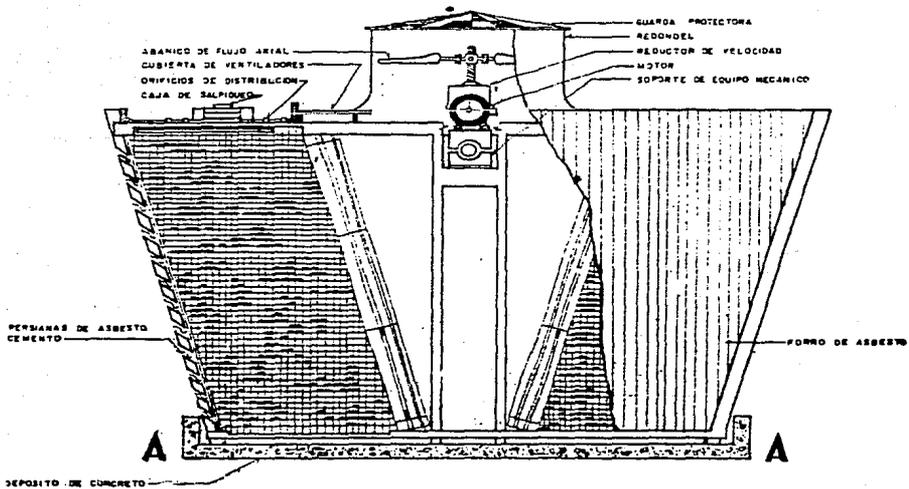
- ① TORRE DE ENFRÍAMIENTO.
- ② CÁMARA DE COMBUSTIÓN.
- ③ CÁMARA DE BOMBEO.



- CORTE -



PLANTA



CORTE A—A

**C A P I T U L O   I V**  
**P R O C E D I M I E N T O   D E   C O N S T R U C C I O N**

PROCEDIMIENTO DE CONSTRUCCION

El procedimiento constructivo de la torre de enfriamiento se realizó en 4 etapas, debido a que, llevándose este programa, se ejercería un mejor control y un mayor avance de la obra.

A continuación mencionaremos las actividades que se realizaron en cada etapa.

**1<sup>a</sup> Etapa**

- Se realizaron las excavaciones en el área donde se desplantaría la torre de enfriamiento.
- Una plantilla de concreto de  $f'c = 100 \text{ Kg./cm}^2$
- La cimentación de la torre de enfriamiento.
- El canal colector.
- El basín de agua fría.
- Las columnas.
- Las traveses.
- Soportes de persianas.

**2<sup>a</sup> Etapa**

- Se colocan muros precolados.
- Se continúan las columnas.
- Se siguen colocando las traveses.
- Soportes de persianas y colocación de las mismas.

**3<sup>a</sup> Etapa**

- Se continúan las columnas.
- Se continúan colocando traveses.
- Se siguen dejando preparaciones de soportes de persianas y colocando las mismas.
- Continúan colocando muros precolados.

**4<sup>a</sup> Etapa**

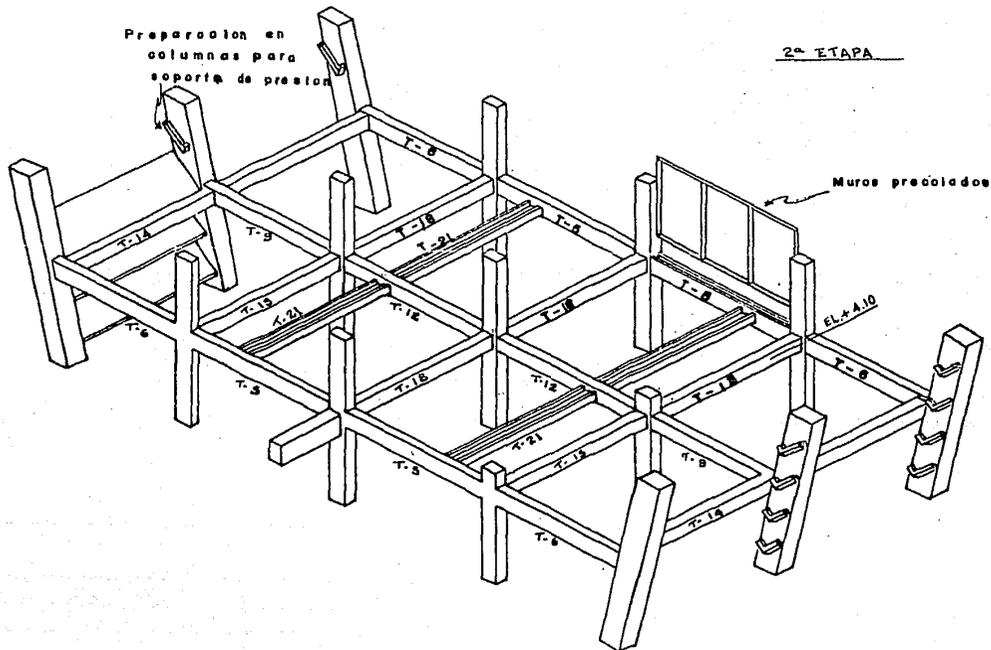
- Se terminan columnas.
- Se colocan las últimas traveses.
- Se colocan losas precoladas (Basín de agua caliente).
- Se coló la última losa (N+13.43) que soporta al difusor.
- Se coló el difusor.

Por último se realizaron actividades que no están contemplados- en ninguna de las 4 etapas, por no considerarse dentro de la obra ci vil, como es el caso de los empaques de relleno y el eliminador de - rocío, que son actividades que se realizaron en el interior de la te rre de enfriamiento y con lo cual se dá por terminada la misma.

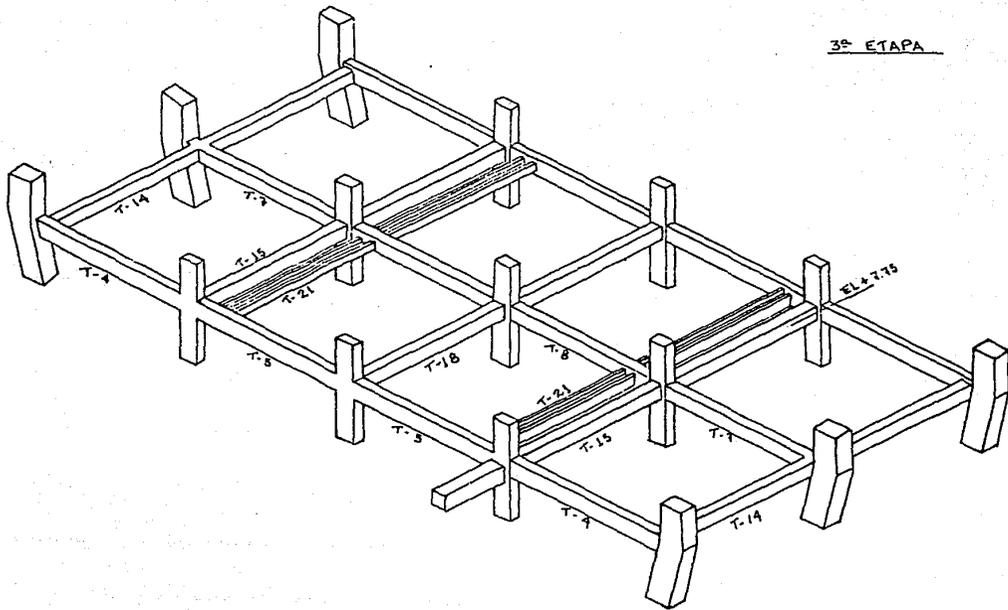


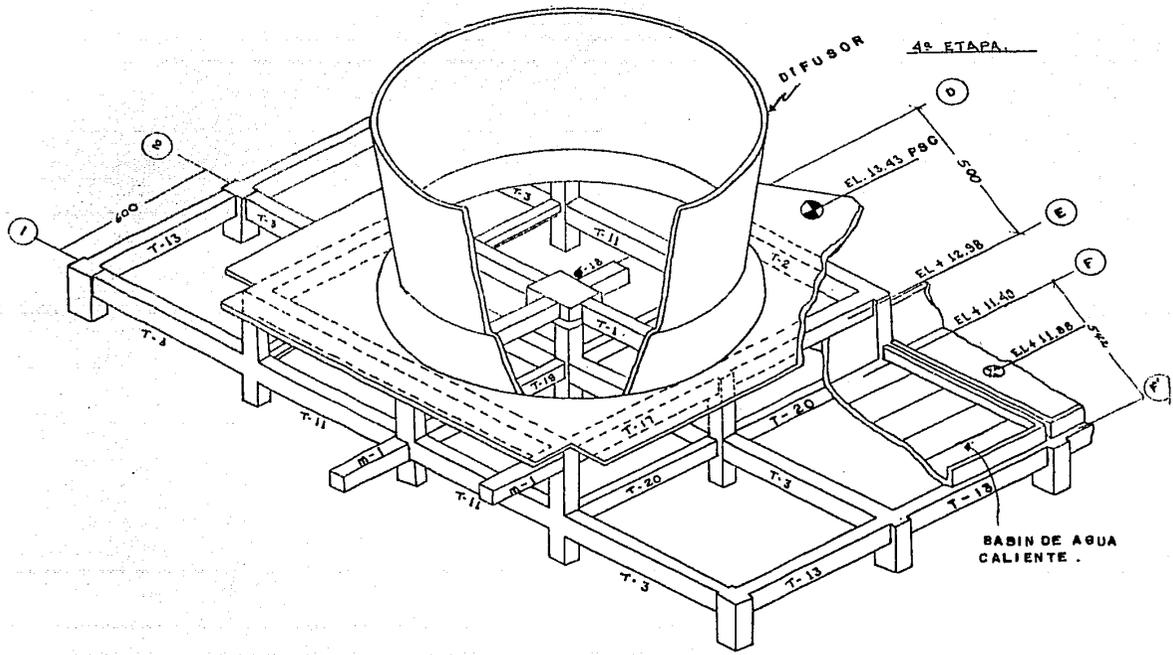
Preparación en  
columnas para  
soporte de presión

2ª ETAPA



3<sup>o</sup> ETAPA





A continuación, se hace una breve descripción de las actividades y detalles constructivos de los elementos que se llevaron a cabo en cada etapa.

### CIMENTACION.

Las cimentaciones de las torres de enfriamiento en México, han sido brevemente tratadas por la mecánica de suelos. Como hemos descrito, este tipo de construcciones se sitúan, fundamentalmente, junto a los ríos o grandes yacimientos de agua para el suministro de las mismas. Como sabemos, estos lugares de México son muy débiles y comprensibles, por lo que es necesario un estudio cuidadoso del terreno en base a los conocimientos de la mecánica de suelos.

Las cimentaciones de cualquier estructura puede clasificarse en general:

I.- Superficiales

II.- Profundas

Para definir cual de los tipos es el adecuado, es necesario conocer las cargas actuantes y el estudio de mecánica de suelos.

En nuestro caso, el análisis de carga que creemos conveniente hacer para una torre de enfriamiento, consiste en determinar:

- a) Peso de la torre de concreto, vacía.
- b) Peso de la torre en operación (a su máxima capacidad).
- c) Cargas accidentales debidas a viento, sismos e efectos climáticos.

El peso de la torre vacía es determinable, los accesorios, tales como: relleno, motorreductores, etc., se pueden considerar como una sobrecarga muy pequeña.

El peso de la torre en operación se determina fácilmente, con el peso del volumen del agua, es decir:

$$Q = P \times H$$

donde:

Q: Presión del líquido en el piso de la torre.

P: Peso volumétrico del agua a la temperatura más desfavorable de operación, en  $\text{Ton}/\text{m}^3$ .

H: Tirante máximo del agua, en m.

El estudio que se haga al suelo tiene que ser muy preciso, ya que el peso de la torre es muy grande; es por eso que, son necesarias todas sus características como son: estratigrafía, nivel freático, contenido de humedad, resistencia al corte, esfuerzos principales, etc.

Una vez obtenidas todas estas informaciones del laboratorio se definen las tres características principales del suelo:

Deformación - Consolidación

Permeabilidad - Permeámetro

Resistencia - Compresión Triaxial

Del resultado del estudio de mecánica de suelos resultaron dos posibles opciones de cimentación, que a continuación mencionaremos:

a) Mejoramiento del subsuelo: cuando las áreas de las construcciones se localizan sobre estratos delgados de suelos débiles y compresibles, es posible remover el material y sustituirlo con relleno de mayores propiedades físicas; la excavación puede realizarse con una línea de dragado u otro equipo adecuado.

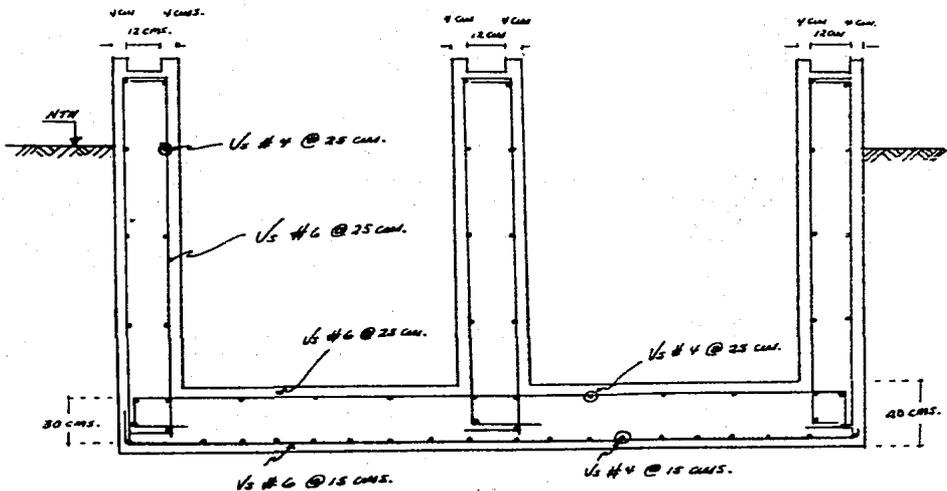
b) Cimentación superficial rígida: entran en esta clasificación las hechas a base de zapatas aisladas o corridas ; en nuestro caso, - se trata de una loza corrida, ya que, debido al tipo de suelo, era - la más adecuada por tener mayor área de contacto.

Se usó concreto de resistencia  $f'c = 250 \text{ Kg/cm}^2$  con aditivo impermeabilizante integral fester y el acero de refuerzo es de  $f_y = 420 \text{ Kg/cm}^2$ .

La cimentación se desplató sobre una plantilla de concreto  $f'c = 100 \text{ Kg/cm}^2$ .

Los recubrimientos mínimos libres de barillas, fueron de 5 cm.

A continuación, se presenta un corte de la cimentación, indicando detalles constructivos, así como dimensiones de la misma.



- CORTE -



En esta fotografía se puede apreciar el armado de la losa de cimentación, así como su magnitud.



En esta fotografía ya se puede apreciar el armado de las columnas, así como el armado que se deja como preparación para más adelante colar lo que serán los muros del Bañín de agua fría.

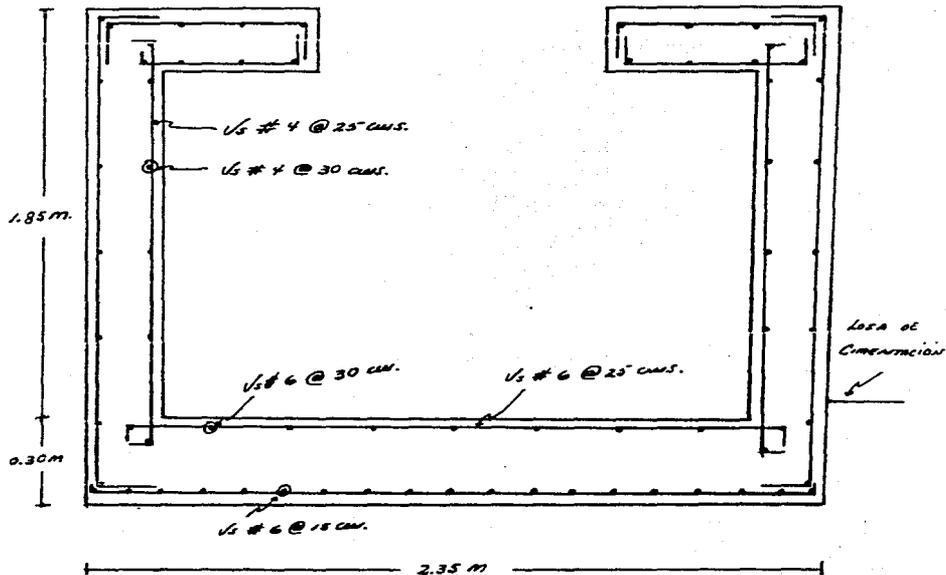
CANAL COLECTOR.

El canal colector es un elemento formado por una losa de 30 cm. colado monolíticamente con la losa de cimentación y por unos muros que tienen una altura de 1.85 m.

Esta estructura fue colada en sitio, con un concreto cuya resistencia es  $f'c = 200 \text{ Kg/cm}^2$ .

La longitud del canal colector es de 120 m.

A continuación se presenta un corte del canal colector.



— CORTE —

### BASIN DE AGUA FRIA

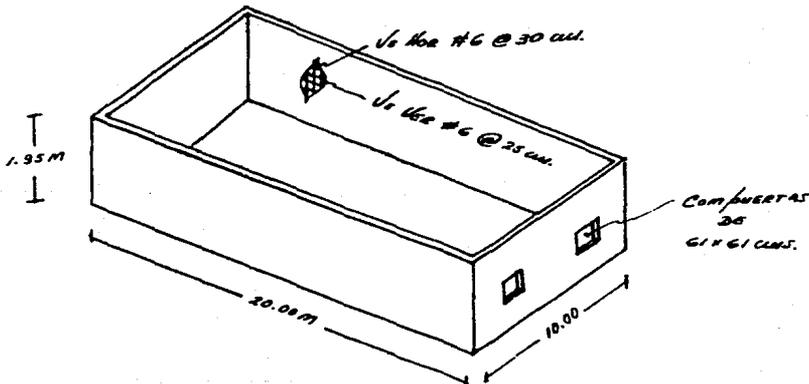
Es una estructura que la componen la losa de cimentacion y unos muros que se desplantan del nivel N - 1.45 al nivel N + 0.50 - por lo que la altura del muro es de 1.95 m. que es el tirante máximo que alcanza el agua que cae a una temperatura ambiente, después de haber pasado por el proceso de la torre de enfriamiento.

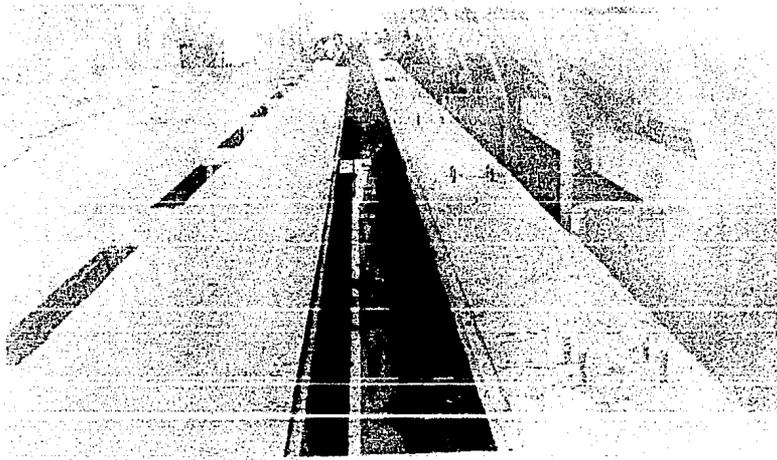
Se realizó el basín de agua fría independiente para cada difusor, con la finalidad de que la torre de enfriamiento no tenga necesidad de pararse por completo en caso de alguna falla o mantenimiento de algún difusor; por lo que, en la torre se realizaron 12 estructuras de basín de agua fría, quedando 2 a futuro.

En uno de los muros se dejaron 2 orificios por difusor, que servirán para colocar compuertas de 61 cm. x 61 cm. que permitirán el paso del agua ya tratada hacia el canal colector, que las guiará hasta el cárcamo de bombeo, para ser bombeada a las plantas para su reutilización.

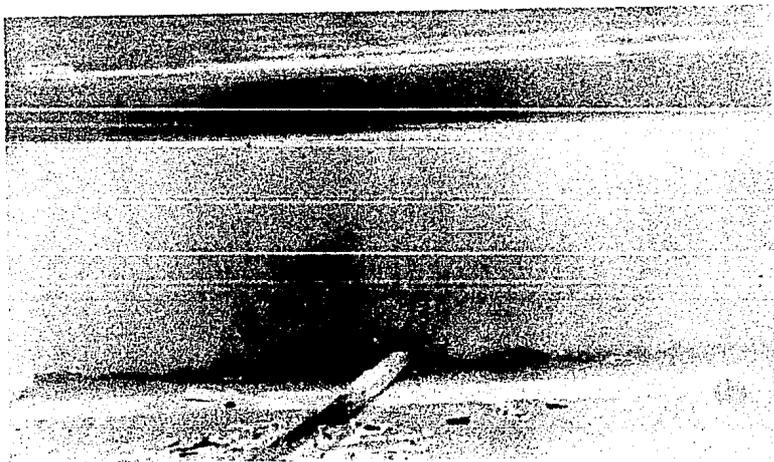
Se usó concreto de resistencia  $f'c = 200 \text{ Kg./cm}^2$ .

A continuación se presenta un corte del Basín de agua fría.





Vista del Canal Colector.



Vista del Basín de Agua Fría.

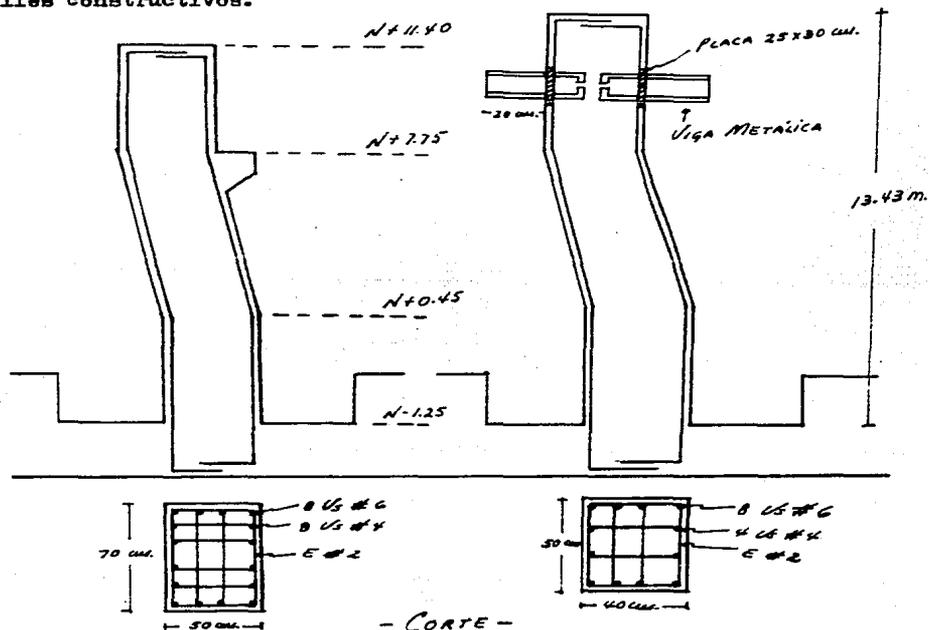
COLUMNAS.

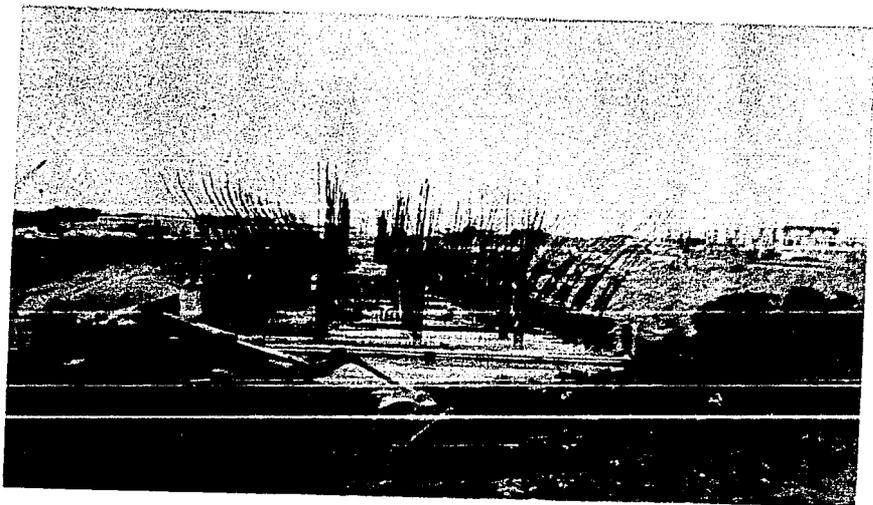
Las columnas son elementos que fueron colocados en sitio, con un concreto cuya resistencia es de  $f'c = 200 \text{ Kg/cm}^2$ .

Dado que las columnas son los elementos que van a transmitir el peso de la torre al terreno natural, fue necesario que se hiciera un buen cálculo de las mismas para obtener sus dimensiones.

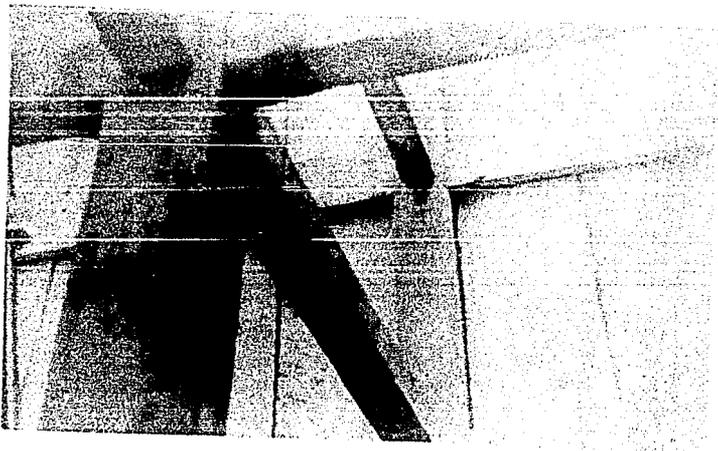
Es importante hacer notar que en las columnas, se dejó ahogada una placa de acero de  $25 \times 30 \text{ cm.}$  soldada con una viga metálica de  $20 \text{ cm.}$ , que servirá para hacer la unión trabe-columna.

A continuación, se muestra un corte de las columnas indicando de talles constructivos.





Se puede apreciar el armado de columnas.



Se observa las dimensiones de la columna,  
así como su unión con la trabe.

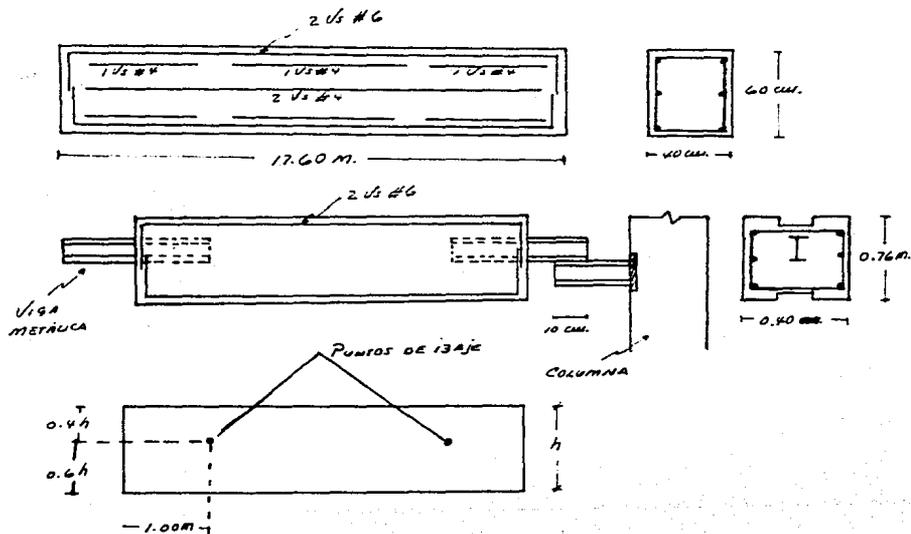
TRABES.

Las trabes son elementos precolados que son elaborados en planchas de concreto cercanas a la construcción de la torre con la finalidad de que la grúa pluma los pueda aleazar y hacer el montaje, - sin necesidad de que sean acercadas con otra máquina.

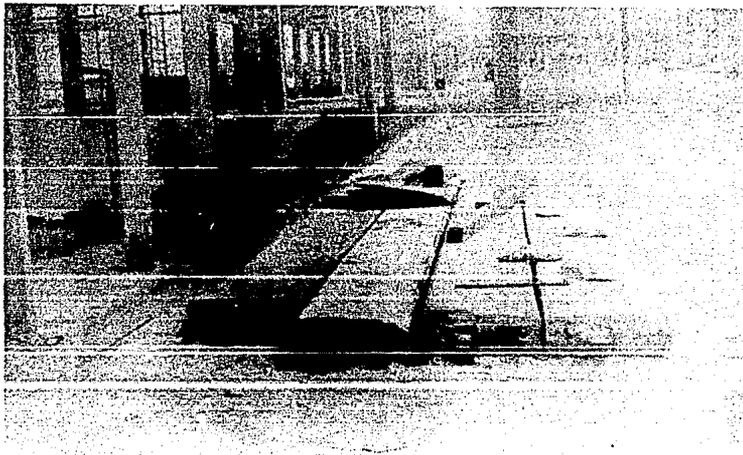
Estos elementos fueron realizados con un concreto de resistencia  $f'c = 200 \text{ Kg/cm}^2$ .

Es importante hacer notar que para la unión trabe-columna se dejó ahogada una viga de acero de 50 cm. en cada extremo de la trabe, - con la finalidad de que dicha unión sea de soldadura eléctrica.

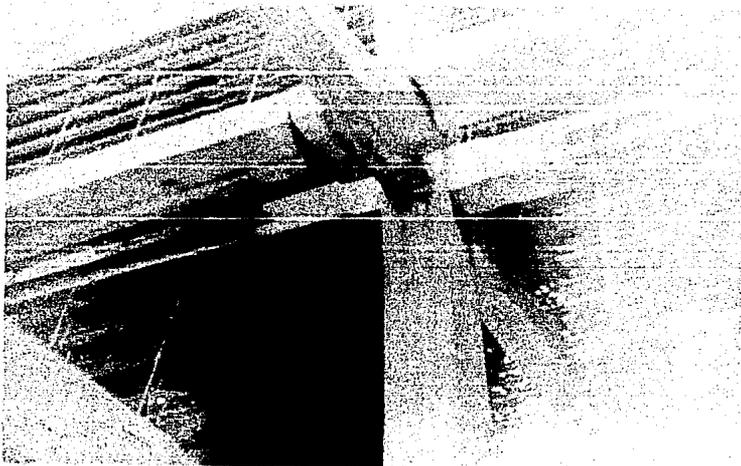
A continuación se presenta un corte indicando detalles constructivos, así como la manera en que se efectuó el montaje de las trabes.



- CORTES -



Trabes precoladas en las cuales se puede apreciar la viga de acero que servirá de unión con las columnas.



Vista de la unión trabe - columna.

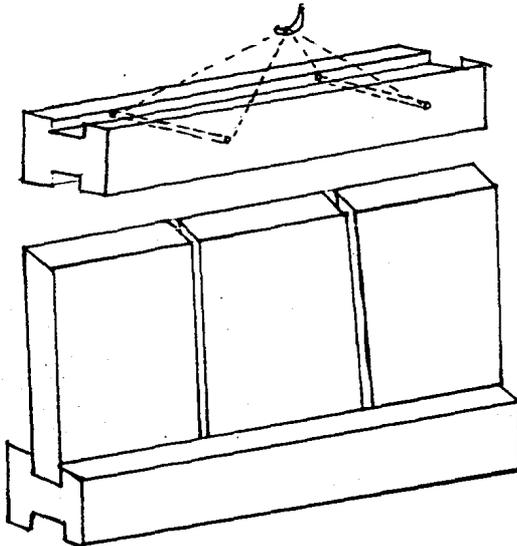
**MUROS.**

Estos elementos son precolados que fueron elaborados en plan - chas de concreto cercanas a la torre.

El concreto que se utilizó fué de una resistencia de  $f'c = 200\text{-Kg/cm}^2$ .

Para el montaje de estos elementos fué necesario dejar ahoga - dos dos tubos de PVC de 2"  $\varnothing$ , por los cuales se pasan los estrobo - que harán el izamiento y montaje de los muros; es importante indicar que en cada unión entre muros, así como muros con columnas, se le aplicó un impermeabilizante a base de asfalto.

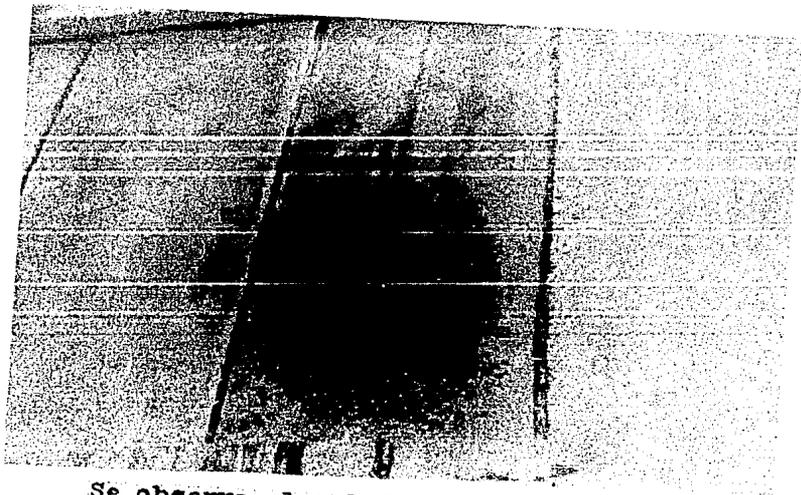
A continuación se presenta un corte indicando el montaje de los muros.



- CORTE -



Se observan las losas precoladas que componen el muro de la torre de enfriamiento.



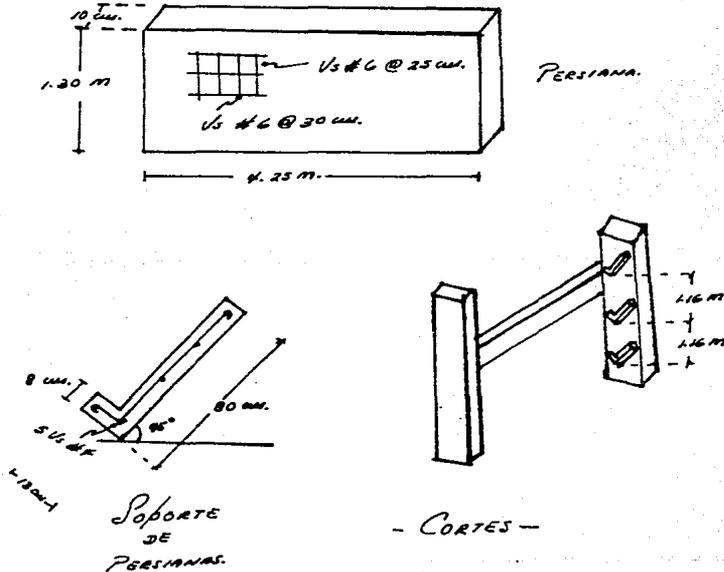
Se observa el calafateo en muros que sirve de impermeabilizante a los mismos.

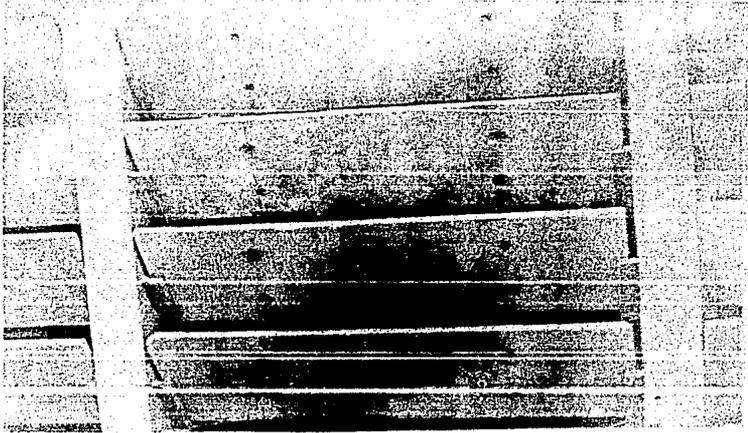
PERSIANAS.

Las persianas son elementos precolados de 1.30 x 4.25 m., elaborados con un concreto de resistencia  $f'c$  Kg/cm<sup>2</sup>.

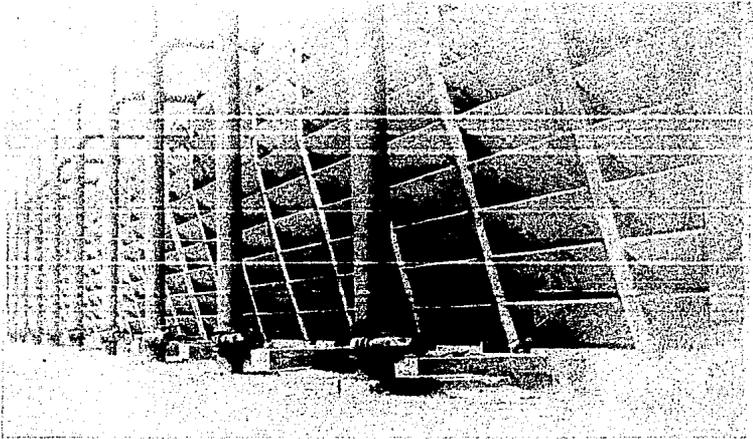
La separación que existe entre persianas es de 1.16 m y con una inclinación de 45° con respecto a la horizontal; ésto, con la finalidad de que permita que circule el aire a través de ellas, para que se realice de una manera más rápida el intercambio de masa - calor - del agua que se encuentra en la torre y el aire que entra por las persianas y el generado por el ventilador.

A continuación, se presenta un corte indicando detallés constructivos de las persianas, así como sus soportes.





Se observa el soporte de persianas, así como los tubos de PVC que se dejaron ahogados en las persianas para su montaje.



Vista general de las persianas, así como de la tubería que lleva el agua al basín de agua caliente.

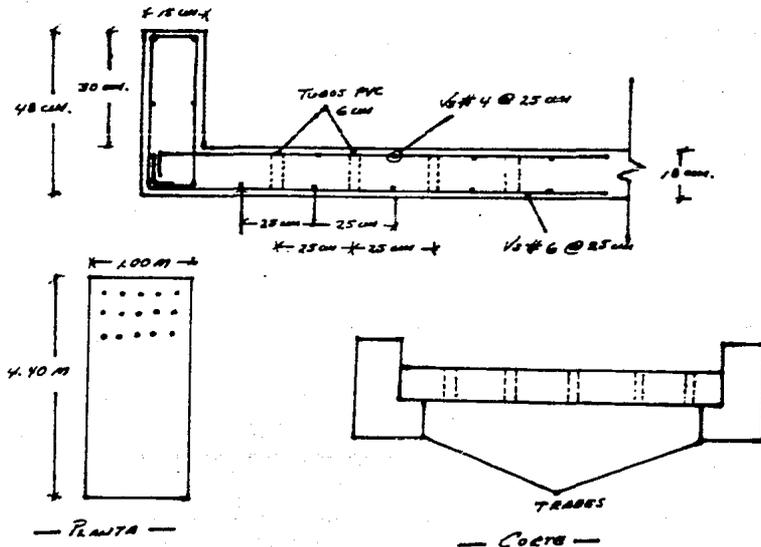
BASIN DE AGUA CALIENTE.

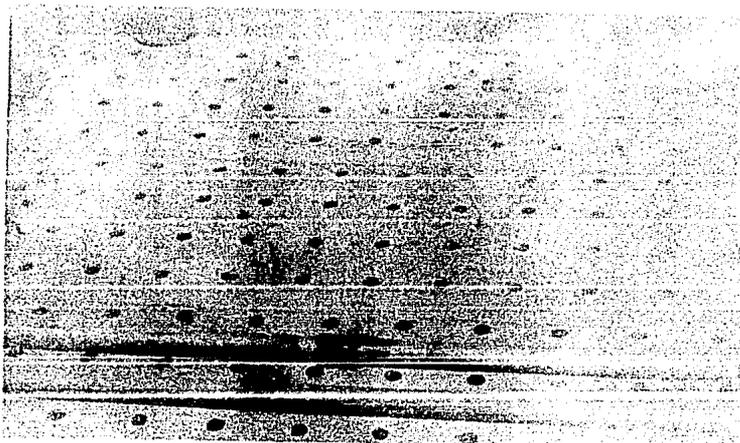
El basín de agua caliente es una estructura formada a base de losas pequeñas, que a su vez tienen ahogados tubos de PVC de 6 cm. de  $\varnothing$  con una pieza al final de cada tubo de polietileno en forma de hélice que se le conoce con el nombre de rompechorros y su finalidad es que al caer el chorro de agua a dicha pieza - se formen gotas.

Dichas losas son precoladas y fueron elaboradas con un concreto de resistencia  $f'c = 200 \text{ Kg/cm}^2$ .

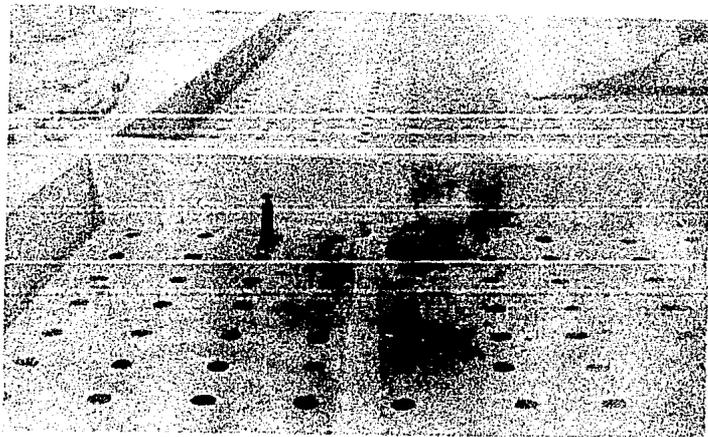
Cabe mencionar que las losas que se encuentran en los extremos de la torre tienen un muro de 30 cm. de alto; ésto con la finalidad de que el agua no salga de la torre.

A continuación se presenta un corte del basín de agua caliente, indicando dimensiones.





Vista de las losas que componen el basín de agua caliente.



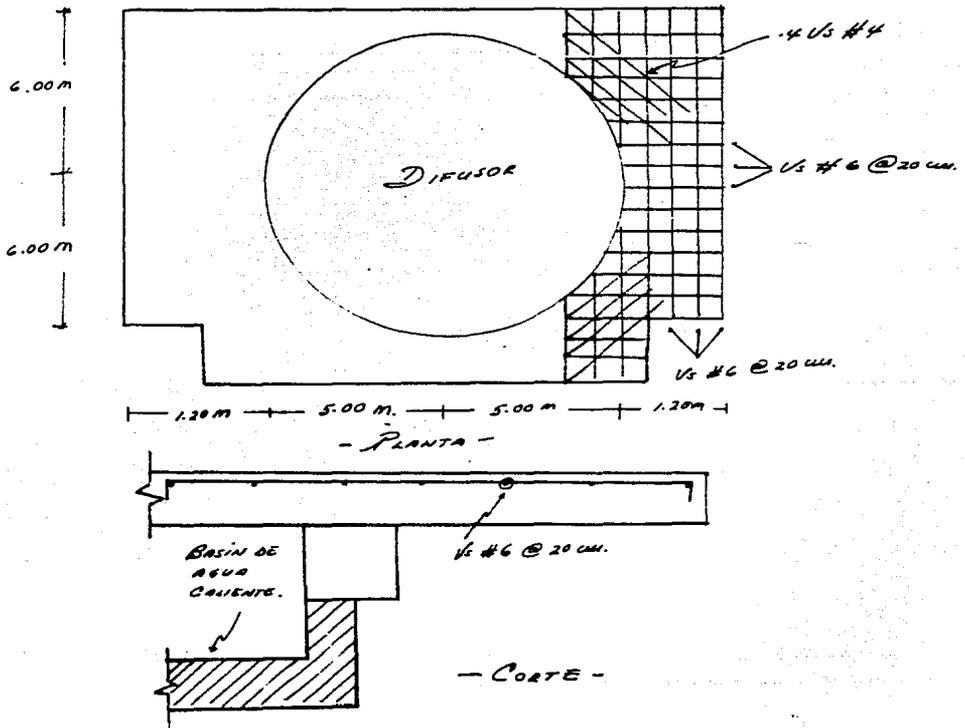
Se aprecia los muros que componen el basín de agua caliente, así como una pieza de polietileno que contiene el rompechorros.

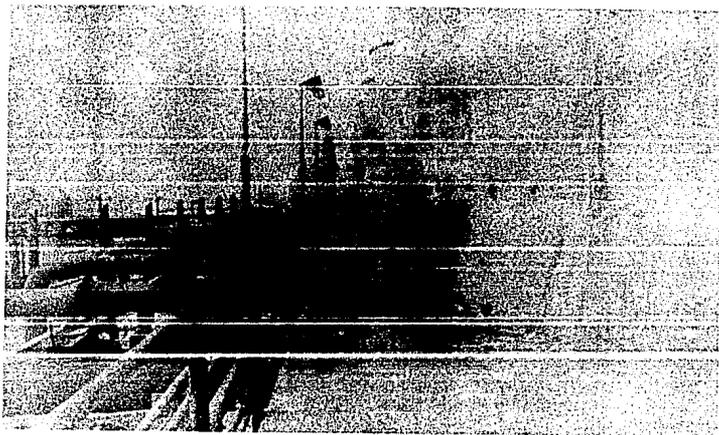
LOSA N + 13.43

Esta losa fué colocada en sitio, con un concreto de resistencia  $f'c = 250 \text{ Kg/cm}^2$ , y su finalidad es la de soportar los difusores.

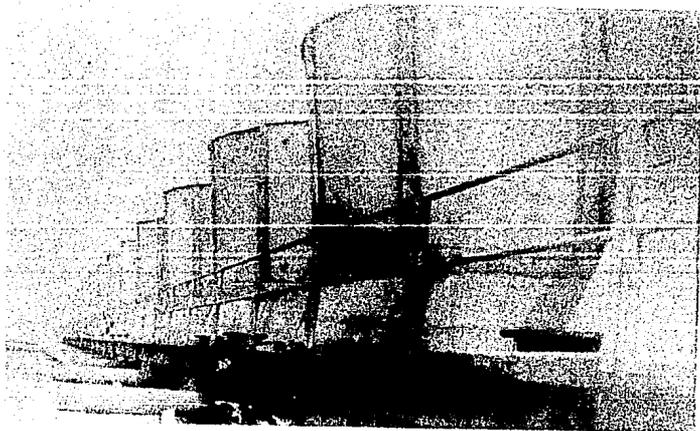
Esta losa tiene un espesor de 15 cm., con un recubrimiento para el acero de 5 cm.

A continuación se presenta un corte indicando dimensiones y detalles constructivos.





Se observa la losa N + 13.43 que soporta los difusores.



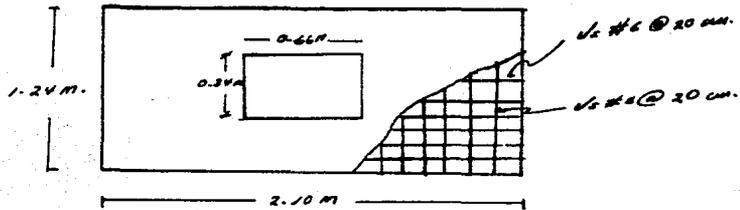
Vista general de la losa N + 13.43, así como de los difusores.

CAJA DE SALPIQUEO.

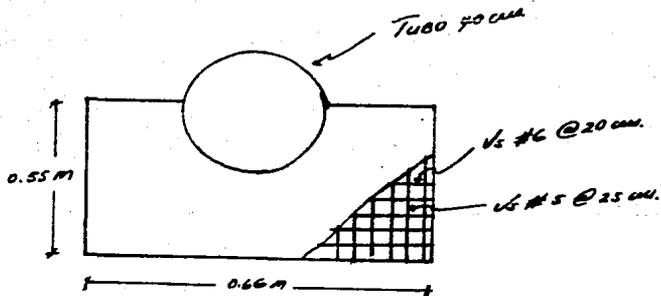
La finalidad de esta estructura es evitar que el agua que llega a la torre salbique y caiga fuera de la misma, así como el de distribuir uniformemente el agua por todo el basín, donde empezará su proceso.

Esta estructura está formada por elementos precolados, elaborados con un concreto de resistencia  $f'c = 200 \text{ Kg/cm}^2$ .

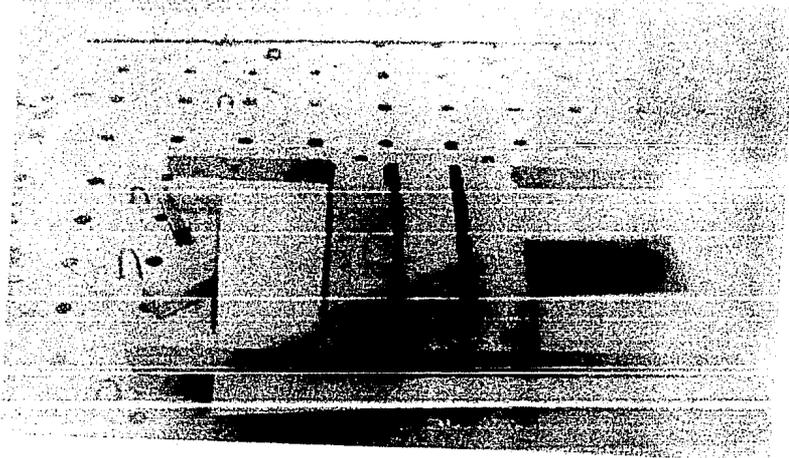
A continuación, se presenta un corte de la caja de salpiqueo.



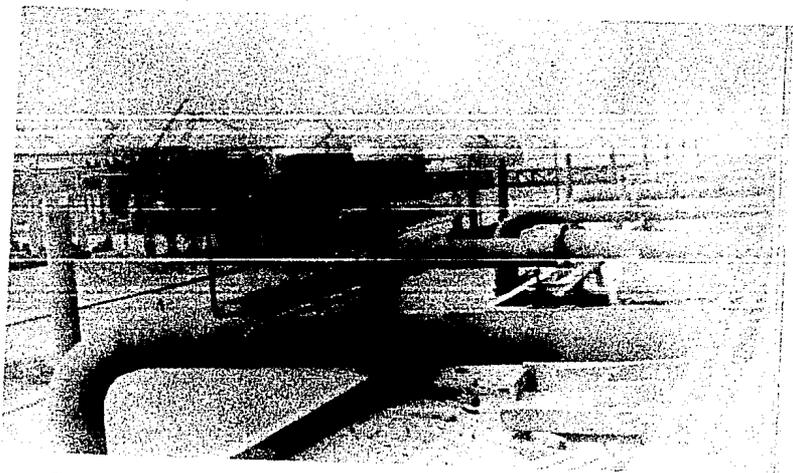
- PLANTA -



- CORTE -



Se observa las piezas que componen la caja de salpiqueo.



Se aprecia la tubería que transporta el agua que descarga en la caja de salpiqueo.

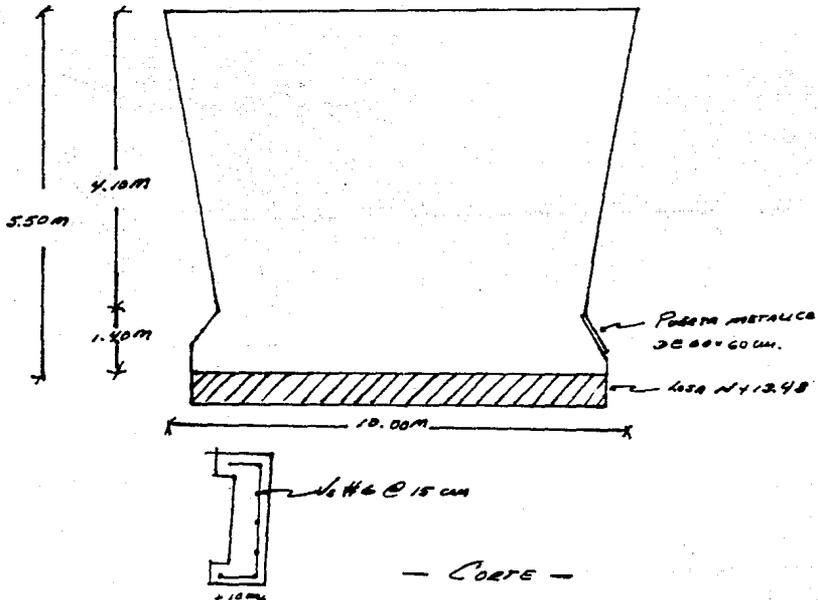
DIFUSORES.

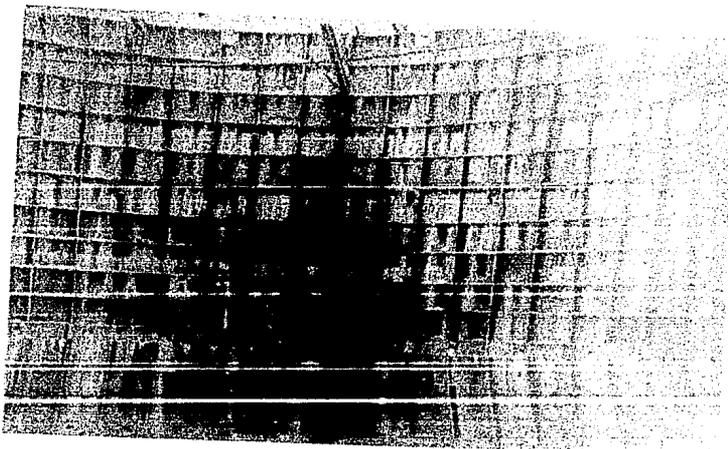
Los difusores son elementos colados en sitio con un espesor de 10 cm. y un concreto de resistencia  $f'c = 200 \text{ Kg/cm}^2$ .

La manera en que se realizó el colado del difusor fué en 3 partes; ésto por la dificultad que se presentaba al cimbrar, por lo que se necesitó que la cimbra fuera metálica.

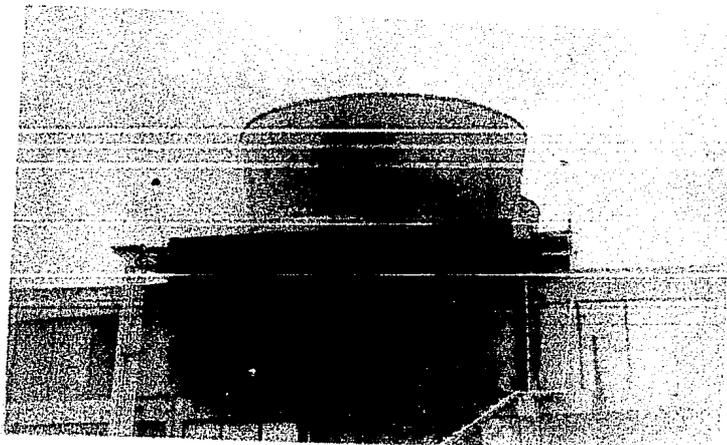
Como se ha mencionado la función del difusor es el de proteger el ventilador de la intemperie y agentes erosivos; además con la finalidad de poder arreglar o dar mantenimiento al ventilador se ha dejado una puerta metálica de  $60 \times 60 \text{ cm}$ .

A continuación se presenta un corte de los difusores.





Cimbra metálica que sirvió para el colado de difusores.



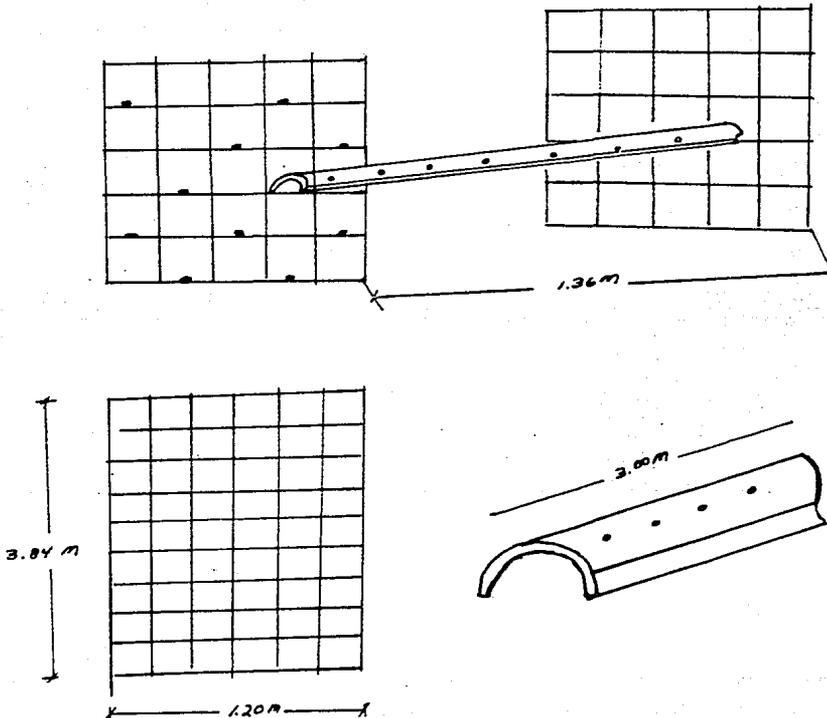
Vista del último difusor, donde se observa la losa N + 13.43 y la escalera que aún no está terminada.

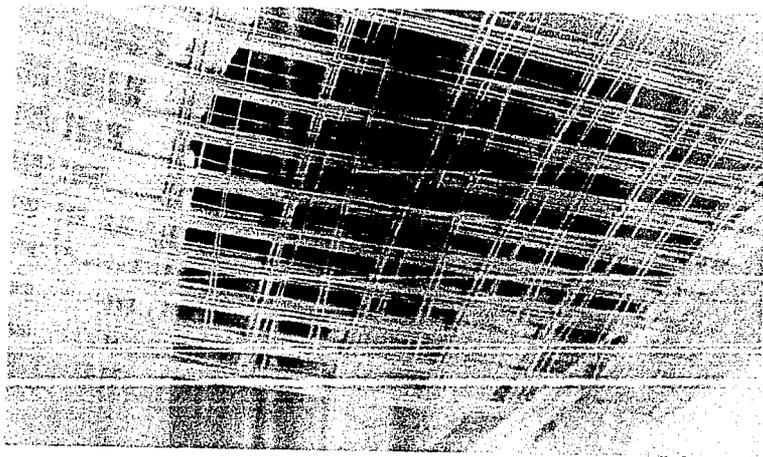
**EMPAQUES.**

Esta estructura está compuesta por una malla de acero inoxidable del No 12, que sirve de soporte para un elemento de polietileno por los cuales circula el agua.

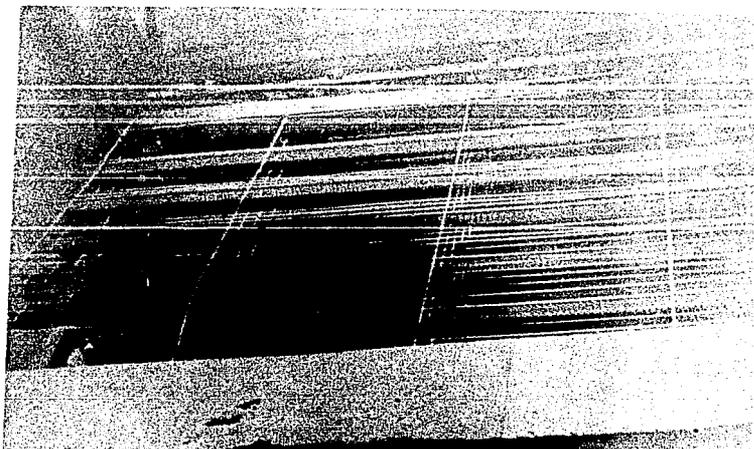
Estas mallas a su vez son soportadas sobre traveses que tienen ahogados unos ganchos.

A continuación se muestran cortes de los empaques.





Mallas de acero inoxidable del No. 12 que sirven de soporte a los empaques.



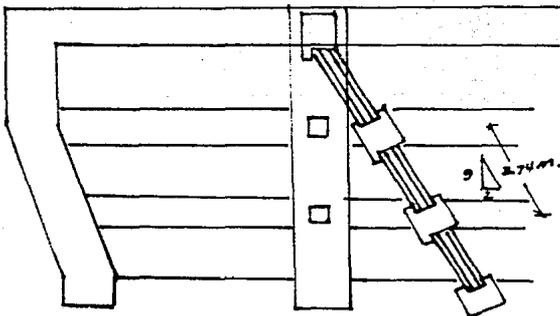
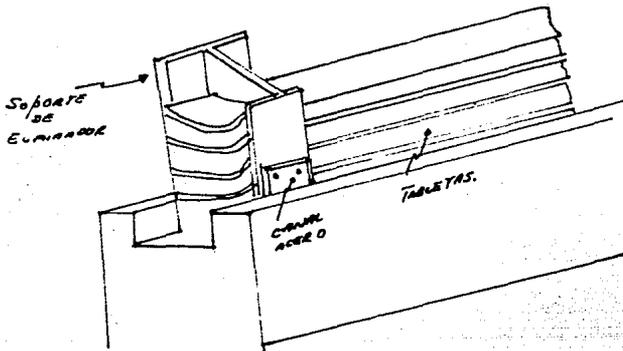
Vista general de los empaques.

ELIMINADOR DE ROCEO.

Esta estructura tiene la finalidad de que el agua no escurra hacia un basillo que se encuentra a la mitad de la torre, por donde circula personal que da mantenimiento a la torre.

Esta estructura está formada por polietileno, y se apoya sobre traveses que se dejaron especialmente para soportar el eliminador de rocío.

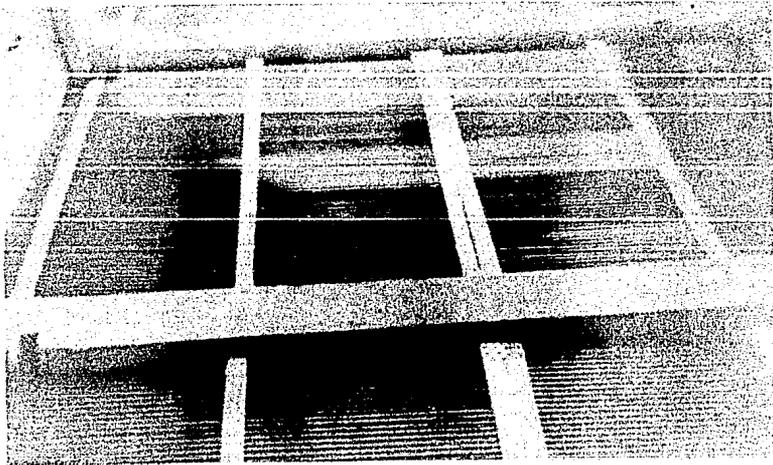
A continuación se muestran cortes dando especificaciones de la estructura.



- CORTE -



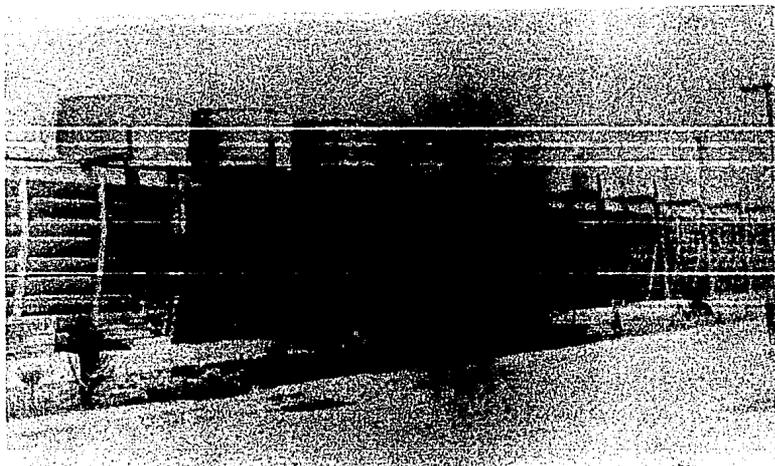
Vista del eliminador de rocío en donde se aprecia un canal que sirve de unión entre el soporte de tabletas y la trabe.



Vista general del eliminador de rocío.



Vista del pasillo en el interior de la torre.



Vista general de la torre de enfriamiento.

## C A P I T U L O V

ANALISIS DEL COSTO DIRECTO PARA LA CONSTRUCCION DE LA TORRE DE ENFRIAMIENTO CT- 104

ANÁLISIS DEL COSTO DIRECTO PARA LA CONSTRUCCION DE LA TORRE  
DE ENFRIAMIENTO GT - 104

La óptima utilización de los recursos con que se cuenta para la realización de una obra debe ser uno de los objetivos primordiales - del Ingeniero, utilización que se refleja en mayor ganancia, tanto - económica como temporal.

El análisis que a continuación presentamos, resume todos los - recursos necesarios y proporciona un amplio panorama de la obra por - ejecutar; este análisis recibe el nombre de PROFORMA.

Se divide para su efecto, en 3 etapas básicas:

En la primera, resume el presupuesto general de obra, o sea, al importe de los conceptos de obra por ejecutar, así como el programa - de construcción. Los precios unitarios: son los autorizados por el - cliente.

En la segunda, resume los recursos necesarios para la realiza - ción de la obra, en cada uno de los análisis de costo directo, de ca - da uno de los conceptos de obra por ejecutar:

1. OBRA DE MANO
2. MATERIALES
3. FLETES
4. MAQUINARIA. En este concepto el coste por unidad ya incluye - rentas, consumo y operación, ya que se cuenta con un departamento de - maquinaria.

OBRA DE MANO. Los salarios reales de cada categoría son los sa - larios reales autorizados en la región, entendiéndose por salario - real lo que cuesta a una empresa un trabajador.

**MATERIALES Y FLETES.** Para los materiales y fletes, la lista de precios resulta de una comparación de precios en el mercado de la región, o lugares cercanos. Como dijimos anteriormente, esta información la podemos obtener del almacén que, además, hace los cargos y que los clasifica en pólizas de diario, en base a los vales.

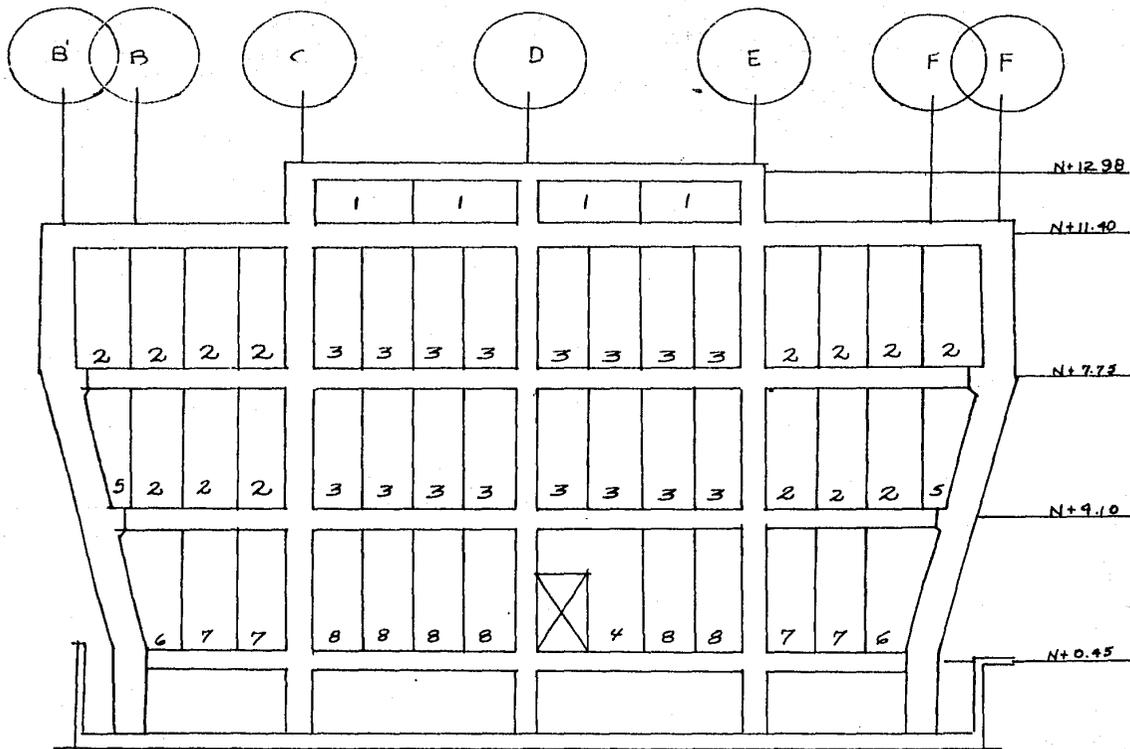
Hay materiales que se cargan de una manera especial al costo, de acuerdo al abance; hacemos esta consideración para materiales, como puede ser la cimbra, la cual es utilizada súbitamente y en cantidades condicionales; podemos amortizarla en un número N de semanas en función del tipo de cimbra y usos que se le darán.

**MAQUINARIA.** Aunque para nuestro análisis se divide en rentas, consumo y operación, toda la maquinaria es rentada y su costo total es la suma de las 3 divisiones anteriores; esta clasificación deja ver una mejor comprensión dentro del análisis de cada una de las actividades a ejecutar en obra.

La tercera etapa muestra el resumen general y los porcentajes de cada uno de los recursos necesarios.

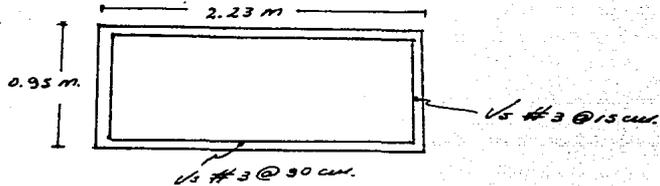
Los rendimientos para conceptos de obra de tipo manual presentados en los análisis, son prácticos y se han determinado mediante observaciones y estudios, realizados en trabajos de complejos similares.

A continuación, se hace la coantificación de concreto, acero y cimbra de los muros que constituyen la Torre de Enfriamiento, para ejemplificar la manera en que se procedió para obtener los volúmenes de todos los elementos que componen la torre de enfriamiento.



Quantificación de muros de la torre de enfriamiento.

Muros tipo 1



Espesor: 10 cm.

Recubrimiento: 2.5 cm.

Acero

$$2.23 - 0.05 \text{ (Recub.)} = \frac{2.18 \text{ m}}{0.15 \text{ m}} + 1 = 16 \text{ vs.} \times 0.90 \text{ m} = 14.40 \text{ m}$$

$$0.95 - 0.05 \text{ (Recub.)} = \frac{0.90 \text{ m}}{0.30 \text{ m}} + 1 = 4 \text{ vs.} \times 2.13 \text{ m} = \frac{8.72 \text{ m}}{23.12 \text{ m}}$$

$$W = 23.12 \text{ m} \times 0.997 \text{ Kg./m} = 23.05 \text{ Kg.}$$

Cimbra

$$(2.23 \times 2 + 0.95 \times 2) \times 0.10 = 0.64 \text{ m}^2$$

Elaboración de concreto

$$\text{Vol.} = 2.23 \text{ m} \times 0.95 \text{ m} \times 0.10 \text{ m} = 0.21 \text{ m}^3$$

Resumen:

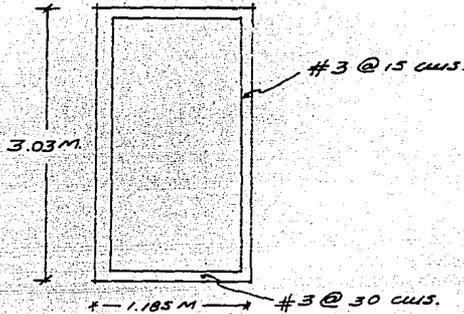
Acero: 23.05 Kg.

Cimbra: 0.64 m<sup>2</sup>

Concreto: 0.21 m<sup>3</sup>

Nota: Los valores obtenidos deben multiplicarse por 4 que es la cantidad de muros tipo 1 que lleva una celda de la torre de enfriamiento.

Muros tipo 2



Espesor: 10 cm.

Recubrimiento: 2.5 cm.

Acero

$$3.03 - 0.05 = \frac{2.98}{0.30} + 1 = 11 \text{ vs } \times 1.135 \text{ m} = 12.49 \text{ m}$$

$$1.185 - 0.05 = \frac{1.135}{0.15} + 1 = 9 \text{ vs } \times 2.98 \text{ m} = \frac{26.92 \text{ m}}{39.31 \text{ m}}$$

$$W = 39.31 \text{ m} \times 0.997 \text{ Kg/m} = 39.19 \text{ Kg.}$$

Cimbra.

$$(3.03 \times 2 + 1.185 \times 2) \times 0.10 = 0.237 \text{ m}^2$$

Elaboración de concreto

$$\text{Vol.} = 3.03 \text{ m} \times 1.185 \text{ m} \times 0.10 \text{ m} = 0.40 \text{ m}^3$$

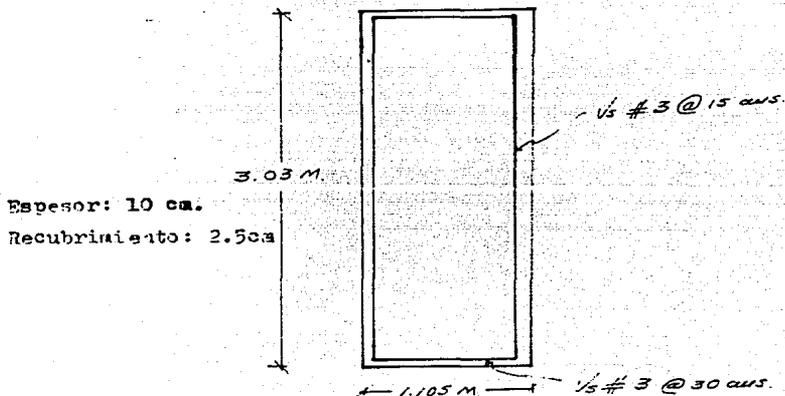
Resumen:

Acero: 39.19 Kg.

Cimbra: 0.237 m<sup>2</sup>Concreto: 0.40 m<sup>3</sup>

Nota: Estos valores hay que multiplicarlos por 14 Piezas.

## Muros tipo 3



## Acero:

$$3.03 \text{ m} - 0.05 \text{ m} = \frac{2.98 \text{ m}}{0.30 \text{ m}} = 10 + 1 = 11 \text{ vs} \times 1.06 = 11.66 \text{ m}$$

$$1.105 \text{ m} - 0.05 \text{ m} = \frac{1.06 \text{ m}}{0.15 \text{ m}} + 1 = 8 \text{ vs} \times 2.98 \text{ m} = \frac{23.84 \text{ m}}{35.50 \text{ m}}$$

$$W = 35.50 \text{ m} \times 0.997 \text{ Kg-/m} = 35.39 \text{ Kg.}$$

## Cimbra:

$$(3.03 \times 2 + 1.105 \times 2) \times 0.10 = 0.83 \text{ m}^2$$

## Elaboración de concreto:

$$\text{Vol.} = 3.03 \text{ m} \times 1.105 \text{ m} \times 0.10 \text{ m} = 0.33 \text{ m}^3$$

## Resumen:

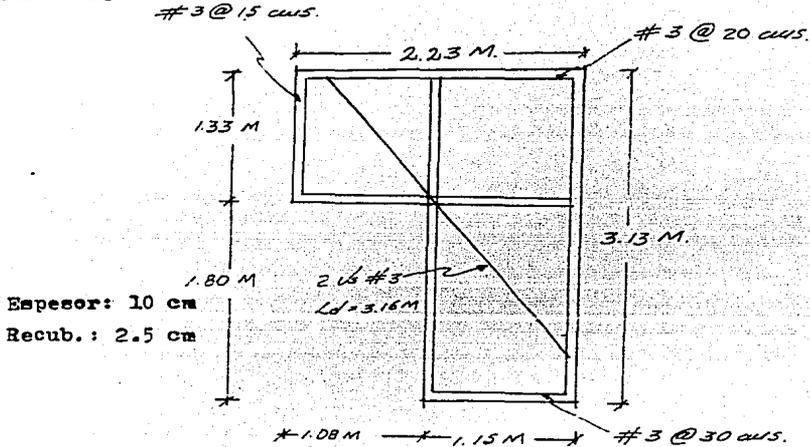
Acero: 35.39 Kg.

Cimbra: 0.83 m<sup>2</sup>

Concrete: 0.33 m<sup>3</sup>

Nota: Estos valores hay que multiplicarlos por 16 piezas.

## Muros tipo 4



## Acero

$$1.08 - 0.025 (\text{recub.}) = \frac{1.06 \text{ m}}{0.15 \text{ m}} + 1 = 8 \text{ vs} \times 1.28 \text{ m} = 10.24 \text{ m}$$

$$1.15 - 0.05 (\text{recub.}) = \frac{1.10 \text{ m}}{0.15 \text{ m}} + 1 = 8 \text{ vs} \times 3.08 \text{ m} = 24.64 \text{ m}$$

$$1.80 - 0.025 (\text{recub.}) = \frac{1.78 \text{ m}}{0.30 \text{ m}} + 1 = 7 \text{ vs} \times 1.10 \text{ m} = 7.70 \text{ m}$$

$$1.33 - 0.05 (\text{recub.}) = \frac{1.28 \text{ m}}{0.20 \text{ m}} + 1 = 7 \text{ vs} \times 2.18 \text{ m} = 15.26 \text{ m}$$

$$2 \text{ vs} \times 3.16 \text{ m} = \frac{6.32 \text{ m}}{64.16 \text{ m}}$$

$$W = 64.16 \text{ m} \times 0.997 \text{ Kg/m} = 63.97 \text{ Kg}$$

## Cimbra

$$(1.33 + 3.13 + 2.23 + 1.15 + 1.08 + 1.80) 0.10 = 1.07 \text{ m}^2$$

## Elaboración de concreto

$$\text{Vol} = (1.33 \times 2.23 + 1.80 \times 1.15) 0.10 = 0.50 \text{ m}^3$$

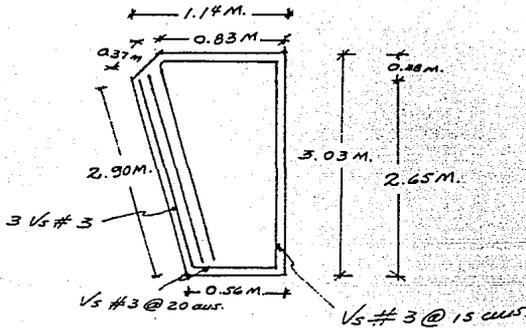
## Resumen

Acero: 63.97 Kg.

Cimbra: 1.07 m<sup>2</sup>

Concreto: 0.50 m<sup>3</sup>

## Muro tipo 5



Espesor: 10 cm.

Recub.: 2.5 cm.

## Acero:

$$0.56 - 0.05 \text{ (recub.)} = \frac{0.51 \text{ m}}{0.15 \text{ m}} + 1 = 4 \text{ vs} \times 2.98 \text{ m} = 11.92 \text{ m}$$

$$3.03 - 0.05 \text{ (recub.)} = \frac{2.98 \text{ m}}{0.20 \text{ m}} + 1 = 16 \text{ vs} \times 0.51 \text{ m} = 8.16 \text{ m}$$

$$3 \text{ vs} \times 2.90 \text{ m}$$

$$= \frac{8.70 \text{ m}}{28.78 \text{ m}}$$

$$W = 28.78 \text{ m} \times 0.997 \text{ Kg/m} = 28.69 \text{ Kg.}$$

## Cimbra

$$(2.90 + 0.37 + 0.83 + 3.03 + 0.56) 0.10 = 0.77 \text{ m}^2$$

## Elaboración de concreto

$$\text{Vol} = \frac{(1.14 + 0.56) \times 2.65}{2} + \frac{1.14 + 0.83}{2} \times 0.38) 0.10 = 0.26 \text{ m}^3$$

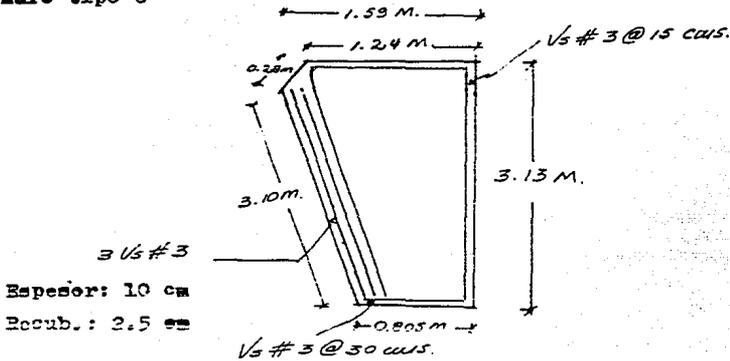
## Resumen

Acero: 28.69 Kg

Cimbra: 0.77 m<sup>2</sup>Concreto: 0.26 m<sup>3</sup>

Nota: Estos valores hay que multiplicarlos por 2 piezas.

## Muro tipo 6



Espesor: 10 cm

Recub.: 2.5 cm

## Acero

$$0.805 - 0.05 \text{ (recub.)} = \frac{0.76 \text{ m}}{0.15 \text{ m}} + 1 = 6 \text{ vs} \times 2.98 \text{ m} = 17.88 \text{ m}$$

$$3.13 - 0.05 \text{ (recub.)} = \frac{2.98 \text{ m}}{0.30 \text{ m}} + 1 = 11 \text{ vs} \times 0.76 \text{ m} = 8.36 \text{ m}$$

$$3 \text{ vs} \times 3.10 \text{ m} = \frac{9.30 \text{ m}}{35.54 \text{ m}}$$

$$W = 35.54 \text{ m} \times 0.997 \text{ Kg/m} = 35.43 \text{ Kg.}$$

## Cimbra

$$(3.10 + 0.28 + 1.24 + 3.13 + 0.805) 0.10 = 0.86 \text{ m}^2$$

## Elaboración de concreto

$$\text{Vol} = \frac{(1.59 + 0.805) \times 3.00}{2} + \frac{1.59 + 1.24}{2} \times 0.13 \times 0.10 = 0.38 \text{ m}^3$$

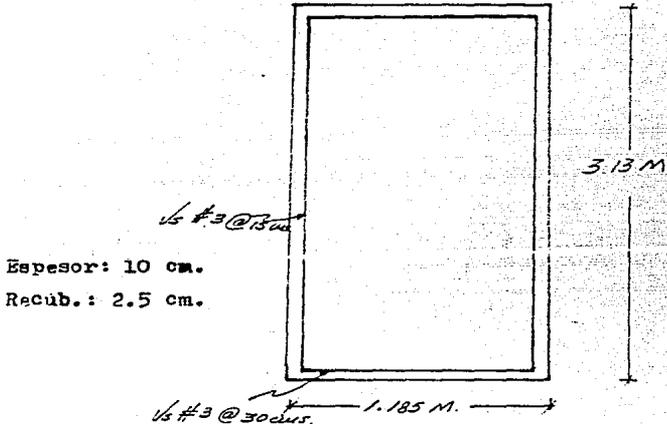
## Resumen

Acero: 35.43 Kg.

Cimbra: 0.86 m<sup>2</sup>Concreto: 0.38 m<sup>3</sup>

Nota: Estos valores hay que multiplicarlos por 2 piezas.

## Muro tipo 7



Espesor: 10 cm.

Recub.: 2.5 cm.

## Acero

$$1.185 - 0.05 \text{ (recub.)} = \frac{1.14 \text{ m}}{0.15 \text{ m}} + 1 = 9 \text{ vs} \times 3.08 \text{ m} = 27.72 \text{ m}$$

$$3.13 - 0.05 \text{ (recub.)} = \frac{3.08 \text{ m}}{0.30 \text{ m}} + 1 = 11 \text{ vs} \times 1.14 \text{ m} = \frac{12.54 \text{ m}}{40.26 \text{ m}}$$

$$W = 40.26 \text{ m} \times 0.997 \text{ Kg/m} = 40.14 \text{ Kg.}$$

## Cimbra

$$[(3.13 \times 2) + (1.185 \times 2)] \times 0.10 = 0.86 \text{ m}^2$$

## Elaboración de concreto

$$\text{Vol.} = 3.13 \text{ m} \times 1.185 \text{ m} \times 0.10 \text{ m} = 0.37 \text{ m}^3$$

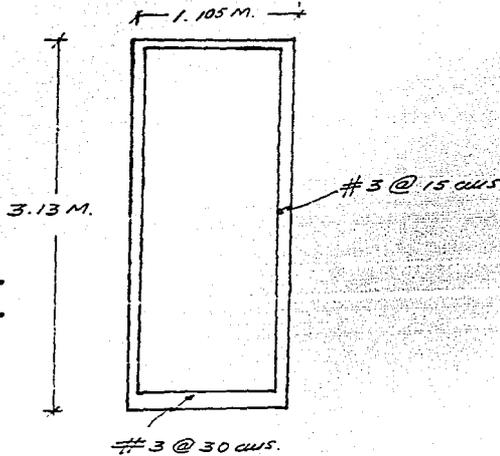
## Resumen

Acero: 40.14 Kg.

Cimbra: 0.86 m<sup>2</sup>Concreto: 0.37 m<sup>3</sup>

Nota: estos valores hay que multiplicarlos por 4 piezas.

Muros tipo 8



Espesor: 10 cm.

Recub.: 2.5 cm.

Acero

$$1.105 - 0.05 \text{ (recub.)} = \frac{1.06 \text{ m}}{0.15 \text{ m}} + 1 = 8 \text{ vs} \times 3.08 \text{ m} = 24.64 \text{ m}$$

$$3.13 - 0.05 \text{ (recub.)} = \frac{3.08 \text{ m}}{0.30 \text{ m}} + 1 = 11 \text{ vs} \times 1.06 \text{ m} = \frac{11.66 \text{ m}}{36.30 \text{ m}}$$

$$W = 36.30 \text{ m} \times 0.997 \text{ Kg/m} = 36.19 \text{ Kg.}$$

Cimbra

$$\left[ (3.13 \times 2) + (1.105 \times 2) \right] 0.10 = 0.85 \text{ m}^2$$

Elaboración de concreto

$$\text{Vol} = 3.13 \text{ m} \times 1.105 \text{ m} \times 0.10 \text{ m} = 0.35 \text{ m}^3$$

Resumen

Acero: 36.19 Kg.

Cimbra: 0.85 m<sup>2</sup>Concreto: 0.35 m<sup>3</sup>

Nota: Estos valores hay que multiplicarlos por 6 piezas.

Quantificación de acero de los muros precolados

Muro tipo	Piezas	No. de muros	Acero por pieza	Acero total
1	4	15	23.05 Kg.	1,383.00 Kg.
2	14	15	39.19 Kg.	8,229.90 Kg.
3	16	15	35.39 Kg.	8,493.60 Kg.
4	1	15	63.97 Kg.	959.55 Kg.
5	2	15	28.69 Kg.	860.70 Kg.
6	2	15	35.43 Kg.	1,062.90 Kg.
7	4	15	40.14 Kg.	2,408.40 Kg.
8	6	15	36.19 Kg.	3,257.10 Kg.
<b>Total</b>	<b>49</b>			<b>26,655.15 Kg.</b>

Quantificación de cimbra de los muros precolados

Muro tipo	Piezas	No. de muros	Cimbra por pieza	Cimbra total
1	4	15	0.64 m <sup>2</sup>	38.40 m <sup>2</sup>
2	14	15	0.24 "	50.40 "
3	16	15	0.83 "	199.20 "
4	1	15	1.07 "	16.05 "
5	2	15	0.77 "	23.10 "
6	2	15	0.86 "	25.80 "
7	4	15	0.86 "	51.60 "
8	6	15	0.85 "	76.50 "
<b>Total</b>	<b>49</b>			<b>481.05 "</b>

## Cuantificación de concreto de los muros precolados

Muro tipo	Pzas.	No. de muros	concreto p/pza.	Concreto total
1	4	15	0.21 m <sup>3</sup>	12.60 m <sup>3</sup>
2	14	15	0.40 "	84.00 "
3	16	15	0.33 "	79.20 "
4	1	15	0.50 "	7.50 "
5	2	15	0.26 "	7.80 "
6	2	15	0.38 "	11.40 "
7	4	15	0.37 "	22.20 "
8	6	15	0.35 "	31.50 "
<b>Total</b>	<b>49</b>			<b>256.20 "</b>

LOS VOLUMENES DE OBRA TOTAL POR EJECUTAR SON :

VOLUMENES DE OBRA (EDIFICIO)

CIMBRA Y CONCRETO

EJES 1, 13, 26, 39

<u>ESTRUCTURA</u>	<u>CIMBRA</u>	<u>CONCRETO</u>
Columnas C (0-1)	51.08 m <sup>2</sup>	3.12 m <sup>3</sup>
Muro Tipo 1	38.40	12.60
Trabes 1er. Nivel	41.72	3.80
Columnas C (1-2)	42.16	3.56
Muro Tipo 2	50.40	84.00
Trabes 2o. Nivel	47.04	3.76
Columnas C (2-3)	46.76	3.92
Muro Tipo 3	199.20	79.20
Trabes 3er. Nivel	50.88	3.76
Columnas C (3-4)	46.76	3.76
Muro Tipo 4	16.05	7.50
Trabes 4o. Nivel	51.44	4.12
Columnas C (4-5)	46.76	3.76
Trabes 5o. Nivel	61.32	4.32
Columnas C (5-6)	52.28	4.04
Trabes 6o. Nivel	108.88	12.92
	<u>951.13</u>	<u>238.14</u>

## VOLUMENES DE OBRA

CIMBRA Y CONCRETO

EJES: 4, 7, 10, 14, 17, 20, 23, 27, 30, 33, 36.

<u>ESTRUCTURA</u>	<u>CIMBRA</u>	<u>CONCRETO</u>
Columnas C (0-1)	51.08 m <sup>2</sup>	8.58 m <sup>3</sup>
Trabes 1er. Nivel	114.73	10.45
Muro Tipo 5	23.10	7.80
Columnas C (1-2)	115.94	9.79
Muro Tipo 6	25.80	11.40
Trabes 2o. Nivel	129.36	10.34
Columnas C (2-3)	142.45	10.78
Muro Tipo 7	51.60	22.20
Trabes 3er. Nivel	139.92	10.78
Columnas C (3-4)	142.45	10.78
Muro Tipo 8	76.50	31.50
Trabes 4o. Nivel	141.46	11.33
Columnas C (4-5)	142.45	10.78
Trabes 5o. Nivel	168.63	11.88
Columnas C (5-6)	143.77	11.11
Trabes 6o. Nivel	314.49	41.47
	<hr/>	<hr/>
	1923.73	230.97

VOLUMENES DE OBRA  
CIMBRA Y CONCRETO

---

12 INTERCELDAS.

<u>ESTRUCTURAS</u>	<u>CIMBRA</u>	<u>CONCRETO</u>
Muretes N (0-1)	34.32 m <sup>2</sup>	2.57 m <sup>3</sup>
Columnas C (0-1)	152.64	18.72
Trabes 1er. Nivel	850.08	64.68
Columnas C (1-2)	365.04	23.52
Trabes 2o. Nivel	1,038.4	78.48
Columnas C (2-3)	365.04	23.52
Trabes 3er. Nivel	1,055.40	79.92
Columnas C (3-4)	365.04	23.52
Trabes 4o. Nivel	1,072.56	81.48
Columnas C (4-5)	365.04	23.52
Trabes 5o. Nivel	1,089.60	82.80
Columnas C (5-6)	366.24	24.12
Trabes 6o. Nivel	2,701.20	296.40
	<hr/> 9,821.16	<hr/> 823.25

## VOLUMENES DE OBRA

CIMBRA                      Y                      CONCRETO

<u>ESTRUCTURA</u>	<u>CIMBRA</u>	<u>CONCRETO</u>
Plantilla	27.70 m <sup>2</sup>	131.10 m <sup>3</sup>
Charola	138.52	655.43
Dados (180 Pzas)	72.00	27.75
Muro Lateral	716.41	61.74
Persianas 1er. Nivel	392.11	38.26
Persianas precoladas (288 Pzas)	285.98	184.32
Trabes precoladas (total)	2,895.27	206.93
Difusor (1o. 2o. 3er. Anillo 12 Pzas. )	3,812.16	275.52
Bases del motor, abanico y fle cha	136.80	19.20
Losa 7o. Nivel	753.12	110.16
Losa 6o. Nivel	1,922.40	180.00
Pestos precolados	269.28	6.87
Caja de Salpiqueo	96.64	7.44
	<hr/>	<hr/>
	11,419.39	1,904.72
 RESUMEN :		
	<u>CIMBRA</u>	<u>CONCRETO</u>
	951.13 m <sup>2</sup>	238.14 m <sup>3</sup>
	1,923.73	230.97
	9,821.16	823.25
	11,419.39	1,904.72
	<hr/>	<hr/>
	24,115.41	3,197.08

VOLUMENES DE OBRA DE CIMBRA Y CONCRETO DE OBRAS  
COMPLEMENTARIAS

CARCANO DE BOMBEO

ESTRUCTURA	CIMBRA	CONCRETO
Plantilla	6.60 M2	20.83 M3
Zapata	16.50 M2	50.02 M3
Muros	838.40 M2	117.90 M3
Losas	167.08 M2	25.34 M3
Trabes	79.42 M2	11.77 M3
	<u>1108.00 M2</u>	<u>225.86 M3</u>

CAHAL DE CONDUCCION

ESTRUCTURA	CIMBRA	CONCRETO
Plantilla	19.91 M2	44.80 M3
Zapata	49.79 M2	112.00 M3
Muros	736.79 M2	73.69 M3
Zona Compuertas	193.84 M2	30.24 M3
	<u>1000.43 M2</u>	<u>260.73 M3</u>

## REGISTROS

ESTRUCTURA	CIMBRA	CONCRETO
Plantilla	16.6	4.8
Zapata	19.2	9.6
Muros	449.28	44.93
	<u>479.08</u>	<u>59.33</u>

ACERO DE REFUERZO POR CELDA

<u>ESTRUCTURA.</u>	$\emptyset$ 5/16	$\emptyset$ 3/8	$\emptyset$ 1/2	$\emptyset$ 5/8	$\emptyset$ 3/4	$\emptyset$ 1"
Losa de cimentación	-	-	2,053	3,104	1,856	1,943
Columnas C (0-1)	42	-	-	-	-	746
Muro Lat. incluye Pers.	-	318	584	-	-	-
Muretes	-	18	26	-	-	-
Trabes 1er. Nivel	220	65	-	211	552	81
Columnas C (1-2)	45	-	-	250	-	-
Trabes 2o. Nivel	224	52	-	330	643	582
Columnas C (2-3)	45	28	-	419	-	-
Trabes 3er. Nivel	227	52	-	110	1,091	342
Columnas C (3-4)	45	28	-	-	-	-
Trabes 4o. Nivel	231	52	31	273	888	389
Columnas C (4-5)	45	28	-	274	206	-
Trabes 5o. Nivel	233	52	49	398	824	40
Columnas C (5-6)	60	28	-	-	-	-
Trabes 6o. Nivel	569	276	493	366	-	867
Base del motor y AB.	28	-	26	43	-	-
Losa del 7o. Nivel	-	19	860	-	199	140
Difusor 1er. Anillo.	14	227	546	95	179	-
Difusores precolados.	19	574	-	-	-	-
Trabes precolados.	745	378	1,110	492	-	-
Persianas	676	-	276	245	326	-
Trabe-Losa 6o. Nivel	859	321	883	134	-	-
	<u>4,327</u>	<u>2,506</u>	<u>6,537</u>	<u>6,744</u>	<u>6,764</u>	<u>5,230</u>
Todo x 12	51,924	30,072	78,444	80,928	81,168	62,760

E J E S 1, 13, 26, 39

<u>ESTRUCTURA</u>	$\emptyset$ 5/16	$\emptyset$ 3/8	$\emptyset$ 1/2	$\emptyset$ 5/8	$\emptyset$ 3/4	$\emptyset$ 1"
Columna C (0-1)	20	-	-	-	-	373
Trabe 1er. Nivel	32	-	86	-	-	-
Columna C (1-2)	23	-	-	90	55	-
Trabe 2o. Nivel	35	-	98	-	-	-
Columna C (2-3)	23	14	-	151	91	-
Trabe 3er. Nivel	36	-	100	-	-	-
Columna C (3-4)	23	14	-	-	-	-
Trabe 4o. Nivel	38	-	104	-	-	-
Columna C (4-5)	23	14	-	87	108	-
Trabe 5o. Nivel	39	-	109	-	-	-
Columna C (5-6)	30	14	-	-	-	-
Trabe 6o. Nivel	82	-	36	47	202	-
	<u>404</u>	<u>56</u>	<u>533</u>	<u>375</u>	<u>528</u>	<u>373</u>
Todo x 4	1,616	224	2,132	1,500	2,112	1,492

## ACERO DE REFUERZO

EJES 4, 7, 17, 20, 23, 30, 33, 36.

<u>ESTRUCTURA</u>	Ø 5/16	Ø 3/8	Ø 1/2	Ø 5/8	Ø 3/4	Ø 1"
Columna C (0-1)	20	-	-	-	-	373
Trabe 1er. Nivel	32	-	86	-	-	-
Columna C (1-2)	23	-	-	90	55	-
Trabe 2o. Nivel	35	-	98	-	-	-
Columna C (2-3)	23	14	-	151	91	-
Trabe 3er. Nivel	36	-	100	-	-	-
Columna C (3-4)	23	14	-	-	-	-
Trabe 4o. Nivel	38	-	104	-	-	-
Columna C (4-5)	23	14	-	87	180	-
Trabe 5o. Nivel	39	-	109	-	-	-
Columna C (5-6)	30	14	-	-	-	-
Trabe 6o. Nivel	82	-	36	47	202	-
	<u>404</u>	<u>56</u>	<u>533</u>	<u>375</u>	<u>528</u>	<u>373</u>
Todo x 9	3,636	504	4,797	3,375	4,752	3,357

AGERO DE REFUERZO DE EJES 14, 27

<u>ESTRUCTURA</u>	$\emptyset$ 5/16	$\emptyset$ 3/8	$\emptyset$ 1/2	$\emptyset$ 5/8	$\emptyset$ 3/4	$\emptyset$ 1"
Columna C (0-1)	20	-	-	-	-	373
Trabe 1er. Nivel	33	-	22	87	27	-
Columna C (1-2)	24	-	-	125	-	-
Trabe 2o. Nivel	90	-	-	-	62	297
Columna C (2-3)	24	14	-	210	-	-
Trabes 3er. Nivel	36	-	-	-	227	-
Columna C (3-4)	24	14	-	-	-	-
Trabe 4o. Nivel	38	-	-	72	135	-
Columna C (4-5)	24	14	-	205	-	-
Trabes 5o. Nivel	40	-	17	43	140	-
Columna C (5-6)	31	14	-	-	-	-
Trabe 6o. Nivel	102	-	18	47	237	-
	<u>486</u>	<u>56</u>	<u>57</u>	<u>789</u>	<u>828</u>	<u>670</u>
Todo x 2	972	112	114	1,578	1,656	1,340

ACERO DE REFUERZO

<u>ESTRUCTURA</u>	$\emptyset$ 5/16	$\emptyset$ 3/8
Postes precolados	539	1,246
Caja de Salpiques	207	196
Fasillos	302	1,280
Muros Precolados	—	26,655

## RESUMEN

$\emptyset$ 5/16	$\emptyset$ 3/8	$\emptyset$ 1/2	$\emptyset$ 5/8	$\emptyset$ 3/4	$\emptyset$ 1"
51,924	30,072	78,444	80,928	81,168	62,760
1,616	224	2,132	1,500	2,112	1,492
3,636	504	4,797	3,375	4,752	3,357
972	112	114	1,578	1,656	1,340
539	1,246	-	-	-	-
207	196	-	-	-	-
302	1,280	-	-	-	-
-	26,655	-	-	-	-
<u>59,196</u>	<u>60,289</u>	<u>85,487</u>	<u>87,381</u>	<u>89,688</u>	<u>68,949</u>

VOLUMENES DE OBRA DE ACERO RF20. DE OBRAS COMPLEMEN  
TARIAS

CARCANO DE BOMBEO

Estructura	∅ 5/16"	∅ 3/8"	∅ 1/2"	∅ 5/8"	∅ 3/4"	∅ 1"
Zapata			4383			
Muros		2565	4594			
Losas			2282			
Trabas	303				1701	
	<u>303</u>	<u>2565</u>	<u>11259</u>		<u>1701</u>	

CANAL DE CONDUCCION

Estructura	∅ 5/16"	∅ 3/8"	∅ 1/2"	∅ 5/8"	∅ 3/4"	∅ 1"
Zapata		2364	892	2162		
Muros		4320				
Zona Compuertas		1835				
		<u>8519</u>	<u>892</u>	<u>2162</u>		

REGISTROS

Estructura	∅ 5/16"	∅ 3/8"	∅ 1/2"	∅ 5/8"	∅ 3/4"	∅ 1"
Zapata		588				
Muros		1059		005		
		<u>1647</u>		<u>005</u>		

## RESUMEN TOTAL DE LOS PRINCIPALES VOLUMENES DE OBRA

LOCALIZACION	CIMBRA M <sup>2</sup>	CONCRETO M <sup>3</sup>
ESTRUCTURA DE TORRE	24,115.41	3,197.08
CARGAMO DE BOMBEO	1,108.00	255.86
CANAL DE CONDUCCION	1,000.43	260.73
REGISTROS	478.08	59.33
	<u>26,701.92</u>	<u>3,773.00</u>

LOCALIZACION	ACERO DE REFUERZO EN TON.					
	Ø 5/16"	Ø 3/8"	Ø 1/2"	Ø 5/8"	Ø 3/4"	Ø 1"
ESTRUCTURA DE TORRE	59.20	60.29	85.49	87.38	89.67	68.95
CARGAMO DE BOMBEO	0.30	2.57	11.26	—	1.70	—
CANAL DE CONDUCCION	—	8.52	0.89	2.16	—	—
REGISTROS	—	1.65	—	0.05	—	—
	<u>59.50</u>	<u>73.03</u>	<u>97.64</u>	<u>89.59</u>	<u>91.37</u>	<u>68.95</u>

1. ACERO DE REFUERZO = 480.08 Ton.

2. CIMBRAS = 26,701.92 m<sup>2</sup>

3. CONCRETOS = 3,773.00 m<sup>3</sup>

A continuación, trataremos sobre el presupuesto de obra, y para no hacer extenso dicho presupuesto ( como el análisis de costo directo ) solo apuntamos las principales actividades que representa de una forma general a todo el proyecto.

Observaremos también el presupuesto, que para el acero de refuerzo, la cimbra y el concreto se tomara un precio unitario promedio, la idea sería tomar el precio unitario de cada uno de los conceptos que los forman, pero lo haremos de la primera forma como se ejemplifica en el acero, sin que éste se aparte de la eficacia y de la realidad.

## PRESUPUESTO GENERAL DE OBRA

Concepto de Obra	Unidad	Volúmea	P.U.	Importe
1. Desmonte y desplante de terrac. (30 cm.)	m <sup>3</sup>	7,500.00	94.93	711,975.00
2. Limpieza Trazo y niv.	m <sup>2</sup>	25,000.00	33.66	841,500.00
3. Excavación con Mqna. de 0-2 m en mat. "B"	m <sup>3</sup>	4,875.00	311.74	1,519,732.50
4. Suministro, habilit. y coloc. de acero de refuerzo.				

∅ 5/16	Ton.	59.50	152,219.32
∅ 3/8	Ton	73.03	146,731.42
∅ 1/2	Ton	97.64	146,071.31
∅ 5/8	Ton	89.59	140,566.03
∅ 3/4	Ton	91.37	138,372.74
∅ 1"	Ton	<u>68.95</u>	<u>138,372.74</u>

Sumas: 480.08 862,333.56

P.U. Prom. \$ 862,333.56 = 143,722.26  
6

Resumen Acero de Ref.	Ton.	480.08	143,722.26	68,998,183.00
5. Cimbras Acabado Apar.	m <sup>2</sup>	26,701.92	2,765.84	73,853,238.00
6. Elaboración y vaciado de concreto.	m <sup>3</sup>	3,773.00	13,333.43	50,307,031.00
7. Suministro de anclas galv. ∅ 5/8 a ∅ 7/8	Pza	3,834.00	394.46	1,512,359.60
8. Suministro de anclas de ∅ 1" a ∅ 1 1/2 "	Pza	102.00	1,383.80	141,147.60
9. Colocación de anclas galv. ∅ 5/8" a 7/8"	Pza.	3,834.00	1,255.98	4,815,427.30
10. Colocación de anclas de 1" a ∅ 1 1/2"	Pza.	102.00	2,749.23	280,421.46

11. Acarreo de Precollados. Ton. 973.34 3,989.26 3'882,906.30
12. Montaje de Precollados. Ton. 973.34 3,624.39 3'527,763.80
13. Para la construcción, se utilizó como obra falsa un lote de andamios tubulares "Dalmine" durante doce meses, pagado de la siguiente forma (Incluye renta, fletes, cargos fijos, etc).

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P.U./MES	IMPORTE
13.1 Tubo 48 mm	ml.	19,393.44	91.74	1'779,154.20
13.2 Juntas ortogonales.	Pza.	13,490.00	85.36	1'151,506.40
13.3 Pasadores guía	Pza.	3,314.00	35.75	118,475.50
13.4 Bases Norma. de apoyo.	Pza.	1,022.00	62.48	63,854.56
13.5 Bases regulables.	Pza.	520.00	183.92	95,638.40

\$ 3'208,629.10

\$ 3'208,629.10 x 12 meses = \$ 38'503,549.00

13.6 Obra de mano 43 % sobre la renta = \$ 16'556,526.00

Presupuesto total = \$ 265'251,000.00

Nota: Estos valores fueron obtenidos del catalogo de PEMEX con vigencia del mes de agosto de 1986.

C A P I T U L O VI

CONCLUSIONES

CONCLUSIONES

Tomando en cuenta la magnitud de la obra, es necesario planear ésta, en lo que a procedimientos de construcción se refiere, prestando especial atención a la obtención de costos menores, así como la reducción de tiempos de ejecución, sin perder de vista la calidad de la obra.

A continuación, se dan algunos criterios y recomendaciones para la localización y orientación de la torre de enfriamiento.

LOCALIZACION:

- Evitar interferencias en el flujo de aire a la torre.
- Evitar fuentes de calor cercanas.
- Lejanía de estacionamientos y calles.
- Evitar coincidencia entre: dirección de vientos reinantes, torre de enfriamiento y equipos eléctricos o subestaciones.
- Proveer fácil acceso y suficiente espacio de trabajo para mantenimiento.

ORIENTACION:

- Para una torre individual menor a 75 m. de largo, se recomienda alinearla longitudinalmente a la dirección de los vientos reinantes de verano.
- Para torres de una longitud comprendida entre 75 y 110 m. se recomienda alinearlas perpendicularmente a la dirección de los vientos reinantes de verano.
- Para torres mayores de 100 m. se debe considerar la posibilidad de dividirla en secciones no mayores de 35 m.
- Para el caso de instalaciones de unidades de enfriamiento, se puede establecer que, conforme el número de unidades, se incrementa el arreglo perpendicular a los vientos reinantes, es más favorable que el longitudinal.

Otro de los elementos útiles es el amplio conocimiento de la administración, pues está encerrada en ella la organización que nes -  
guía el buen funcionamiento de la obra, y por lo tanto, el éxito de-  
la misma, por lo que es conveniente que el Ingeniero responsable de-  
la obra tenga muy en cuenta lo relativo a la administración.

Un factor muy importante es la toma de decisiones, pues de la -  
certeza de ellas depende el éxito del objetivo principal, que es el -  
económico. Por lo que el Ingeniero Civil debe tener el nivel o prepa  
ración adecuada para que su decisión se oriente de una manera conve-  
niente.

## B I B L I O G R A F I A

1. Boletín sobre el complejo petroquímico "Morelos"  
Editado por Petróleos Mexicanos.
2. Mecánica de suelos "Cimentaciones"  
Juárez Badillo y Rice Rodríguez.
3. Torres de Enfriamiento.  
J. Brown.
4. Torres de Enfriamiento.  
John N Perry