

31
2oj.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

CONSTRUCCION DE LAS CIMENTACIONES PRINCIPALES
PARA LA CENTRAL TERMoeLECTRICA TUXPAN,
UNIDADES 1 Y 2.

FALLA DE CRISIS

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO CIVIL

P R E S E N T A :

MARTIN COMPARAN TELLEZ





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.

**CONSTRUCCION DE LAS CIMENTACIONES PRINCIPALES PARA LA CENTRAL
TERMOELECTRICA TUXPAN, U-1 Y 2**

CAPITULO I.- INTRODUCCION.

| | | |
|------|------------------|---|
| I.a) | La electricidad. | 1 |
| I.b) | Objetivo. | 4 |

**CAPITULO II.- DESCRIPCION DE LA CENTRAL TERMOELECTRICA TUXPAN
U-1 Y 2.**

| | | |
|-------|----------------------|----|
| II.a) | Localización. | 7 |
| II.b) | Ciclo de generación. | 9 |
| II.c) | Descripción general. | 10 |

CAPITULO III.- ESTUDIOS PRELIMINARES.

| | | |
|--------|--|----|
| III.a) | Estudio de Gran Visión. | 15 |
| III.b) | Estudio de Factibilidad. | 16 |
| | 1.- Localización del Sitio. | 16 |
| | 2.- Agua para el ciclo de enfriamiento. | 17 |
| | 3.- Manejo del combustóleo | 18 |
| III.c) | Estudios Básicos de Ingeniería. | 19 |
| | 1.- Estudio de Mecánica de Suelos. Trabajos realizados. Estratigrafía. | 20 |
| | 2.- Recomendaciones. Despalme y rellenos. Estructuras principales. Estructuras de peso intermedio y secundarias. Excavaciones. | 22 |

CAPITULO IV.- PROCESO CONSTRUCTIVO DE LAS CIMENTACIONES.

| | | |
|-------|--|----|
| IV.a) | Fabricación de los pilotes. | 26 |
| | 1.- Construcción de las camas de colado. | 26 |
| | 2.- Elección del tipo de cimbra. | 27 |
| | 3.- Habilitados. | 30 |
| | 4.- Colado. | 33 |
| | 5.- Curado. | 35 |

| | |
|---|-----------|
| IV.b) Manejo de los pilotes. | 40 |
| IV.c) Hincado de los pilotes. | 42 |
| 1.- Especificaciones de hincado. | 44 |
| 2.- Preparación de la zona de hincado. | 48 |
| 3.- Perforación previa. | 48 |
| 4.- Coado y lanzamiento de los pilotes. | 51 |
| 5.- Hincado. | 53 |
| 6.- Descripción del equipo utilizado. | 55 |
| IV.d) Construcción de la zapata cabezal. | 63 |
| 1.- Excavación hasta nivel de desolante. | 63 |
| 2.- Control de filtraciones. | 69 |
| 3.- Armado, cimbrado y colado de las zapatas. | 71 |
| Colocación del Concreto. | |
| Vibrado. | |
| Curado y protección. | |
| Cimbra. | |
| Tiempos mínimos para descimbrar. | |
| Acero de refuerzo. | |
| Generales. | |
| IV.e) Rellenos. | 83 |
| CAPITULO V.- CONCLUSIONES. | 84 |
| Bibliografía. | 86 |

I.a) La Electricidad.

La electricidad es una forma de energía particularmente ventajosa en la civilización moderna, que se obtiene en cantidades considerables a partir de energéticos tales como los combustibles fósiles o el aprovechamiento de caídas de agua, y puede transmitirse a través de largas distancias hasta los centros de consumo mediante líneas de transmisión. Tanto en las ciudades como en las zonas rurales se distribuye y controla fácilmente para transformarse en luz, calor, fuerza motriz y señales de comunicación, con una gran variedad de aplicaciones industriales y domésticas.

Los principales recursos naturales en México como energéticos para producir electricidad son:

Los combustibles fósiles (carbón, gas natural y petróleo y sus derivados), utilizados en plantas termoeléctricas, plantas turbogas, generadores diesel, etc.

Las caídas de agua utilizadas en plantas hidroeléctricas.

El vapor geotérmico, utilizado en plantas geotermoeléctricas.

En las centrales termoeléctricas, la energía de los combustibles fósiles se emplea para producir vapor de agua en un generador de vapor, el cual hace girar a una turbina acoplada a un generador eléctrico, fig. 1.1.

En las centrales turbogás, el gas natural o algunos derivados del petróleo se queman para impulsar directamente a la turbina acoplada al generador eléctrico. Si el calor de los gases que salen de la turbina se aprovecha para generar vapor de agua que hace girar a otra turbina acoplada a otro generador eléctrico, la planta es de ciclo combinado.

En estos casos el energético, o sea el combustible fósil, es un recurso natural no renovable.

En las centrales hidroeléctricas la energía mecánica del agua hace girar a una turbina acoplada a un generador eléctrico. En éste caso el energético, o sea la caída de agua, es renovable y su disponibilidad depende de la frecuencia e intensidad de las lluvias y de la capacidad de las presas y vasos de captación, fig.1.2.

En las centrales geotermoléctricas, la energía calorífica del núcleo terrestre produce vapor de agua que hace girar una turbina acoplada a un generador eléctrico. Para generar y extraer éste vapor se requieren condiciones geológicas apropiadas, fig. 1.3.

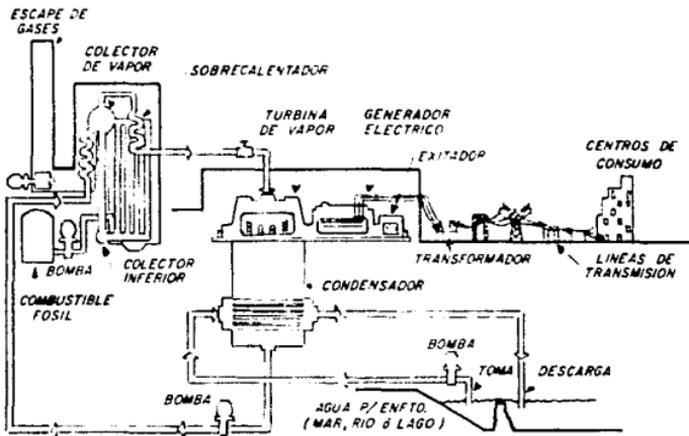


FIG. 1.1 ESQUEMA DE UNA CENTRAL TERMoeLECTRICA

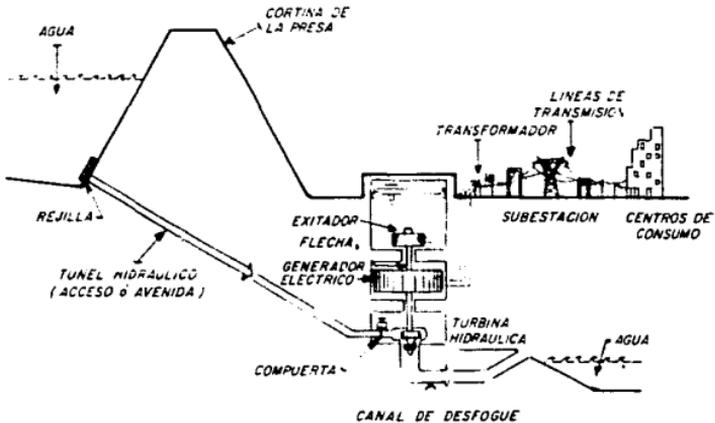


FIG. 1.2 ESQUEMA DE UNA CENTRAL HIDROELECTRICA

| | | |
|---|---|--|
| <p>FACULTAD DE INGENIERIA UNAM</p> | <p>CONSTRUCCION DE LAS CIMENTACIONES PRINCIPALES DE LA C. T. TUXPAN U-1Y2</p> | <p>FIGURAS: 1.1 Y 1.2 TESIS PROFESIONAL M. COMPARAN T.</p> |
|---|---|--|

El combustible nuclear es un nuevo energético cuya utilización mundial está substituyendo a los energéticos convencionales.

Este combustible es principalmente uranio y la energía que de él se obtiene, proviene de los núcleos de uranio 235, que se fisionan o parten en fragmentos al sostenerse una reacción en cadena con neutrones en un reactor nuclear. Esta energía aparece como calor que genera vapor de agua para mover a una turbina acoplada a un generador eléctrico, fig. 1.4.

En la actualidad más del 65 % de la energía eléctrica es proporcionada por plantas termoeléctricas, según datos estadísticos de la Comisión Federal de Electricidad. Los sitios favorables para desarrollar hidroeléctricos, son comparativamente limitados, y los otros medios de generación ahora en uso (geotermoeléctricas y otras), no son en cantidad satisfactorias para los requerimientos de energía.

1.b) Objetivo

El objeto de este trabajo es describir y analizar el proceso constructivo de las cimentaciones de las estructuras principales para la Central Termoeléctrica Tuxpan U-1 y 2, cuyo proceso puede generalizarse para la construcción de éste tipo de cimentaciones.

Una central termoeléctrica tiene estructuras pesadas y con restricciones severas respecto a asentamientos como son : el pedestal del turbogenerador, la casa de máquinas, la estructura del generador de vapor y la chimenea, que se definen como estructuras principales y que en éste caso su cimentación fué a base de pilotes.

Una cimentación proporciona el medio para que las cargas de la estructura se transmitan al terreno produciendo en éste un sistema de esfuerzos que puedan ser resistidos con seguridad, sin producir asentamientos ó con asentamientos tolerables.

En general, una cimentación se considera satisfactoria, si no transmite al subsuelo presiones que excedan su capacidad de carga ó que provoquen asentamientos excesivos. Sin embargo, ciertos tipos de cimentación que pueden ser completamente aceptables desde los dos puntos de vista anteriores, pueden ser también extremadamente difíciles de construir, ó su construcción puede provocar asentamientos excesivos en las estructuras vecinas. Por lo tanto, la elaboración de un buen procedimiento de construcción de la cimentación debe considerarse como un factor importante, y en ocasiones decisivo en la solución final de cimentación que se adopte.

II.-DESCRIPCION DE LA CENTRAL TERMoeLECTRICA TUXPAN U-1 Y 2.

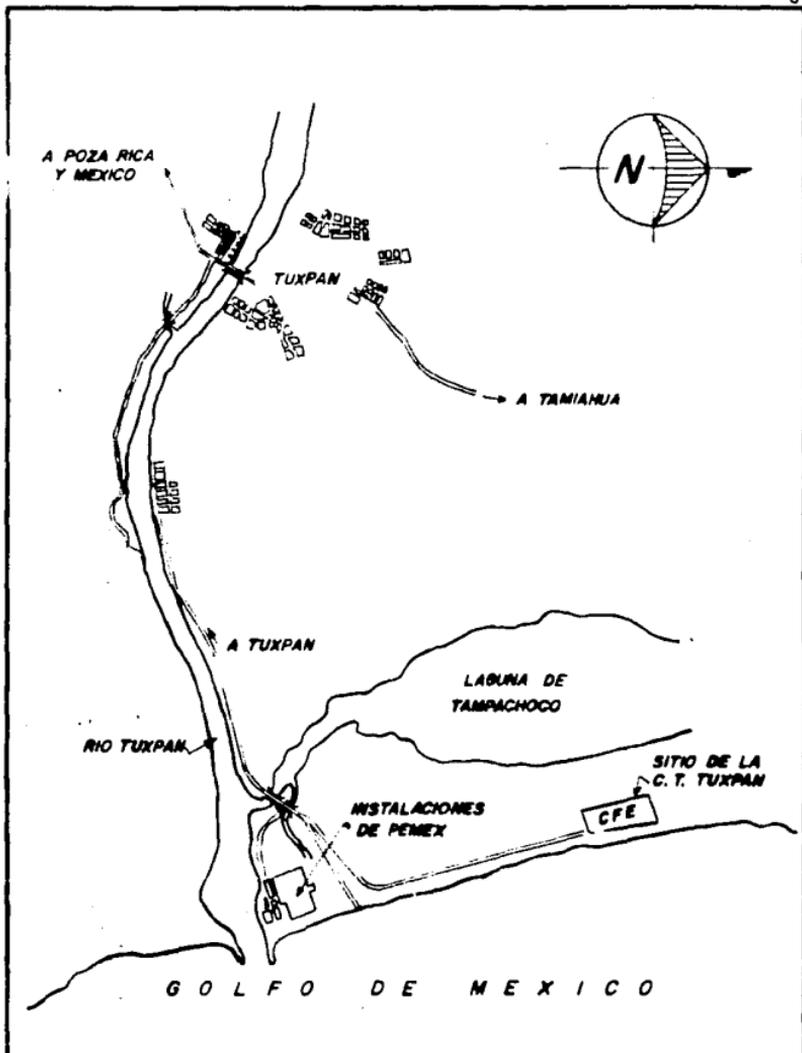
II.a) Localización

La instalación de la Central se realiza en la franja costera localizada entre la laguna de Tampamachoco y el Golfo de México, en el estado de Veracruz.

La superficie de construcción es de aproximadamente 95 Ha. situada al noreste de la ciudad de Tuxpan de Rodríguez, a una distancia de aproximadamente 6 km. al norte de la escollera de la desembocadura del río Tuxpan, entre las coordenadas 21° 01'00" Latitud Norte y 97° 21' 15" Longitud oeste, fig.2.1.



Vista de la desembocadura del Río Tuxpan, las instalaciones de Pemex y el sitio de la obra señalado por la flecha.



FACULTAD DE
INGENIERIA
UNAM

CONSTRUCCION DE LAS
CIMENTACIONES PRINCIPALES
DE LA C. T. TUXPAN U-1Y2

FIGURA: 2.1

TESIS PROFESIONAL

M. COMPARAN T.

Una moderna Central Termoelectrica contiene muchas piezas de equipo grandes y complejas que se encuentran conectadas mediante numerosos sistemas de tuberia a fin de permitir la circulación de vapor, agua y de otros fluidos.

La transformación de la energía comienza con la combustión en el generador de vapor. En virtud de que éste es un proceso continuo se requiere un suministro constante de aire y combustible al generador de vapor a fin de mantener la combustión.

El vapor generado circula a través de las líneas principales hasta la turbina de vapor. Luego, el vapor se expande a través de la turbina para producir una fuerza de rotación en el generador eléctrico y transformarla en electricidad. Parte del vapor de la turbina se extrae antes de que termine su expansión y se utiliza para calentar el agua de alimentación del generador de vapor.

El vapor que pasa por la turbina se dirige al condensador donde se enfría y se condensa para volver nuevamente a su fase líquida.

El agua del condensador es bombeada otra vez hacia el generador de vapor a través de los calentadores de agua de alimentación para comenzar otro ciclo.

Existen muchos equipos adicionales que hacen posible el almacenamiento, la conducción y el uso de combustible, agua y otros fluidos necesarios para el funcionamiento de la Central. En la figura 2.2 se muestran los componentes principales del equipo para convertir la energía del combustible almacenado en electricidad.

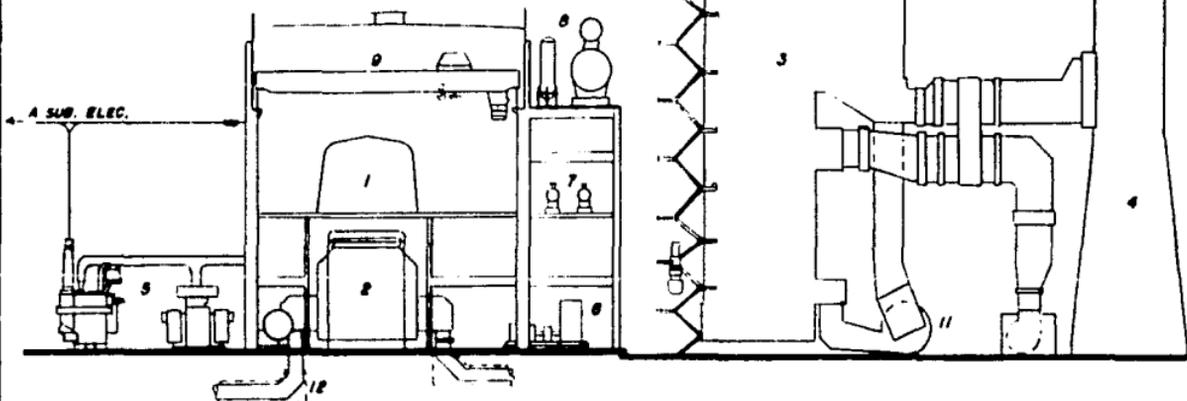
II.c) Descripción general.

La Central está integrada por cuatro unidades de 350 MW cada una, que son construidas por etapas: en la primera se construyen las unidades 1 y 2.

Cuenta con obras e instalaciones básicas tales como: casa de máquinas, edificio de controles eléctricos, generadores de vapor, chimenea, subestación, transformadores, sistema de agua de circulación, obra de toma, tanques para almacenamiento y uso diario de combustóleo, etc. Con obras y servicios complementarios tales como: oficinas generales, oficinas de operación, casetas de acceso y control, almacenes, taller mecánico y taller electromecánico e instrumentación, laboratorio, baños y vestidores colectivos,

PRINCIPALES EQUIPOS DE LA CENTRAL

- 1 TURBOGENERADOR
- 2 COMBUSTOR
- 3 GENERADOR DE VAPORES
- 4 CHIMENEA
- 5 TRANSFORMADORES
- 6 BOMBAS DE AGUA DE ALIMENTACION
- 7 CALENTADORES ALTA PRESION
- 8 DESAERIFICADOR
- 9 BRISA VIAJERA
- 10 DOMO
- 11 VENTILADORES
- 12 TUBERIA AGUA DE CIRCULACION



FACULTAD DE
INGENIERIA
UNAM

CONSTRUCCION DE LAS
CIMENTACIONES PRINCIPALES
DE LA C. T. TUXPAN U-1 y 2

FIGURA: 2.2

TESIS PROFESIONAL

M. COMPARAN T.

servicios médicos y otros. En la figura 2.3 se muestra un arreglo general de la central.

Utiliza combustóleo como fuente de energía. En la parte norte se localizan cinco depósitos de dicho combustible, con capacidad de 54,000 M3 cada uno. El abastecimiento será por vía marítima; cargando los tanques a través de una monoboya ubicada a 3.8 km de distancia en el Golfo de México, frente a las instalaciones de la Central.

Los tanques de almacenamiento están rodeados por un dique de concreto, con capacidad suficiente para retener cualquier volumen de derrame.

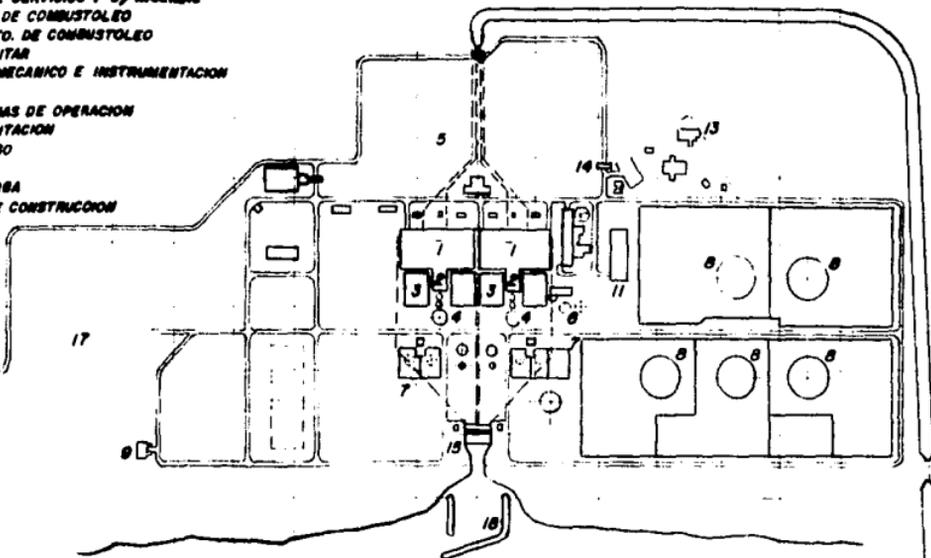
La central cuenta con una chimenea por cada dos unidades, de 17,50 m de diámetro interno y 120 m de altura, con dos tiros interiores de 5.50 m de diámetro.

Para el enfriamiento de las turbinas se utiliza agua tomada del Golfo de México, la cual es tratada para evitar la fijación de organismos incrustantes y proteger las instalaciones.

Las obras se realizan a 3.5 m.s.n.m. y en el lugar de construcción se encontraron cotas de 1 a 5 m; por lo tanto, se llevaron a cabo movimientos significativos de suelo, requiriendo volúmenes adicionales extraídos de bancos de

ARREGLO GENERAL DE LA CENTRAL

- 1 CASA DE MAQUINAS
- 2 EDIFICIO ELECTRICO Y DE CONTROL
- 3 GENERADOR DE VAPOR
- 4 CHIMENEA
- 5 SUBESTACION
- 6 TANQUES AGUA DE SERVICIOS Y C/MOVIMIENTO
- 7 TANQUES DIARIOS DE COMBUSTIBLE
- 8 TANQUES DE ALMTO. DE COMBUSTIBLE
- 9 ALOJAMIENTO MILITAR
- 10 TALLER ELECTROMECANICO E INSTRUMENTACION
- 11 ALMACEN
- 12 EDIFICIO DE OFICINAS DE OPERACION
- 13 CENTRO DE CAPACITACION
- 14 CASITA DE ACCESO
- 15 OBRA DE TOMA
- 16 CANAL DE DESCARGA
- 17 INSTALACIONES DE CONSTRUCCION
- 18 ESCOLLERA



FACULTAD DE
INGENIERIA
UNAM

CONSTRUCCION DE LAS
CIMENTACIONES PRINCIPALES
DE LA C. T. TUXPAN U-1 y 2

FIGURA: 2.3

TESIS PROFESIONAL

M. COMPARAN. T.

prestamo localizados proximos al poblado de Ojite, Ver., al surdeste del sitio de construccion.

Normalmente el camino de acceso se encuentra sobre la barra, paralelo a la playa y a escasos 200 m de la misma, con una longitud aproximada de 5.5 km a partir del puente levadizo sobre el estero de Tampamachoco; dicho camino pertenece a PEMEX, por lo que la C.F.E., tiene en proyecto la construccion de un camino de acceso de 5 km. aproximadamente, localizado casi paralelo a la laguna de Tampamachoco (fig. 2.1): este camino tendra 6.10 m de carpeta y 1.10 m de acotamiento por lado lo que representa una superficie total de 41,500 m² (4.15 ha).

El abastecimiento de agua potable sera proporcionado por el municipio de Tuxpan y conducido a través de una tubería paralela al camino de acceso en proyecto.

El tiempo estimado de construccion es de 4 años a partir de 1986, el funcionamiento se iniciara conforme se terminen las unidades. Debido a la necesidad de una fuente de generación en esta region del país se tiene en proyecto que la unidad 1 de la Central entre en operacion comercial en septiembre de 1989.

III. a) Estudio de Gran Visión.

De acuerdo con el Programa de Obras e Inversiones del Sector Eléctrico (conocido comúnmente en la C.F.E. como POISE) y con base en los estudios del desarrollo y necesidades del mercado eléctrico nacional, la C.F.E. contemplo la construcción de una central termoeléctrica en la zona aledaña a la ciudad de Tuxpan, Ver., con una potencia a instalar de 1,400 MW (4 unidades de 350 MW).a fin de contribuir a satisfacer la creciente demanda de energía y potencia en la región industrial del norte del Estado de Veracruz y en el área de generación central, en especial de las áreas metropolitanas de las ciudades de México y Puebla: ya que los atrasos frecuentes de la puesta en servicio de la central nucleoelectrica Laguna Verde, hicieron necesario disponer de otras centrales de generación alternas, para evitar restringir y comprometer el suministro de energía eléctrica en está importante región del país. El proyecto forma parte del área de generación oriental, interconectado a la red eléctrica nacional por medio de tres líneas de transmisión de 400 KV: la primera en la subestación de Fozza Rica II con una longitud de 60 km., y la segunda y tercera líneas en la subestacion de Tizayuca con una longitud de 240 km. cada una.

Se eligió esta zona de la costa del Golfo de México como sitio para la nueva central termoeléctrica por la disposición de agua para los ciclos de enfriamiento. Asimismo, al utilizar agua de mar se evitaron conflictos con los demás sectores de la producción ante la escasez, usos y prioridad de los recursos hidráulicos, y además quedaron satisfechos los lineamientos de la planificación de centrales termoeléctricas, es decir, se cumplió con el principal motivo de instalar una central de vapor en el área de generación oriental contribuyendo a asegurar el suministro de energía eléctrica en ésta región del país sin comprometer la estabilidad del sistema interconectado nacional.

Desde el año de 1978, se iniciaron los estudios para definir el sitio técnica y económicamente más apropiado, que permitiera construir y cumplir oportunamente con la fecha de puesta en servicio asignada por el POISE (septiembre de 1989).

III.b) Estudio de Factibilidad.

III.b.1) Localización del sitio:

Se inspeccionaron varios de los sitios tentativamente elegidos en ésta región para la construcción de la nueva Central, siendo el denominado sitio 'T' el que ofreció las mejores características para su instalación. Varios aspectos

hicieron que éste sitio fuera atractivo: la cercanía a Tuxpan, la disponibilidad del terreno y las facilidades con que contaba PEMEX en el mar para descargar combustibles.

El terreno se localiza en la barra litoral y está formado por depósitos eólicos: la superficie es prácticamente horizontal, a elevaciones comprendidas entre los +1.0 y +5.0 m.s.n.m. Debido a la acción de los vientos reinantes del SE y predominantes del N es necesario proteger con vallas arboladas y pasto toda el área, práctica que PEMEX viene realizando en sus instalaciones para reducir la proliferación de polvo.

III.b.2) Agua para el ciclo de enfriamiento:

Inicialmente se proyectó construir una toma marina y dirigir la descarga hacia la laguna Tampamachoco mediante un canal trapecial. El arreglo inverso no era conveniente en éste caso porque la temperatura del agua en la laguna es mayor que en el mar; además había que dragar un canal en la mencionada laguna para aportar el gasto requerido de 54 m³/s en la etapa final y estudiar los efectos ecológicos de tal modificación en su funcionamiento hidráulico natural. Finalmente se decidió que para no modificar la ecología de la laguna y evitar conflictos con los habitantes de la zona, la descarga se hiciera también hacia el mar, señalando que es muy probable que la toma marina (escolleras y dársena) demande

mantenimiento periódico (dragado) para eliminar el bloqueo de la bocana y la sedimentación de arena frente a la estructura de toms.

III.b.3) Manejo del combustóleo

En la margen izquierda del río Tuxpan y en la barra costera que abarca el sitio I, PEMEX tiene instalaciones para descargar desde el mar productos ligeros derivados del petróleo. Con tal objeto dispone al Noreste de Tuxpan dos monoboyas diseñadas para operar con buques tanque de 60,000 ton (DW), distantes unos 6 km de la costa y entre ellas 3 km. Estas monoboyas están fondeadas en un recinto marino rodeado por "bajos" (formaciones coralinas), que definen condiciones apropiadas para la operación de barcos en cuanto a oleaje; las profundidades del fondo en esta región varían de 15 a 20 m.

En los primeros estudios que se hicieron para definir el manejo del combustóleo necesario para la Central, se pensó utilizar las instalaciones de PEMEX existentes, pero en una consulta con la Superintendencia de Operación Portuaria de esa dependencia, ésta indicó que no era recomendable instalar una tercera monoboya para transportar combustóleo en la zona de influencia requerida por los dos descargaderos en operación; además, sobre la factibilidad técnica de compartir la monoboya No. 2 de PEMEX, previa adaptación de los equipos para bombear el combustóleo mediante dos tuberías de 20

puigadas de diámetro, el superintendente de Operación Portuaria mencionó que FEME tiene planes de expansión futura para exportar combustóleo desde Tampán por lo que dicha alternativa no fué posible.

Se decidió entonces que el abastecimiento de combustóleo se hiciera por medio de buques tanque de 45,000 ton a través de una monoboya colocada por C.F.E. a 3.8 km. de la costa frente a las instalaciones de la Central. El consumo aproximado de combustóleo en la Central es de 2,000 a 2,500 m³ diarios por unidad, y el almacenamiento previsto fué de 216,000 m³ para las cuatro unidades, cantidad que se consume en aproximadamente 21 días, por lo que se instaló un tanque adicional de reserva de 54,000 m³ para tener un margen mayor de almacenamiento cuando la monoboya tenga mantenimiento, sea reparada o no pueda ser usada a causa del mal tiempo. Los lapsos de mal tiempo suman de 20 a 30 días en el año, de acuerdo con las estadísticas de operación en la monoboya de Dos Bocas, Tab. también fondeada en mar abierto.

III.c) Estudios Básicos de Ingeniería.

Dentro de éste tipo de estudios están comprendidos todos aquellos que hacen posible que pueda realizarse el anteproyecto primero y posteriormente el proyecto de una obra de esta naturaleza como son: Topografía, Batimetría, Hidrología, Geohidrología, Mecánica de suelos, etc.

Para poder determinar el tipo de cimentación requerida, indicar sus características geométricas y la forma de construirla, surge la necesidad de hacer un estudio de Mecánica de Suelos para conocer el terreno que servirá de apoyo a las diversas estructuras de la Central. Siendo éste estudio el que más nos interesa para el desarrollo de éste trabajo, es el que se menciona; no sin antes recalcar que todos son importantes para el buen desarrollo de la obra en general.

III.c.1) Estudio de Mecánica de Suelos.

Trabajos realizados.

Se realizaron varios sondeos exploratorios a profundidades variables entre 3 y 50 m. Los trabajos de campo consistieron en la ejecución de sondeos mixtos, pruebas de penetración estándar, recuperación de muestras alteradas e inalteradas del subsuelo y sondeos de penetración. Las muestras alteradas e inalteradas se clasificaron en campo, se identificaron en forma preliminar y se enviaron al laboratorio para su clasificación y ensaye.

Adicionalmente se muestrearon diversos bancos de material en la zona para determinar su posible utilización en los rellenos y pavimentos de la Central. Para hacer las pruebas de laboratorio necesarias, se tomaron muestras

representativas de la arena de médano que hay en el sitio de la Central y de los bancos muestreados.

Estratigrafía:

El suelo del sitio está constituido por 3 depósitos principales:

I. Superficialmente se encontró arena fina y media, compacta, hasta una profundidad promedio de 10 m. Dentro de este depósito, se detectó una lente de arcilla blanda de 3 m de espesor, por lo que cabe pensar que este tipo de irregularidades se puede presentar en otro lugar.

II. Subyaciendo al depósito de arena se encontró un estrato de arcilla de plasticidad y consistencia medias. El espesor de este depósito es de 4 m en promedio. Las pruebas de compresibilidad que se realizaron en este estrato dieron resultados erráticos, lo que da lugar a suponer que su formación se debe a la depositación de capas delgadas. Esto se confirmó observando directamente 4 m continuos de muestras inalteradas que se dejaron secar al aire. En este tramo se detectaron pequeños lentes y bolsas de arena y un estrato de turba de 30 cm de espesor en su parte inferior.

III. Finalmente se muestreo una serie de depósitos de arena limosa y arcilla arenosa, hasta una profundidad de 50 m: este depósito constituye la denominada formación Tuxpan, todos

éstos materiales son de compacidad alta o consistencia dura a muy dura.

El nivel freático se encontró al nivel + 2 m. sobre el nivel medio del mar (NMM) en promedio. Este nivel tiene variaciones con las épocas del año y con las mareas.

El nivel de la superficie del terreno varía entre la cota + 1 m y la + 5 m. respecto al NMM. En el sitio se encontraron algunos montículos de material producto de antiguos despalmes así como excavaciones que se hicieron para la explotación de la arena de medano, que es el material que se encuentra superficialmente en el predio.

III.c.2) Recomendaciones

Dadas las características topográficas y geotécnicas del terreno y en base a los resultados de los trabajos de campo y de laboratorio, se hicieron las recomendaciones necesarias para diseñar y construir las cimentaciones de las diversas estructuras de la Central, de las cuales se citan las más importantes haciendo mención también de los trabajos realizados de acuerdo con dichas recomendaciones.

Despalme y rellenos.

Se recomendó para el despalme del predio un espesor variable. En general, se consideró suficiente con retirar la capa superficial de arena con arcilla en la cual creció la

vegetación. El espesor de despálme promedio fué de 20 cm aproximadamente, y fue suficiente con retirar las raíces de pastizales y sembradios de caña, dicho material no se utilizó para formar los rellenos requeridos en la obra.

Después del despálme se niveló el predio con la arena del sitio, compactándola en capas con riegos intensos de agua y 2 ó 3 pasadas de un rodillo liso vibratorio.

A continuación, se hicieron los rellenos necesarios con arena de médano, con una humedad de 12 ó 13 % tendiéndola en capas uniformes de 15 cm de espesor en estado suelto, y compactándola con un rodillo liso vibratorio hasta alcanzar el 90% de compactación Proctor en todos los rellenos y en caminos interiores, y el 95% Proctor bajo las estructuras en proyecto, como son tanques de almacenamiento, oficinas, talleres, almacenes y subestación.

Se continuó este procedimiento hasta llegar al nivel requerido.

Estructuras Principales.

Se recomendó que el pedestal del turbogenerador, la casa de máquinas, la estructura del generador de vapor y la chimenea se cimentaran por medio de pilotes de concreto reforzado de 40 x 40 cm de sección apoyados por punta a la elevación -20.0

m. con respecto al nivel medio del mar, el proceso constructivo se trata en el capítulo siguiente.

Estructuras de peso intermedio y secundarias.

Se recomendó cimentar las estructuras de peso intermedio por superficie a 2 o 3 m. de profundidad, dependiendo de los requerimientos de proyecto. Se recomendó no desplantarlas sobre rellenos.

Para las estructuras ligeras se recomendaron zapatas superficiales corridas ó aisladas apoyadas sobre el depósito de arena a la profundidad mínima requerida por proyecto.

Excavaciones.

Para realizar las excavaciones de carácter permanente como son el canal de llamada y el canal de descarga, se recomendó utilizar talúdes 2 horizontal a 1 vertical, revestidos preferiblemente con concreto ó con gaviones, para evitar su deterioro con el tiempo.

Se realizaron excavaciones con talúdes menores si éstas eran temporales ó si su profundidad era menor de 1 m.

Para las excavaciones se indico realizarlas con cualquier equipo convencional, ya que no se consideró que se encontrarán depositos duros.

IV.- PROCESO CONSTRUCTIVO DE LAS CIMENTACIONES.

El proceso constructivo se basó en los siguientes conceptos, los cuales pueden generalizarse para la realización de éste tipo de obras.

Al mismo tiempo que se describen los trabajos realizados se mencionan las especificaciones de construcción dadas como guía para las distintas etapas de la obra.

IV.a.) Fabricación de los pilotes.

IV.a.1) Construcción de las camas de colado

Para la fabricación de los pilotes se construyeron losas de concreto sobre el terreno natural previamente nivelado y compactado. A éstas losas se les llama camas de colado y sus dimensiones fueron variables ya que éstas dependen de los pilotes por fabricar. No es recomendable, sin embargo, tener camas demasiado anchas pues esto resta capacidad al equipo utilizado al tener que bajar demasiado el ángulo de inclinación de la pluma.

La nivelación de las camas y del terreno que sirve de apoyo es importante debido a que esto repercute en la fabricación de los pilotes, por lo que se cuidó que fueran totalmente horizontales (se les dieron pendientes muy pequeñas con el objeto de evitar encharcamientos que alteraran el fraguado

normal de los pilotes). Se utilizó para su colado concreto pobre ($f'_{c}=100 \text{ kg/cm}^2$) puesto que las camas de colado son obras que sólo sirven mientras se fabrican los pilotes, después de ello se demuelen o se olvidan simplemente.

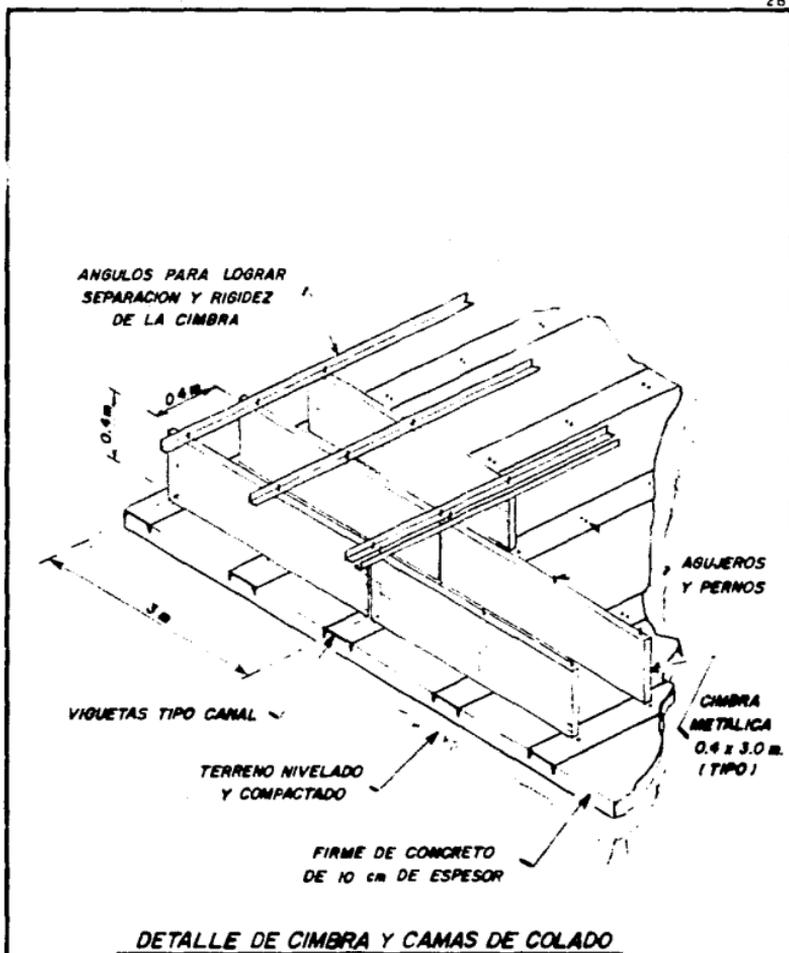
No se colocó acero de refuerzo en las camas debido a que fue poca la carga que soportaron; sin embargo en algunos casos el colado se refuerza con malla metálica ó un armado pobre de alambrión, con el objeto de eliminar las posibles fracturas del concreto por causas de asentamientos del terreno motivado por el peso de los pilotes.

Se colocaron transversalmente a la longitud de las camas perfiles metálicos tipo canal, a los cuales se les hicieron perforaciones para que entraran los pernos de la cimbra, como se observa en la fig. 4.1 de detalle de cimbra y camas de colado.

IV.a.2) Elección del tipo de cimbra

Para la elección del tipo de cimbra más conveniente se toma en cuenta su economía, versatilidad, facilidad en su limpieza y su durabilidad.

Existen distintos tipos de cimbra, de los cuales los más importantes son: de metal, madera y una combinación de ambos materiales.



FACULTAD DE
INGENIERIA
UNAM

CONSTRUCCION DE LAS
CIMENTACIONES PRINCIPALES
PARA LA C.T. TUXPAN U-1 y 2

FIGURA: 4.1

TESIS PROFESIONAL

M. COMPARAN T.

Para éste caso, de acuerdo al número de pilotes por fabricar se optó por usar cimbra metálica de 0.4m de peralte y secciones de 3 m de longitud con 6 pernos cada sección como aditamento del sistema de cimbra, como se muestra en la figura 4.1. Este tipo de cimbra cumplió con los requerimientos marcados en las especificaciones, esto es, que asentara firmemente sobre el piso y en las uniones para impedir el escurrimiento de lechada entre las juntas, que los pilotes cumplieran con las tolerancias dimensionales indicadas, que no se presentaran deformaciones en la cimbra y que ésta estuviera asegurada mediante soportes uniformes y continuos.

La cimbra metálica como la que se usó proporciona una gran durabilidad, facilidad en su limpieza y versatilidad en el cimbrado y descimbrado. El uso de éste tipo de cimbra se recomienda cuando el volumen de pilotes por fabricar es muy grande como en éste caso, además de que se puede usar en otro trabajo.

Es recomendable usar cimbra de madera cuando el volumen de pilotes por fabricar es pequeño, ya que la vida útil de ésta es muy corta.

La cimbra combinada (madera-metal), aun cuando es menos resistente que la metálica, si tiene mayor vida útil que la de madera simplemente.

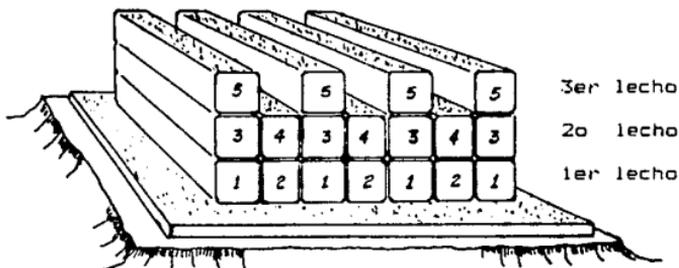
Se habilito el acero de refuerzo de los pilotes de acuerdo con las dimensiones y calibres mostrados en los planos estructurales y en las especificaciones de fabricacion. En la figura 4.2 se muestra el tipo de pilote utilizado para cimentar el generador de vapor de la unidad 1, y en la figura 4.3 se muestra el que se utilizo para las cimentaciones restantes.

Para los pilotes fabricados en dos tramos la placa de union se soldo al acero longitudinal de los pilotes como se muestra en la figura 4.2. cuidando que quedara perfectamente alineada y que tanto la placa como el acero de refuerzo estuvieran libres de impurezas como oxid. pintura, mortero, etc. antes de introducirlos a los moldes de colado.



Habilitado del acero de refuerzo de los pilotes.

Después de colocar la cimbra se reviso que estuviera bien sellada para evitar la pérdida de lechada, libre de polvo, mortero ó cualquier material extraño, que estuviera fija y totalmente reforzada para evitar deformaciones durante el vaciado y vibrado del concreto: se revisó el alineamiento de las placas de union para los pilotes fabricados en dos tramos y se colocaron los moldes de las puntas. Al colocar los armados en los moldes se les dio el recubrimiento especificado de 7.5 cm por medio de calzas y separadores. El procedimiento general de colado de los pilotes fué el siguiente: en primer término se habilitó la cimbra sobre la cama de colado de los pilotes a los que se les llama pilotes moldeados. Entre cada dos de éstos se dejó espacio para fabricar los llamados pilotes intermedios, utilizando como cimbra de éstos a los pilotes moldeados. De ésta manera se colaron los pilotes del primer lecho, los lechos subsecuentes se colaron en forma similar. Se permitieron 4 lechos de pilotes como máximo.



Secuencia de colado de los pilotes

Con el objeto de que el concreto no se pegara a los moldes o a los pilotes que sirvieron de cimbra para el caso de los pilotes intermedios, fué necesario impregnar los moldes con un material grasoso que no reaccionara con el concreto, siendo de los más economicos para éstos fines el aceite quemado y el diesel.



Colado de los pilotes utilizando bacha

Debido a la importancia de las estructuras por cimentar se hicieron algunas recomendaciones adicionales que son las siguientes:

Cubrir la zona de colado con un techo rudimentario, con objeto de proteger a los pilotes recién colados de la acción directa de los rayos del sol.

Realizar el mezclado del concreto con revolvedora, no permitiéndose en ningún caso el mezclado a mano.

Hacer el colado de un elemento consecutivamente en una sola operación.

Si el concreto no se había colocado en los moldes dentro de los 45 minutos posteriores al mezclado, desecharlo. No colocar concreto en proceso de fraguado inicial dentro de los moldes.

Marcar en cada elemento una cifra de identificación y la fecha del colado en un lugar que estuviera visible al momento de instalarlo.

Proteger adecuadamente los elementos recién colados que pudieran ser dañados por fenómenos atmosféricos. El revestimiento permisible para los pilotes fue de 10 cm con una tolerancia de más o menos 2.5 cm.

Se pidió también fabricar cuando menos dos cilindros representativos del concreto de cada uno de los elementos, con objeto de ensayarlos a compresión y conocer oportunamente si cumplían con la resistencia requerida.

IV.a.5) Curado de los pilotes.

El curado consiste en mantener un contenido satisfactorio de humedad y temperatura en el concreto de los elementos recién colados, para que se puedan desarrollar las propiedades

deseadas. La resistencia y durabilidad del concreto de los pilotes y de todos los elementos de concreto en general se desarrollan plenamente, solo si se curan de manera adecuada, siendo este proceso, esencial en la producción de elementos de concreto.

Existen diversos materiales, métodos y procedimientos para el curado del concreto pero los principios son los mismos: garantizar el mantenimiento de un contenido satisfactorio de humedad y temperatura para que se desarrollen las propiedades deseadas.

Los dos sistemas para mantener un contenido satisfactorio de humedad son los siguientes:

1.- La continua ó frecuente aplicación de agua por anegamiento, aspersión, vapor, ó materiales de cubrimiento saturados como carpetas de yute o algodón, alfombras, tierra ó aserrín, paja ó heno.

2.- Evitar la pérdida excesiva de agua en la superficie de concreto, mediante el empleo de materiales tales como hojas de plástico ó de panel impermeable, o bien mediante la aplicación de compuestos de curado formadores de membrana sobre el concreto recién colado, siendo éste último procedimiento de aplicación de materiales selladores el que se aplicó en el curado de los pilotes, es el que se comenta más a detalle.

Los materiales selladores son hojas o membranas que se colocan sobre el concreto para reducir la pérdida de agua por evaporación. El empleo de materiales selladores para el curado representa ventajas que hacen preferible su empleo en muchos casos. Por ejemplo, cuando se impide la pérdida de humedad mediante el sellado existen menos posibilidades de que el concreto se seque antes de tiempo debido a un error en el mantenimiento de la cubierta húmeda. Así mismo, los materiales selladores son más fáciles de manejar y pueden aplicarse más temprano, a veces sin necesidad de un curado inicial. En regiones áridas son particularmente útiles para el curado de trabajos planos sobre un terreno de desplante húmedo, y para el de concreto estructural masivo.

Los compuestos líquidos para formar membranas de curado consisten esencialmente en ceras, resinas naturales o sintéticas, así como solventes de volatilidad elevada a la temperatura atmosférica. Debe proporcionarseles ventilación adecuada y tomarse precauciones de seguridad. Su fórmula debe ser tal, que formen una película que retenga la humedad poco después de haber sido aplicados y no deben ser perjudiciales para la pasta de cemento. A veces se le incorporan pigmentos para proporcionarles capacidad de reflejo del calor y para hacer visible el compuesto en la estructura, con fines de inspección.

El compuesto debe aplicarse a una medida uniforme. Los valores usuales para cubierta varían de 0.2 a 0.25 lts./m². Para obtener beneficios máximos los compuestos líquidos para formar membrana deben ser aplicados después del acabado y tan pronto como haya desaparecido el agua libre sobre la superficie de manera que no se aprecie ya el brillo del agua, pero antes de que el compuesto líquido de curado pueda ser absorbido por el concreto.

Para el curado de los pilotes se utilizó un compuesto líquido llamado "CURACRETO", que es una emulsión que forma una membrana de curado con una pigmentación rojo fugaz que sirve para indicar el lugar donde se está aplicando y que desaparece unas horas después de haberse aplicado.

Sobre la calidad y aspecto de los elementos prefabricados se especificó que sus superficies deberían ser lisas, continuas y exentas de bordes, salientes u oquedades de cualquier clase debiéndose reparar todos los defectos de este tipo.

Asimismo, los elementos que resultaron agrietados durante el curado, al grado de que las fisuras mostraran roturas de los agregados gruesos o alteración del acero de refuerzo, deberían ser desechados. Aquellos elementos que mostraran fisuras pequeñas que no afectaran, ni a los agregados gruesos

ni al acero de refuerzo, podrian ser reparados, debiendo impermeabilizar el area de las grietas.



Inspeccion de los elementos fabricados y despegue de éstos de la cama de colado.

Los movimientos que se efectúan con los pilotes antes de ser hincados deben de tomarse en cuenta, debido a que estos movimientos pueden ocasionar fracturas si no se hacen con la destreza pertinente, a pesar de que el acero de refuerzo de los pilotes está calculado para absorber las tensiones y flexiones ocasionadas durante las etapas de despegue de las camas de colado, transporte de la zona de fabricación a la zona de hincado, almacenamiento, izado y lanzamiento de los pilotes a las perforaciones.

Transporte de pilotes de la zona de fabricación a la zona de hincado.



No es aconsejable fabricar e hincar pilotes demasiado largos, debido a que presentan múltiples dificultades tales como la necesidad de grandes mesas para su colado, difícil manejo en patios de construcción, problemas en el transporte a las obras y aumento en la cantidad de acero de refuerzo para resistir el transporte y el manejo del pilote en el momento de sacarlo e hincarlo. Debido a esto generalmente los pilotes se fabrican en tramos que deben unirse unos a otros a medida que se van hincando en el terreno.

En el estudio de Mecánica de Suelos se recomendó fabricar los pilotes en dos tramos de 10 m de longitud cada uno y que se unieran mediante una junta adecuada. La junta diseñada para éste fin es la que se muestra en la figura 4.2, y está formada por dos placas soldadas al acero longitudinal de los pilotes, las cuales se soldaron en todo su perímetro una vez que se había hincado el primer tramo del pilote y el segundo se había alineado y presentado.

Los pilotes correspondientes a la cimentación del generador de vapor de la unidad 1 se fabricaron e hincaron de ésta manera pero se encontró agua de mar en el subsuelo durante estos trabajos y el Departamento de Mecánica de Suelos dijo que las placas de unión de los pilotes se degradarían rápidamente ocasionando asentamientos en las cimentaciones. Por esta razón los pilotes restantes se fabricaron en un solo tramo de 20 m de longitud.

El manejo de estos pilotes no presento problemas debido a que no hubo restriccion en cuanto a espacio para su fabricacion, ya que esta se llevo a cabo en el sitio de la obra y de esta manera se evitaron tambien los problemas relativos al transporte.

Para el manejo de los pilotes de la zona de fabricacion a la de estibamiento y posteriormente a la de hincado se usó un balancin apoyado en los puntos de izaje propuestos para estas maniobras a lo largo de cada tipo de pilote. Estos puntos de izaje se muestran en las figuras 4.2 y 4.3.

En las especificaciones de construccion se pidio que la resistencia del concreto de los pilotes en el momento del despegue de las camas de colado debiera ser cuando menos de 245 kg./cm² y que el estibamiento se hiciera de tal manera que no se ocasionaran fisuras o grietas en los elementos.

IV.c) Hincado de los Pilotes.

Existen distintos métodos para el hincado de los pilotes, entre los cuales el más comun es el hincado por percusion que fue el método utilizado para la colocacion de los pilotes en esta obra. Los principales problemas que se presentan utilizando este método son el grado de verticalidad resultante en los pilotes la magnitud de las deformaciones

verticales y horizontales debido a desplazamientos en el momento de la hinca. El aspecto de verticalidad es de importancia; sin embargo en suelos de baja resistencia al esfuerzo cortante y de partículas de dimensiones homogéneas, si la hinca se hace con cuidado además de nivelar la máquina piloteadora y la guía, se tiene muy poca desviación en la verticalidad; mientras que en suelos heterogéneos, los tramos de pilote deben estar unidos entre sí con una junta de momento resistente al menos igual a la sección recta del pilote. Por lo que respecta a los desplazamientos horizontales, una forma de reducir estos es mediante una perforación previa que debe practicarse de modo que no se reduzca la capacidad de carga del pilote por adherencia, sobre todo en pilotes de fricción; al parecer los mejores resultados se logran haciendo la perforación de diámetro un poco menor al del pilote y de profundidad variable dependiendo del diseño en sí del pilote y de las recomendaciones dadas en el estudio de Mecánica de Suelos respectivo.

El hincado se hizo de acuerdo con la cantidad y localización de pilotes mostrados en los planos de diseño y de acuerdo también con las especificaciones de hincado de las cuales a continuación se muestran las más importantes haciendo comentarios adicionales conforme se describen las actividades realizadas para cumplir con dichas especificaciones.

a.) La separación mínima recomendada para la localización de los pilotes centro a centro fue de tres veces el lado de su sección transversal. Esto es con el objeto de que cada pilote pueda desarrollar su propia zona de esfuerzos y su capacidad de carga completa. La tolerancia en la localización del centro de los pilotes en planta fué de 3 cm. en cualquier dirección, y para la elevación de la cabeza de cada pilote no más de 10 cm. respecto a la considerada en el proyecto.

b.) La desviación máxima de los pilotes permitida con respecto a la vertical fué de 4%. Es importante recalcar el cuidado con que deben alinearse los pilotes antes de iniciar el hincado, pues correcciones posteriores que se intenten en ese sentido pueden producir flexiones y otros daños. La verticalidad del pilote debe cuidarse y verificarse perfectamente mediante alguna guía en el cabezal de la máquina piloteadora ó alguna guía independiente en el caso de que los pilotes se hinquen directamente en el terreno.

Para cuando se especifica una perforación previa como en este caso, se debe poner especial cuidado al nivelar la máquina perforadora pues de esto depende la verticalidad del hincado. Para los pilotes fabricados en dos tramos se pidió tener especial cuidado en mantener la alineación axial y de todas

las aristas longitudinales del pilote, así como verificar que las placas de unión estuvieran perfectamente limpias, tanto de sustancias extrañas como de óxido, antes de ser soldadas.

c.) En el estudio de Mecánica de Suelos se recomendó hacer una perforación previa de 35 cm de diámetro además con lodo bentonítico con una densidad de 1.00 como mínimo hasta una profundidad de 10 m, y posteriormente una perforación del mismo diámetro pero sin extraer el suelo, es decir, patiendo el material hasta una profundidad de 18 m.

Esta recomendación es importante, pues los desalojamientos horizontales generados por el volumen de suelo desplazado por la hincada de pilotes sin perforación previa pueden alcanzar valores de magnitud apreciable, movimientos en estructuras vecinas y remoldeo del suelo, por lo tanto para el caso de un gran número de pilotes hincados en el terreno, conviene que el volumen de suelo desalojado por los pilotes sea mínimo.

d.) El hincado de los pilotes se hizo en forma continua una vez empezado, esto es importante sobre todo en suelos arcillosos de alta sensibilidad, pues un retardo de horas puede generar recuperación de la adherencia por tixotropía, requiriendo de una energía mayor para reiniciar el hincado.

e.) Todos los pilotes se marcaron con señales distintas a cada metro a partir de la punta, con objeto de registrar la resistencia a la penetración durante el hincado se pudo que las marcas fueran perfectamente visibles para poder contar el número de golpes requeridos para penetrar cada metro, anotándose en las formas de registro. Se suspendió el hincado cuando su penetración fue menor que 2.5 cm por cada 10 golpes de martillo.

Es conveniente llevar un registro del número de golpes contra la profundidad para cada pilote, a fin de garantizar, en el caso de pilotes apoyados por punta, la profundidad de desplante de proyecto mediante la energía de rechazo especificada y, en el caso de pilotes de fricción para conocer la variación de la adherencia durante el hincado.

f.) La energía de hincado especificada fue la equivalente a la de un martillo Delmag D-30 que es la que se considero adecuada en función de la altura y peso de los pilotes.

La energía de hincado debe ser la necesaria para hincar el pilote sin deflexión pues es frecuente la falla de la cabeza de los pilotes por una energía de hincado excesiva que algunas veces conduce a la falla total del pilote. Durante la etapa inicial del hincado de cada pilote y siempre que las puntas se encuentren atravesando suelos blandos, se debe procurar reducir la velocidad del golpe del martillo o la fuerza de su

impacto, para evitar esfuerzos de tensión críticos que pueden dañar estructuralmente a los pilotes.

Para proteger la cabeza de los pilotes durante su hincado se emplearon dispositivos para amortiguar y distribuir la energía de los impactos del martillo sobre la cabeza; dichos dispositivos se conocen como gorras de protección, la colocación de madera blanda en capas sobre la cabeza del pilote es lo que se usa comúnmente como protección aunque existen otros materiales que se pueden utilizar, como cuerdas de yute o plástico, materiales sintéticos, etc.

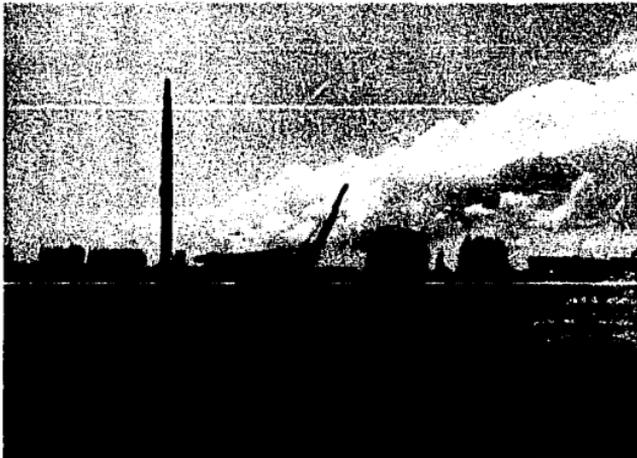
Como últimas recomendaciones, por lo que respecta a la instalación de los pilotes, y con objeto de que éstos no fueran dañados estructuralmente por esfuerzos excesivos durante el hincado, se recalco que debería vigilarse que las cabezas de los pilotes fueran superficies lisas sin irregularidades, y que el casco asentara perfectamente sobre ellas sin mostrar ninguna inclinación; asimismo, debería vigilarse la verticalidad en la dirección del movimiento del martillo.

Haciendo mención a las recomendaciones anteriores se describe a continuación el procedimiento llevado a cabo para el hincado de los pilotes en el cual se pueden distinguir cuatro etapas fundamentales: la preparación de la zona de hincado.

la perforación previa, el izado y lanzamiento de los pilotes y el hincado.

IV.c.2) Preparación de la zona de hincado.

Dicha preparación se efectuó primero realizando el desmonte y despalle del terreno donde se efectuó la obra. Con el objeto de poder mover libremente el equipo de perforación e hincado en el área de trabajo, fué indispensable contar con accesos libres de obstáculos que dificultaran éste aspecto, ésta tarea se realizó con dos bulldozers y una draga de arrastre.



Preparación de la zona de hincado para facilitar la operación de los equipos y el trazo de la localización de los pilotes

La nivelación de la zona de hincado es otro evento importante, debido a que en el momento de perforar e hincar, el equipo correspondiente debe estar totalmente nivelado y así evitar que las perforaciones y por ende el hincado de los pilotes experimenten desplazamientos con respecto a la vertical, esto se hizo al mismo tiempo del desmante y el despalme.

Por último se realizó el trazo de los puntos donde se localizaron los pilotes con lo que se terminó la preparación de la zona de hincado.

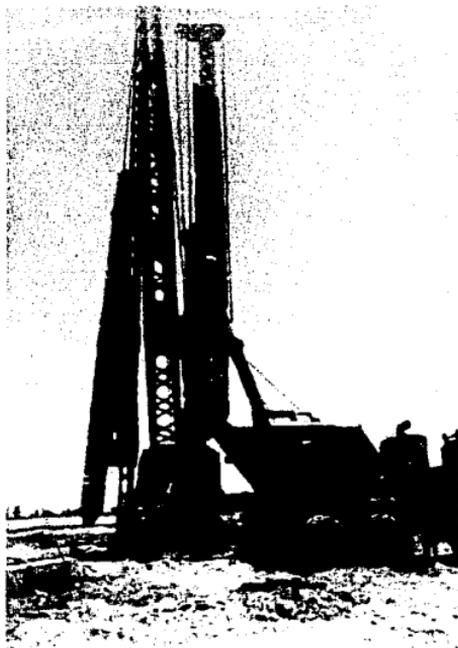
IV.c.3) Perforación previa.

En el estudio de Mecánica de Suelos se recomendó hacer una perforación previa hasta 10 m. de profundidad y posteriormente batir el material hasta una profundidad de 18 m. Esto se realizó para los primeros pilotes, y para los restantes se desalojó el material en toda la perforación ademándola con lodo bentonítico y procediendo inmediatamente a hincar los pilotes. Esto facilitó el hincado y no perjudicó el funcionamiento de los pilotes pues éstos se consideraron en el diseño apoyados por punta.

Respecto a la perforación se puede decir que para realizarla adecuadamente con la ayuda de los dispositivos que trae consigo cada equipo, se debe nivelar la máquina perforadora y

enseguida se nivela la guía que tiene el terreno, hecho esto se hace la perforación.

Perforación previa y
lanzamiento de pilotes
cortos.



Para ademar la perforación se uso lodo bentonítico. Por su bajo costo y fácil preparación el lodo de perforación mas comunmente usado en México, incluye agua dulce con menos del 1% de cloruro de sodio y menos de 120 p.p.m. de sales de calcio. Es importante que al elaborar el lodo, la mezcla se realice por algun método que permita la mayor dispersión posible de las partículas de bentonita evitando la formación de grumos y facilitando así su completa hidratación, lo cual

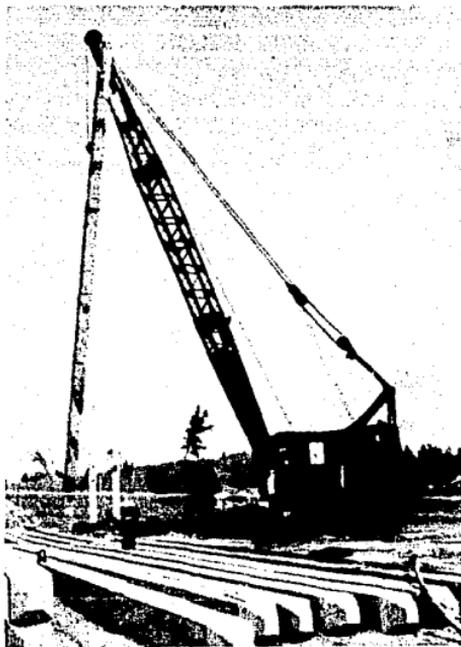
requiere tiempo. Durante el proceso de perforación el lodo se emplea para estabilizar las paredes de la perforación, formando una película plástica e impermeable producida por la deposición de las partículas sólidas del lodo al filtrarse éste a través de las paredes buscando así su estabilización. A la vez impide la pérdida excesiva del agua del mismo lodo y por supuesto el paso del agua hacia el interior del barreno, lo cual es una de las causas de inestabilidad de las paredes; se emplea también para contrarrestar las subpresiones que se presentan por gases, artesianismo, etc.

Para el tramo de la perforación en donde se batío el material, se especificó que si se usaba una broca espiral para hacerlo, ésta debería tener un ángulo mínimo de ataque de 60° respecto a la horizontal, para facilitar su desplazamiento en el sentido vertical y evitar remoldeo del suelo en las orillas de barreno.

IV.c.4) Izado y lanzamiento de los pilotes.

Después de ejecutar las perforaciones, se izaron los pilotes hasta ponerlos en posición vertical y de esta forma lanzarlos a las perforaciones. Esta operación se realizó con una pluma, que se utilizó también para el despegue de los pilotes de las canas de colado, y su transporte hasta la zona de hincado.

El izado de los pilotes cortos fué relativamente sencillo aumentando el grado de dificultad para los pilotes de mayor longitud. Las asas de levantamiento se localizaron de tal manera que los momentos flexionantes fueran equivalentes a lo largo del pilote, cosa que ocurre también al utilizar grúas de pórticos con levantador de compensación.



Izado y lanzamiento de los pilotes largos

Segun las recomendaciones de Mecanica de Suelos el hincado de pilotes deberia iniciarse en un lapso no mayor de una hora despues de realizada la perforación previa para evitar el deterioro de esta por los movimientos del equipo en el area de trabajo.

Después de lanzar los pilotes a las perforaciones y una vez que su solo peso no hizo que avanzaran dentro de las perforaciones se procedió al hincado acoplando la cabeza del pilote al gorro del martillo piloteador, se accionó el disparador del martillo con lo cual se inicio propiamente el hincado del pilote.

Para que un hincado sea económico y eficiente, debe tenerse disponible una razonable energia; generalmente el martillo debe ser tan grande como lo permita un empleo seguro sin dañar el pilote, y los esfuerzos calculados en el pilote deben ser comparados con el límite elástico del material del pilote y reducirlo mediante un factor de seguridad razonable para asegurar que tal valor no sea excedido, de ésta manera se determina la energia nominal para el hincado.

Los pilotes que durante el manejo ó hincado mostraron grietas con rotura del agregado y/o alteracion del acero de refuerzo,

se desecharon y reemplazaron. Las grietas menores se repararon e impermeabilizaron vigilando que al hincarlos no se alargaran.

Inspección de pilotes
dañados durante el --
hincado.



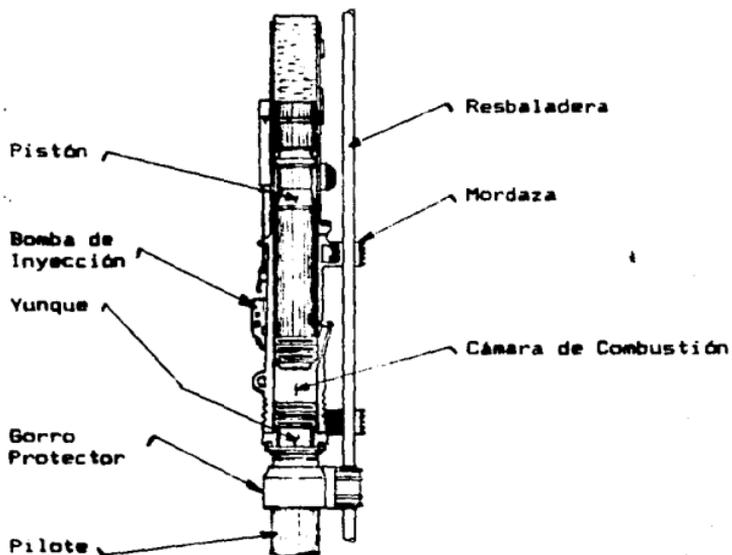
El nivel de la cabeza de los pilotes ya hincados fue variable pues la altura estuvo en función del perfil estratigráfico y de su capacidad de carga.

IV.c.6) Descripción del Equipo Utilizado.

En seguida se hace una descripción del equipo utilizado en el hincado de los pilotes, con comentarios adicionales.

Martillos.

Para el hincado de los pilotes se utilizó un martillo Diesel marca Delmag D-30, que fué el recomendado por el Departamento de Mecánica de Suelos.



Martillo Diesel

Estos martillos funcionan por medio de un cable que levanta el martinete y un gatillo lo libera. El combustible es presionado por una copa en el yunque, atomizado con el golpe del martinete y encendido por el calor de la compresión; el martillo es detenido tirando de una cuerda que desconecta una leva de la bomba de combustible.

Otro tipo de martillo Diesel usado comúnmente es el marca Link-Belt, una de las diferencias con el Delmag es el sistema de inyección. Al inyectar en la cámara el combustible, lo atomiza, lo que permite al operador controlar desde su cabina la energía de golpeo así como suspender este. Una de las ventajas del martillo Link-Belt, es tener la cabeza del cilindro cerrada, lo que permite al levantar el martinete comprimir el aire en la cabeza y en 2 cámaras, esto acorta la carrera ascendente y acelera la descendente incrementándose la relación de golpeo. Tiene además una bujía que funciona con baterías, sirve para hincados suaves o en climas fríos.

Los principales tipos de martillos usados para el hincado de pilotes son:

- a).- Martillos de caída libre
- b).- Martillos a vapor de acción simple
- c).- Martillos a vapor de doble acción
- d).- Martillos Diesel

La elección del tipo de martillo se hace tomando en cuenta todas las características de la obra por realizar. A continuación se hace una comparación entre los martillos Diesel y los martillos de Vapor.

Las principales ventajas de los martillos Diesel sobre los martillos de vapor son:

- El peso de los martillos es menor en los Diesel.
- Las calderas que necesitan los martillos de vapor tienen que estar funcionando todo el tiempo, durante noche y día, lo mismo los fines de semana.
- Los martillos Diesel son más móviles y el tiempo de traslado es menor.
- Menor tiempo de mantenimiento, pues el buroado y lavado de mangueras lleva mucho tiempo.
- El martillo de vapor necesita gran cantidad de agua y el Diesel solo necesita de 4 a 8 lts. de combustible por hora.
- Operan a temperaturas hasta de 18 F.
- Algunos martillos Diesel no continúan golpeando un pilote quebrado o desplazado del yunque, puesto que la resistencia del pilote es un requisito para su funcionamiento, lo cual protege al obrero y al equipo.

Las desventajas más importantes de los martillos diesel son:

-Dependen de una gran caída, particularmente los de acción simple.

-Aun cuando la longitud de los Diesel Deimag son equiparables a los martillos de vapor, se requiere mayor espacio para el izado del martillo.

-Las grandes longitudes requeridas por los martillos reducen las longitudes de los pilotes y guías del martinete.

-Aunque los Link-Belt son mucho más rápidos que los Deimag en general los martillos Diesel son lentos.

-Es difícil determinar con exactitud la energía de los Diesel, siendo poco confiable la energía especificada por el fabricante.

-El hincado en terreno suave es un problema ya que el martillo no puede reactivarse asimismo si no existe reacción a partir del golpe al pilote.

No se puede considerar ningún tipo de martillo en particular como predominante para ejecutar toda clase de trabajos, puesto que está en función de todos los requerimientos tanto de orden técnico como económico que exista en cada caso particular, por lo que deberá hacerse un análisis concienzudo de todos los factores que lo puedan determinar pudiendo ser adecuado para un trabajo particular cualquier tipo de ellos. En general se pueden tomar en cuenta las siguientes recomendaciones:

Los martillos Diesel, debido a que necesitan que exista una

fuerte resistencia por parte del pilote para permitir la explosión del fluido, no son recomendables en general en terrenos suaves, puesto que se estarán apagando continuamente y habrá necesidad de reiniciar el hincado.

Se debe tomar en cuenta la distancia a la cual se encuentre el sitio de hincado del lugar en el cual se encuentre disponible el equipo, así como la accesibilidad al lugar del hincado, puesto que debido al gran peso que tienen los martillos de vapor, éstos no son recomendables en aquellos casos en que se tenga que maniobrar mucho.

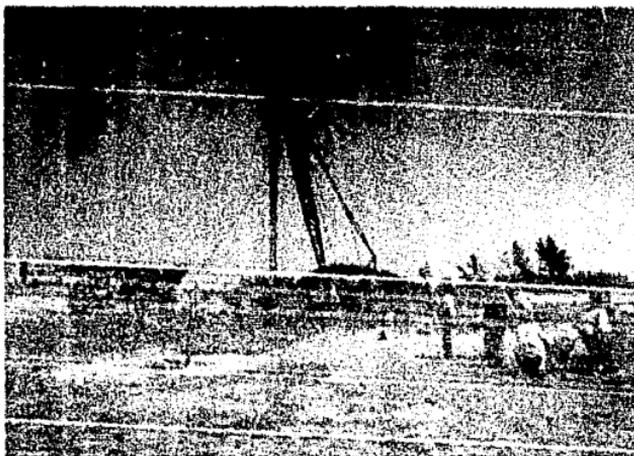
Para la operación y mantenimiento de los martillos se necesita personal; el martillo de vapor tiene muchas nanqueras, las cuales hay que mudar y lavar continuamente así como mantener calientes las calderas todo el tiempo, noche y día, días de descanso y fines de semana. Todos éstos factores incrementan los costos.

Otro factor determinante para la elección del tipo de martillo a usar es el tipo de pilote y el tipo de suelo. Para pilotes pesados se recomienda más el uso de martillos de vapor por ser más fuertes en su golpeo, lo mismo para suelos muy resistentes. Pero si el pilote es ligero y el suelo resistente, se recomienda un martillo Diesel que golpea menos fuerte y no maltrata el pilote.

Para el hincado de pilotes precolados de concreto se usan guías bastidor, que consisten en un pequeño armazon de ángulos remachados a los lados del martillo que permiten el alineamiento de éste.

El objeto de las guías es alinear el martillo y el pilote. Al hacer una perforación previa se facilita el alineamiento, pues al meter el pilote se le da un cierto apoyo facilitando su plomeado y el inicio del hincado.

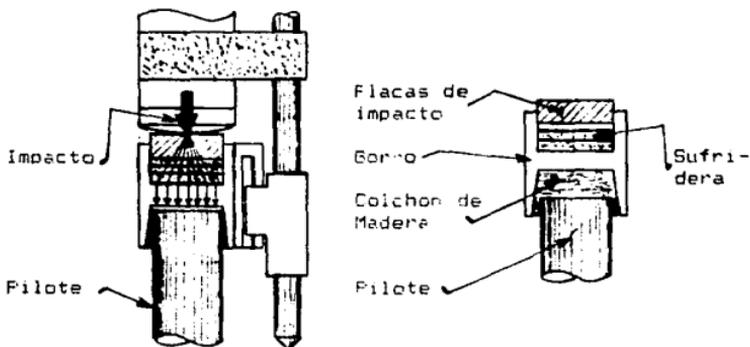
El martillo se acopia a la pluma de una draga para facilitar su transporte y movilidad.



Perforadora y grúa con guía para el martillo

Los casquetes para hincado tienen por objeto cubrir la cabeza del pilote, permiten colocar un bloque amortiguador que evita sea dañada la cabeza del pilote. Existen en el mercado diversos tipos de casquetes, según el pilote y el martillo a que estén destinados: los tipos más comúnmente empleados son los Vulcan.

Las cabezas o casquetes de hincado para pilotes de concreto son de acero fundido y permite articular el pilote, existen dos tipos principales: el tipo plano que se usa cuando las varillas de refuerzo no sobresalen del pilote, el anillo superior se llena con un bloque amortiguador de madera en caso de presentarse desniveles. Para poder igualar la fuerza del golpeo, se coloca una capa de tablones dentro del receso de fondo entre el tope del pilote y el casquete. Cuando las varillas de refuerzo sobresalen por arriba del pilote se usan los casquetes tipo pedestal.

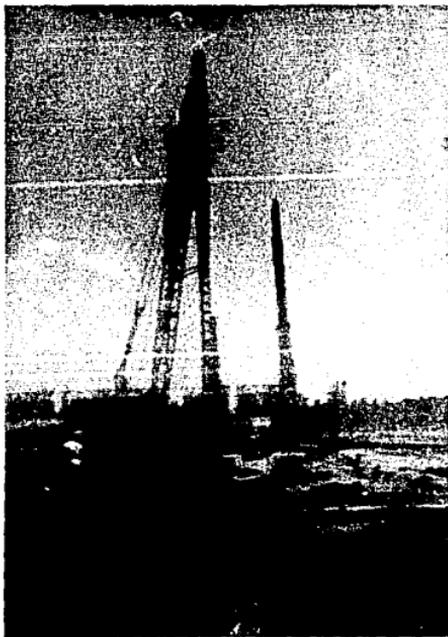


Borno de protección

Debido a que se tuvieron que hincar los pilotes en la etapa de excavación preliminar y ésta lleoó solo hasta el nivel - 0.50 m, fué necesario emplear seguidores en el hincado ya que el nivel de las cabezas de los pilotes fué de -4.00 m.

El seguidor de acero junto con un casquete, se colocó sobre la cabeza del pilote, en el extremo superior del seguidor se insertó y atornilló un aumento, que es una sección de pilote de diámetro y longitud apropiados. El martilleo se hizo sobre la parte superior del aumento hasta alcanzar la profundidad deseada; al ocurrir ésto se sacaron el seguidor y el aumento.

Hincado de los pilotes utilizando el seguidor.



IV.d) Construcción de las zapatas cabezal:

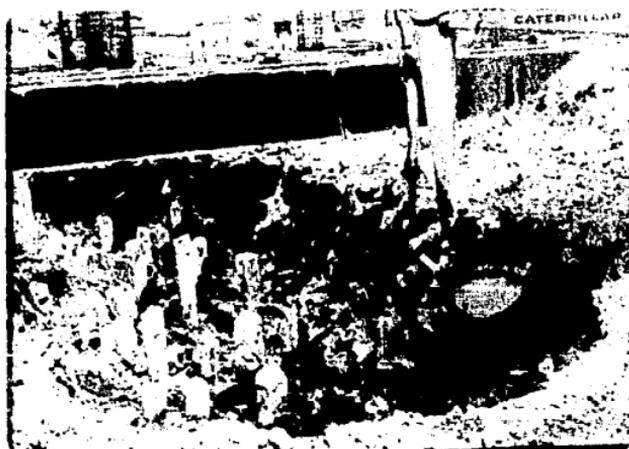
IV.d.1) Excavación hasta el nivel de desplante:

La excavación para la construcción de las zapatas estuvo limitada por talúdes perimetrales para evitar derrumbes en sus paredes que pudieran ocasionar retrasos en los trabajos. El talúd que se recomendó fué de 2 horizontal a 1 vertical, pudiendo tener talúdes menores para las excavaciones menos profundas.

El ancho máximo del fondo de la excavación fue igual al ancho de proyecto de cada zapata más 1.50 m. para la zona de trabajo. En dicha zona se construyeron drenes que condujeron el agua hacia los bardames que se utilizaron para controlar las filtraciones, dicho control se trata más adelante.

Descripción del equipo utilizado.

La excavación se realizó a cielo abierto y los recursos con que se contó para la excavación fueron: 2 dragas de 3/4 de yd³, una retroexcavadora, camiones de volteo para sacar el material excavado y cuadrillas de trabajadores para el afine del fondo de la excavación, para el descabece de pilotes y para el tendido de drenes.



Primera parte de la excavacion utilizando retroexcavadora



Excavacion utilizando draga de arrastre y cuadrilla para el afine del fondo de la excavacion y el tendido de drenes.

A continuación se hace una mención más detallada de la utilización de éstos equipos:

La primera parte de la excavación se hizo con una retroexcavadora Focalin LC-80. Se utiliza esta maquina para excavar a profundidades moderadas, su rendimiento puede aproximarse al de una pale mecánica excavando en la misma clase de material. sin embargo, a medida que aumenta la profundidad disminuye considerablemente su producción.

La excavación más efectiva ocurre cuando el aguilón forma un ángulo recto con la pluma. Se obtiene la mayor producción cuando se excava cerca de la maquina debido al reducido tiempo del ciclo y a que el material cae más facilmente en el cucharón cuando se halla hacia arriba cerca de la maquina.

Las retroexcavadoras, se utilizan principalmente para excavar debajo de la superficie natural del terreno sobre el cual descansa la máquina. Están adaptadas para la excavación de trincheras, pozos, sótanos y trabajos generales de excavaciones escalonadas, en donde se requiera un control preciso de las profundidades.

A causa de su rigidez son superiores a las dragas cuando operan en espacios pequeños y para cargar canchales. Debido al esfuerzo directo ejercido sobre el cucharón, las

retroexcavadoras pueden efectuar mayores presiones con los dientes.

En la segunda parte de la excavación se utilizaron dragas de arrastre que depositaron el material extraído a un lado de la excavación para usarlo posteriormente.

Las dragas se utilizan para excavar tierra y cargarla en unidades de acarreo. Algunas de las características de las dragas son las siguientes: por lo general, no tienen que estar dentro del agujero o banco para poder excavar, sino que pueden operar sobre el nivel natural del terreno al estar excavando, esto es muy ventajoso cuando el terreno contiene agua. Cuando la tierra se acarrea en camiones, éstos no tienen que entrar a la zona de trabajo y de esta manera no entorpecen los trabajos dentro de la zona de excavación, ni tienen que batallar en el lodo. Debido a la pluma, el malacate y su movimiento rotacional es muy útil para usarla como grúa y transportar objetos pesados de un lado a otro de la obra o para cargarlos y descargarlos de los camiones.

Una desventaja del empleo de la draga es su reducida producción comparada con otras máquinas excavadoras. Una comparación de la producción ideal de las dragas con la producción de las palas mecánicas, demuestra que la draga excava aproximadamente 75 a 80 por ciento de la tierra que puede excavar una pala del mismo tamaño.

Se usaron dragas montadas sobre orugas, ya que pueden operar sobre superficies que son demasiado blandas para los equipos montados sobre ruedas, aunque sus velocidades de translación son lentas.

El tamaño de una draga está indicado por el tamaño del cucharón expresado en yardas cúbicas. La mayoría de las dragas pueden manejar más de un tamaño de cucharón dependiendo de la longitud de la pluma y de la clase de material que se esté excavando. La capacidad máxima de levantamiento de una draga está limitada por el peso, si se rebasa esto, hará que se voltee la máquina: es necesario por tanto reducir el tamaño del cucharón cuando se emplea una pluma larga o cuando el material tiene un alto peso volumétrico. En la práctica, el peso combinado del cucharón cargado debe producir una fuerza no mayor del 75 por ciento de la fuerza requerida para voltear la máquina.

Si el material es difícil de excavar, el empleo de un cucharón más pequeño que reduzca la resistencia de la excavación puede permitir un aumento en el rendimiento de la draga.

La forma de operar de una draga es la siguiente: la excavación se comienza columpiando el cucharón vacío hasta la posición requerida aflojando al mismo tiempo los cables de arrastre y levante. Hay malacates independientes en la

unidad básica para cada uno de estos cables que pueden coordinarse en una operación armónica. La elevación se lleva a cabo tirando del cucharón hacia la taquina, mientras se regula la profundidad de excavación por medio de la tensión que se mantiene en el cable de levante. Cuando el cucharón está lleno, el operador le aplica una tensión al cable de levante al mismo tiempo que suelta el cable de arrastre. El cucharón está construido de tal manera que no puede derramar su contenido sino hasta que se desee hacerlo. El levantamiento, columbrado y descarga del cucharón siguen en ese orden, después se vuelve a repetir el ciclo. La descarga se lleva a cabo soltando el cable de arrastre. Un operador experimentado puede arrojar el material excavado más allá del extremo de la pluma.

El trabajo debe planificarse para permitir que la mayor parte de éste se haga en las zonas que permitan la mejor excavación, utilizando lo menos posible las zonas en donde la excavación es mala, éstas son más allá del extremo de la pluma ya que se destruye el cucharón y la otra muy próxima a la caseta de la draga.

La producción de una draga varía con: la clase del material, profundidad del corte, ángulo de oscilación, tamaño y tipo de cucharón, longitud de la pluma, condiciones de la obra, método de descarga, tamaño de las unidades de acarreo,

habilidad del operador, condiciones físicas de la máquina, etc.

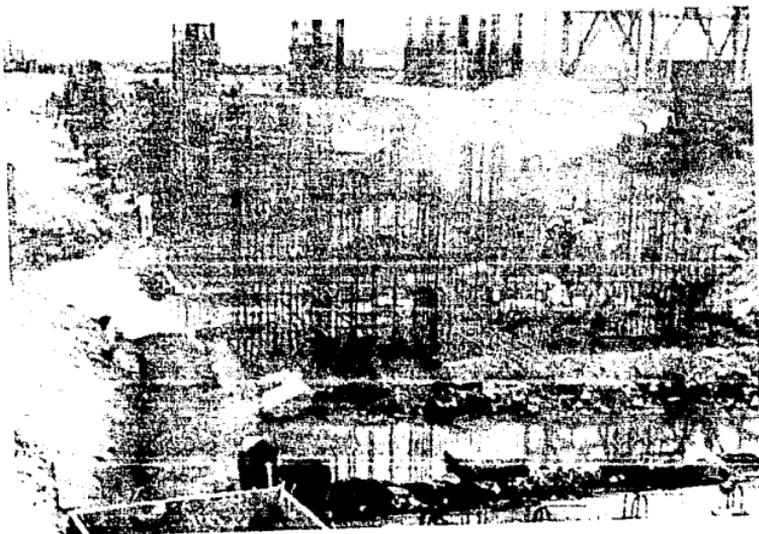
IV.d.2) Control de filtraciones

Cuando la construcción de una cimentación requiere de una excavación bajo el nivel freático, es necesario realizar un abatimiento de dicho nivel por debajo de la profundidad de desplante para poder trabajar en una superficie seca.

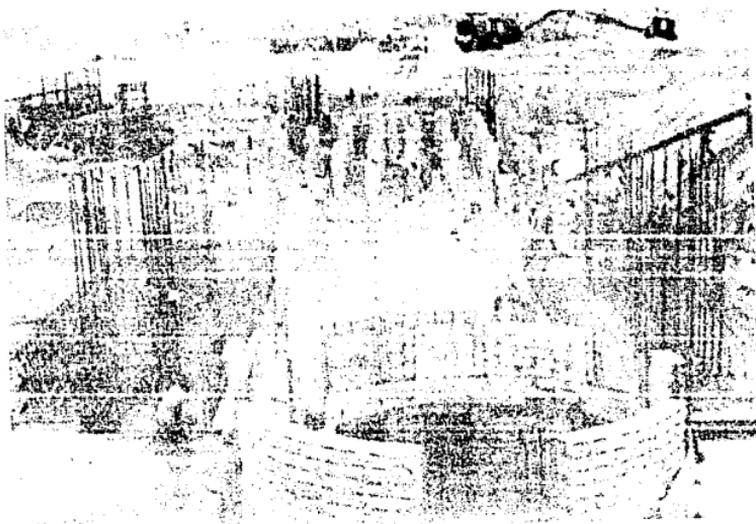
Debido al tipo de suelo encontrado en el lugar y a las características de la excavación necesaria para construir las cimentaciones, el abatimiento del nivel freático se realizó por medio de drenes que colectaron el agua y la condujeron a camaronas de donde fue bombeada fuera de la excavación.

El abatimiento del nivel freático es necesario por las siguientes razones:

- a) Intercepta al flujo de agua que se presenta en taludes y fondo de la excavación manteniendo la excavación seca.
- b) En el caso de excavaciones con taludes, incrementa la estabilidad de estos.
- c) En el caso de excavaciones adriadas, favorece el factor de seguridad contra falla de fondo.



Drenes para recolectar las aguas freáticas



Cimientos para recolectar el agua freática y el agua de la lluvia

d) En el caso de excavaciones en materiales arcillosos de alta compresibilidad bajo carga y alta expansibilidad al descargarlos, el abatimiento del nivel freático auxilia el control de las expansiones que se producen durante la excavación. Al disminuir la expansiones a su valor mínimo posible, se garantiza que la resistencia al corte del suelo que subyace a la excavación no disminuya grandemente conservando la estabilidad de la excavación.

En excavaciones pequeñas y en algunos tipos de suelos (densos o cementados) es a veces posible permitir flujo de agua en los taludes, colectarlos en zanjas que reconozcan a cárcamos de los cuales el agua puede extraerse por medio de bombas autocobantes.

IV.d.3) Armado, cimbrado y colado de las zapatas.

Una vez que se excavo hasta el nivel de desplante de la zapata y se empezaron a controlar las filtraciones, se coló una plantilla de 10 cm de espesor, con concreto de resistencia $f'c=100$ kg/cm² con un tamaño máximo de agregado de 1.9 cm. La función de la plantilla es ofrecer una base firme y limpia para colocar el armado de la zapata ya que no se puede trabajar sobre el lodo que se forma en el fondo de la excavación.

Ya colocada la plantilla se procedió a descabezar los pilotes utilizando cincel y martillo y dejando la sección demolida del pilote con una superficie rugosa para permitir la adherencia del concreto nuevo. No se permitió el uso de pistola neumática en el descabece para no fracturar la sección de pilote restante.

El acero de refuerzo de los pilotes se dejó descubierto a una altura de 50 cm a partir del nivel de desplante de las cimentaciones para que quedaran empotrados en las zapatas. Sobresaliendo de la plantilla se dejó una sección de pilote sin demolir de 5 cm de longitud, la cual se utilizó como calza del armado de refuerzo de las zapatas.

Para ésta etapa de la construcción de la zapata se aplicaron todas las recomendaciones hechas en las especificaciones para la fabricación de los pilotes en cuanto a la cimbra, la colocación del acero de refuerzo, el colado y el curado de los elementos, por lo que sólo se mencionan algunas recomendaciones adicionales que se incluyeron en las especificaciones y que se tomaron en cuenta en la fabricación de todos los elementos de concreto que formaron las cimentaciones.

Colocacion del concreto

Depositar el concreto tan proximo como fuera practicable a su posicion final, para evitar la segregacion debido al manejo o al flujo.

Efectuar el colado con una rapidez tal que el concreto estuviera en todo momento en estado plastico para fluir facilmente entre las varillas del refuerzo.

Colocar los puentes y pasarelas apropiados para circular sobre la cimbra y el acero de refuerzo para protegerlos. Mantener humeda la cimbra hasta el momento de colocar el concreto.

Utilizar el quipo para la colocacion del concreto con un procedimiento adecuado, de tal manera que permitiera el vaciado del concreto en la cimbra sin una alta velocidad de descarga que resultara en separacion o segregacion de la mezcla. No permitir que el concreto cayera libremente desde una altura mayor de 1.00 m., usandose series de embudos cuando se presentaran alturas mayores.

Depositar el concreto por capas horizontales no mayores de 45 cm de espesor compactando cada capa, y llevando a cabo el colado a una velocidad tal que al colocar la siguiente capa las dos pudieren ser vibradas conjuntamente.

No depositar concreto fresco sobre concreto que hubiera endurecido lo suficiente como para causar fractura de grietas y signos de debilidad de la sección.

En elementos de eje vertical tales como caballetes, pilas, estribos, columnas, muros, etc., vaciar la revoltura colocándola por capas horizontales continuas de 25 a 30 cm. de espesor.

En elementos de eje horizontal, tales como vigas, losas, etc., vaciar la revoltura por frentes continuos, cubriendo toda la sección del elemento estructural. Con un tiempo máximo de treinta minutos entre un vaciado y el siguiente para el mismo frente de colado.

Hacer las juntas de construcción, donde lo indicaran los planos y de conformidad con las especificaciones.

En caso de colados de losas inclinadas o elementos similares, empezar el colado por la parte más baja y progresivamente continuar hacia las partes altas. En colados hechos en superficies grandes, iniciar la colocación del concreto por el perímetro, en el caso de muros y trabes empezar colocando el concreto en los extremos de la sección respectiva y progresando hacia el centro. Evitar en todos los casos la acumulación de agua en las esquinas, la formación de bolsas próximas a la cimera.

Vibrado

Compactar todo el concreto por vibración, y moverlo con herramientas adecuadas haciéndolo fluir completamente alrededor del refuerzo y de elementos empotrados y hacia las esquinas y lugares remotos de la cimbra, a manera de eliminar bolsas de aire o aglomeraciones de agregado grueso.

Evitar el vibrado excesivo para impedir cualquier segregación o clasificación de la revoltura así como el contacto directo del vibrador con el acero de refuerzo que originara vibraciones afectando a las partes previamente colocadas o modificando la posición del acero de refuerzo, ó de la cimbra.

Curado y protección.

El curado y protección del concreto, consiste en el mantenimiento de ciertas condiciones asegurando la adecuada hidratación del cemento y el endurecimiento del concreto. El curado se inicia inmediatamente después de que se produjo el fraguado inicial, aproximadamente 3 horas después del colado.

Cimbra.

Diseñar toda la cimbra para que fuera capaz de mantener el concreto en estado plástico en su alineación correcta, y dar contraflechas cuando fuera necesario. Prever además cuñas y dispositivos para compensar hundimientos o movimientos que se presentaran durante los colados.

Remover los moldes sin hacer daño al concreto, para lo cual se recubrieron con un aceite mineral ligero aplicandolo antes de colocar el refuerzo.

Limpiar la cimbra cuidadosamente y aceitarla antes de volverla a utilizar. Disponer aberturas en la cimbra en la base de las columnas, muros y de miembros apertados para facilitar la limpieza e inspeccion antes y durante el colado respectivo.

Diseñar la cimbra para traveses en forma tal que las paredes laterales pudieran ser removidas sin afectar las paredes inferiores ni sus soportes cuando se necesitara descimbrar parcialmente antes de lo permitido para el descimbrado total.

Tiempos mínimos para descimbrar

| CONCEPTO | RESISTENCIA MINIMA EN kg/cm ² | NUMERO DE DIAS |
|--|---|----------------|
| Muros sin carga, cimentación y -- paredes laterales de vigas | 35 | 1 |
| Columnas y muros de carga siempre y cuando los ele- mentos y traveses -- que descansen so- bre ellos estén -- totalmente apun- talados. | 90 | 4 |

Losas, paredes --
inferiores de vi-
gas (dejar punta-
les en vigas)

120

6

Cuando los miembros colados soportaron cargas adicionales además de su peso propio, permanecieron debidamente apuntalados hasta que alcanzaron su resistencia especificada de proyecto.

Acero de refuerzo

Colocar todo el acero de refuerzo en su posición correcta protegiéndolo contra corrosión y oxidación antes de la colocación. Cuidar que estuviera libre de polvo, óxido, grasa, aceite y cualquier substancia que impidiera una buena adherencia con el concreto.

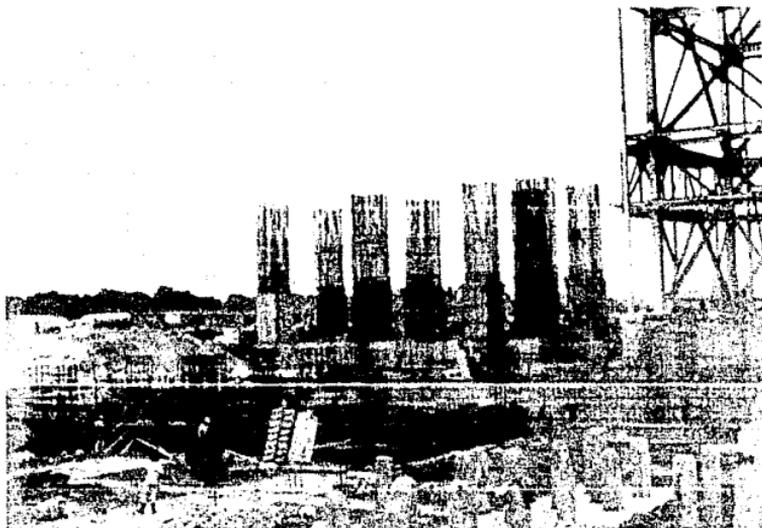
Generales

Antes de proceder a un nuevo colado, cepillar la superficie del concreto y picarla hasta hacerla rugosa, limpiarla cuidadosamente removiendo todo material suelto, mojando además la junta completamente y manteniéndola así durante no menos de 3 horas antes del nuevo colado poniendo una capa de lechada de la calidad correspondiente al concreto utilizado inmediatamente antes del nuevo colado.

Se indicó que deberían transcurrir 24 horas como mínimo entre el colado de columnas y muros, y el colado de vigas, trabes ó

losas que se apoyaran en ellos, para esperar a que el concreto de las columnas y muros pasara del estado plastico al solido. Las vigas, traveses, ménsulas, capiteles de columnas acartelamientos, se consideraron como parte del sistema de piso y se colaron monolíticamente con el.

Tomando en cuenta estas recomendaciones se llevó a cabo la construcción de las cimentaciones para las diferentes estructuras de la Central. En las siguientes fotografías se muestran diferentes etapas de estos trabajos

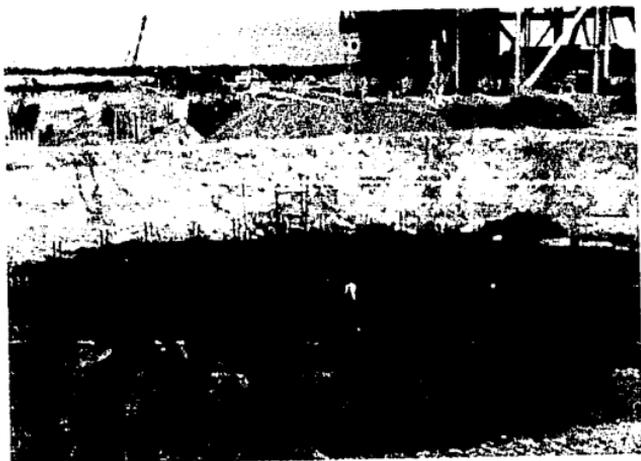


Construcción del pedestal del turbogenerador

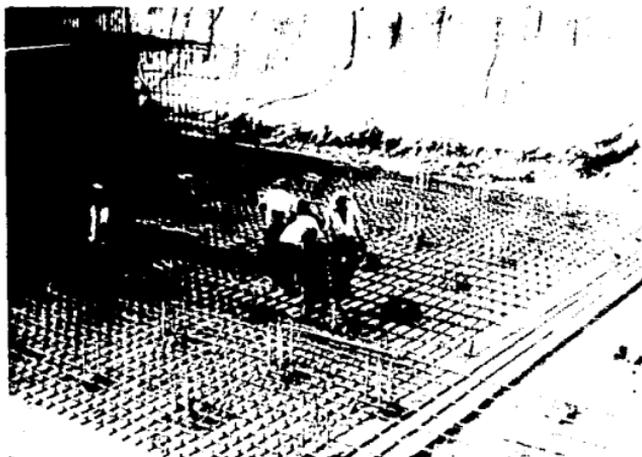
ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA 79



Colado de la plantilla y descabece de pilotes dejando una pequeña sección sin demoler



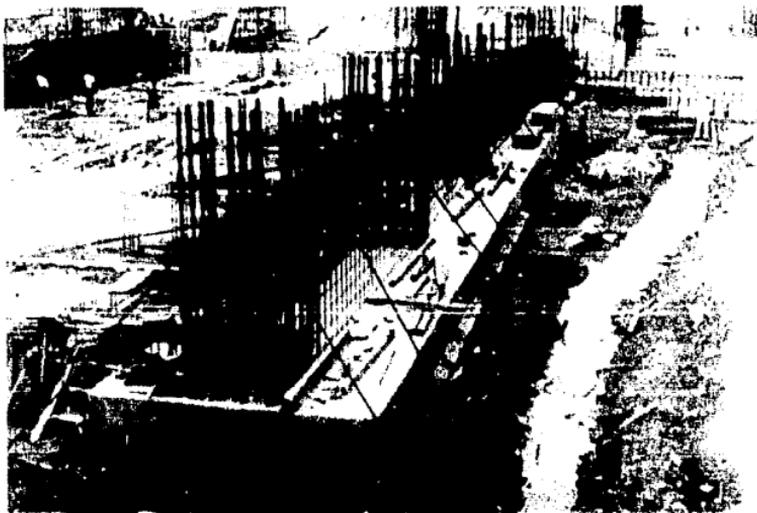
Colocación del acero de refuerzo utilizando la sección no demolida del pilote como calza



Doblado del refuerzo de los pilotes para empotrarlo en las zapatas



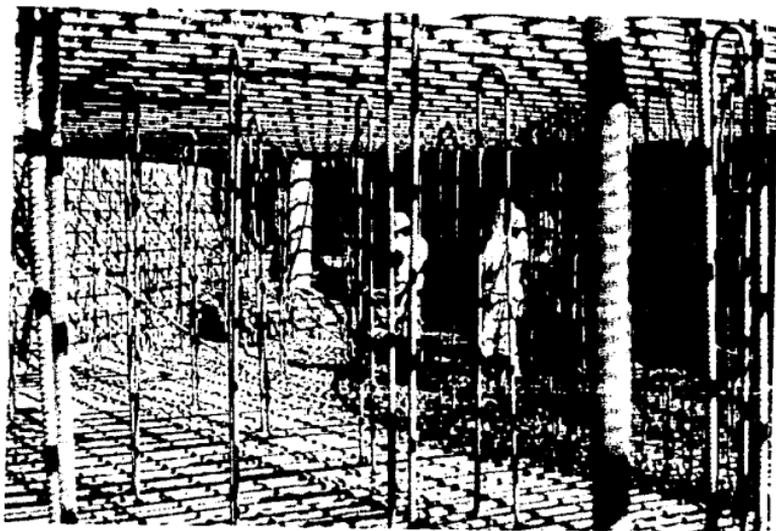
Vista general de los trabajos de colado de la plantilla descabece de los pilotes y colocación del armado de refuerzo



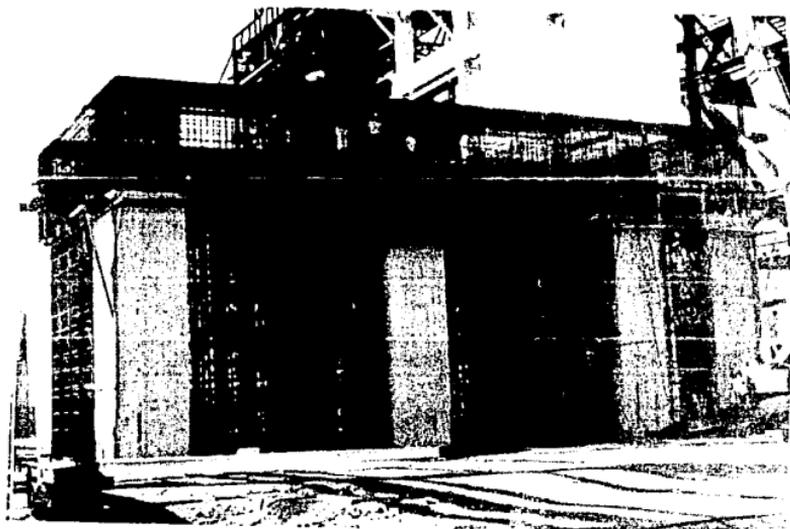
Cimentación del Edificio Eléctrico y de Control



Cimentación de la Casa de Máquinas



Colado de cimentación de la Chimenea



Cimbrado de la mesa del Turbogenerador

IV.e) Rellenos.

Los rellenos se realizaron de conformidad con los perfiles y trazos indicados en los planos, colocandolos en capas no mayores de 20 cm de espesor medidos antes de compactar, y posteriormente compactandolos hasta obtener la densidad especificada.

Para efectuar el relleno necesario se utilizo una draga de arrastre, unidades de acareo y una motocomformadora para extender el material, tomando en cuenta las recomendaciones hechas por el Departamento de Mecánica de Suelos en cuanto al procedimiento de compactación y la calidad de los materiales.



CONCLUSIONES

1.- Para definir el tipo de cimentación adecuado y el procedimiento constructivo a seguir, se debe tomar en cuenta todo lo referente a la disponibilidad de los materiales de construcción, mano de obra de la región, plazo de ejecución, financiamiento disponible, etc. Incluye además, de manera preponderante la disponibilidad de equipo y la experiencia en los diferentes trabajos que deben realizarse.

2.- Antes de iniciar la construcción de una cimentación, es importante conocer las características del suelo para saber cual es el comportamiento que este va a tener durante la excavación y de esta manera escoger el procedimiento más adecuado de acuerdo a los recursos de que se pueda disponer; los puntos principales que se deben considerar son: tipo de talúd y material en los muros de excavación, dificultad probable al excavar, estabilidad del piso de excavación y las condiciones de las aguas subterráneas.

3.- Para seleccionar el procedimiento de construcción más adecuado y éste sea rápido, económico y seguro se debe contar con toda la información que de alguna manera ayude a tomar decisiones óptimas en la elección de programas y sistemas constructivos, pero principalmente, se debe estar plenamente familiarizado con los planos estructurales de la cimentación

y los detalles de estos, tipo y calidad de los materiales y las especificaciones de construcción dadas como guía.

4.- El buen comportamiento de una cimentación depende en gran medida de su instalación. Por lo tanto, la selección correcta del procedimiento y equipo de construcción, una buena mano de obra y un control estricto de todo el proceso de instalación, son aspectos esenciales en la construcción de una cimentación profunda adecuada, de ahí que tanto la inspección como la verificación sean de suma importancia.

BIBLIOGRAFIA.

1.-Especificaciones para la construcción de las cimentaciones principales y estructuras de concreto para la C.T. Tuxpan unidades 1 y 2. Coordinadora Ejecutiva del Centro, C.F.E. 1985.

2.-Informe del Departamento de Geotecnia, Subgerencia de Ingeniería Experimental, Gerencia de Proyectos Hidroeléctricos, C.F.E. 1985, para diseñar y construir la cimentación de las estructuras de la C.T. Tuxpan.

3.-Diseño y Construcción de Cimentaciones, curso impartido en la División de Educación Continua de la Facultad de Ingeniería, UNAM, 1980.

4.-Mecánica de Suelos y cimentaciones, Prof. Carlos Castro Villalaz.

5.-Estadísticas Eléctricas Nacionales, 1967-1986, Centro Editorial de la Comisión Federal de Electricidad.

6.-Serie de Divulgación sobre plantas de generación de energía eléctrica, Centro Editorial de C.F.E.

7.-Informes mensuales de avance de obra. Departamento de programación del proyecto C.T. Tuxpan, C.F.E.

8.-Archivo de planos del proyecto C.T.Tuxpan, C.F.E.