



86
24

Universidad Nacional Autónoma de México

FACULTAD DE INGENIERIA

PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DE UNA CHIMENEA
DE DIAMETRO VARIABLE EN UNA PLANTA
TERMoeLECTRICA, CON EL SISTEMA
DE CIMBRA DESLIZANTE.

T E S I S
Que para obtener el Título de
I N G E N I E R O C I V I L
p r e s e n t a
CARLOS LORENZO TOUSSAINT

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

MEXICO, D. F.

1 9 9 1



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis 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.

INDICE

1.- Antecedentes	1
1.1 Descripción de una Planta Termoeléctrica.....	2
1.1.1 Generalidades.....	2
1.1.2 Principales circuitos de una Planta Termoeléctrica.....	3
1.1.3 Estructuras y sistemas principales.....	6
1.2 Función de las chimeneas dentro de una Planta Termoeléctrica.....	10
1.2.1 Clasificación de chimeneas.....	10
1.2.2 Selección de soluciones.....	11
1.2.3 Determinación de la altura y sección interior de los ductos de gases.....	14
1.2.4 Chimeneas de concreto reforzado.....	17
2.- Descripción del sistema de cimbra deslizante y principales aplicaciones.....	21
2.1 Descripción del sistema.....	22
2.1.1 Mecanismos.....	22
2.1.2 Funcionamiento.....	23
2.1.3 Organización de campo.....	26
2.2 Principales aplicaciones.....	26
2.2.1 Estructuras con paredes de espesor variable..	27
2.2.2 Estructuras compuestas por cuerpos de diferente altura.....	28
2.2.3 Construcciones a base de marcos.....	31
2.2.4 Estructuras con variaciones en la altura.....	32
2.2.5 Construcciones con cimbra en una sola cara...	33
2.2.6 Muros con perfiles (molduras).	34
3.- Proyecto y especificaciones de la chimenea.....	37
3.1 Características de la estructura.....	38
3.2 Bases de diseño.....	38

3.2.1 Especificaciones y documentos de referencia..	38
3.2.2 Cargas a considerar.....	39
3.3 Requerimientos para la elaboración del proyecto de- una cimbra deslizante.....	40
3.4 Proyecto.....	42
3.4.1 Equipo a utilizar.....	42
3.4.2 Memoria de cálculo para el diseño de la cim- bra deslizante.....	45
3.4.3 Planos.....	46
3.4.4 Programa de obra.....	53
3.4.5 Presupuesto.....	54
4.- Procedimiento Constructivo.....	56
4.1 Trabajos preliminares.....	57
4.2 Deslizado.....	58
5.- Conclusiones.....	63
6.- Bibliografía.....	66

1.- ANTECEDENTES

1.1 Descripción de una Planta Termoeléctrica.

1.2 Función de las chimeneas dentro de una Planta Termoeléctrica

1.1 Descripción de una Planta Termoeléctrica

1.1.1 Generalidades

Las máquinas de vapor o turbinas serán las encargadas de accionar los generadores eléctricos en las centrales térmicas de vapor, aunque también se utilizan para el accionamiento de los equipos auxiliares (ventiladores, excitadoras, hogares mecánicos, etc.). El vapor que se necesita para el funcionamiento de estas máquinas motrices es producido en las calderas quemando combustible en los hogares que son parte integral de éstas; el vapor producido en las calderas es conducido hasta las turbinas por medio de canalizaciones, --- siendo los caminos de energía más cortos el factor que decide el tipo y situación de la central termoeléctrica.

En las centrales térmicas de vapor se manejan tres formas de energía:

- a) Energía Hidráulica del agua vaporizada en las calderas.
- b) Energía Térmica acumulada en el combustible.
- c) Energía Eléctrica producida en la central.

Debido a que se está trabajando con los tres tipos de energía mencionados, hay que tomar ciertas consideraciones para que el costo de la central no se eleve demasiado:

- Debe procurarse que las longitudes de las tuberías que conducen el agua hasta las calderas sean lo más cortas posibles, lo cual se puede conseguir situando la central lo más cerca que se pueda de un depósito natural de agua, también habrá que reducir las longitudes de las tuberías que conducen el vapor de las calderas a las máquinas motrices.

- Hay que considerar los correspondientes depósitos de combustibles para el abastecimiento continuo de las calderas.

- Para que la producción y la conducción de energía eléctrica resulte económica, habrá que localizar la central lo más próxima a los puntos de consumo.

El combustible es dirigido por medios adecuados a la sala de calderas donde se vaporiza el agua, la cual es impulsada hacia las calderas por medio de bombas que mandan el agua de refrigeración hacia las máquinas de la central. El vapor producido en las calderas se envía a la sala de máquinas, donde acciona las turbinas y éstas a su vez a los generadores de energía eléctrica; se eleva la tensión de la energía eléctrica producida en la sala de transformadores y se dirige a la estación de distribución.

1.1.2 Principales circuitos en una Planta Termoeléctrica.

Existen tres clases de circuitos principales donde se realizan los intercambios de energía:

- a) Circuito de combustible
- b) Circuito de agua-vapor
- c) Circuito de energía eléctrica

También existen otros circuitos que funcionan como auxiliares.

a) Circuito de combustible

El combustible es quemado en el hogar, que está constituido por un recinto cerrado por paredes de mampostería, en las que generalmente se encuentran los canales de circulación del aire necesario para la combustión. Después de calentar la caldera, donde tiene lugar la vaporización del agua, los gases residuales de la combustión o humos pasan a un conducto para ser eliminados al exterior. Como estos gases aún están calientes, la energía eléctrica en ellos contenida, puede ser aprovechada para el circuito primario de los recalentadores de vapor y para el circuito primario de los economizadores del agua de alimentación de la caldera. Los gases saldrán al exterior a través de una chimenea-

de tiro natural o de tiro forzado.

b) Circuito de agua-vapor.

La vaporización del agua es realizada en la caldera, que en esencia es un depósito donde se calienta el agua hasta convertirla en vapor. Para eliminar las partículas líquidas que contiene el vapor al salir de la caldera, es recalentado en un circuito secundario de uno o mas recalentadores primarios.

Desde la caldera el vapor es conducido a presión y a alta temperatura hasta la turbina, donde se expande produciendo energía mecánica. En las turbinas se realizan extracciones de vapor, conduciendo de nuevo hacia los recalentadores secundarios de la caldera, -- donde el vapor sufre nuevos recalentamientos para ser posteriormente introducido en los siguientes cuerpos de las turbinas o en otras turbinas independientes. En las turbinas también se realizan extracciones de vapor que se conducen a los circuitos primarios de los precalentadores del agua de alimentación para calentarla.

Como una central térmica de vapor tiene mejor rendimiento entre más frío esté el vapor de escape, a la salida de la turbina se hace pasar el vapor a través de un condensador para transformarlo en agua nuevamente; la condensación se realiza introduciendo agua fría a presión en el condensador, la cual circula por unos serpentines de refrigeración. En las centrales térmicas situadas en las cercanías de algún depósito de agua natural, se toma el agua directamente de éstos para que circule por el serpentín de refrigeración del condensador y regrese posteriormente al depósito. Pero cuando el agua para la condensación no puede tomarse de un río, lago, embalse, etc., o la cantidad disponible resulta insuficiente, ésta será llevada a torres refrigeradoras al salir del condensador donde será enfriada para recircular nuevamente.

El agua que resulta de la condensación procedente de la turbina se impulsa hacia la caldera por medio de bombas de alimentación.

Para aumentar el rendimiento térmico del conjunto, es convenient-

te que el agua de alimentación entre en la caldera ya caliente, por lo que se hace pasar previamente por los circuitos secundarios de los calentadores, que son calentados por las extracciones de vapor de las turbinas y por los economizadores que son calentados por los gases de escape antes de su salida a la atmósfera por la chimenea.

Cuando no se dispone de condensador en una central térmica, generalmente el vapor de escape de la turbina sale a una presión superior a la atmósfera y se aprovecha para otros fines, como puede ser la calefacción.

c) Circuito de energía eléctrica.

La energía eléctrica es producida en los generadores eléctricos accionados por las turbinas. En la actualidad en las centrales térmicas se produce corriente alterna trifásica, la cual se lleva desde los generadores a los transformadores apropiados, donde se eleva la tensión de la energía producida. Los transformadores pueden alojarse en locales especiales o en el mismo pabellón de distribución que generalmente está separado de la sala de máquinas, esta separación se debe a que el pabellón debe tener suficiente luz natural y los aparatos, transformadores, etc., pueden ser inspeccionados fácilmente y montarse o desmontarse cuando sea necesario.

Debido a que la tensión para las necesidades propias de la central es distinta a la tensión de distribución, es aconsejable tomar esta energía de un pabellón de distribución especial.

d) Circuitos auxiliares.

Entre los circuitos auxiliares de una central térmica de vapor podemos mencionar los siguientes:

- 1.- Circuito de tratamiento del combustible.
- 2.- Circuito de aire de combustión. El aire necesario para la combustión en el hogar debe ser inyectado en éste a presión haciéndolo pasar por calentadores bajo la acción de los gases de combustión.
- 3.- Circuito de eliminación de cenizas y escorias. Los residuos sólidos de la combustión deben eliminarse a medida que se van produciendo.

do.

4.- Circuito de tratamiento del agua de alimentación. Generalmente - hay que tratar el agua que alimentará la caldera para eliminar las - sales y otras sustancias disueltas que pueden provocar la corrosión de las tuberías, calderas, etc.

5.- Circuito de agua de refrigeración. Además del condensador es necesario tener agua fría para enfriar otros dispositivos de las centrales térmicas.

6.- Circuito de lubricación. Es conveniente centralizar el servicio de lubricación de cojinetes en las máquinas motrices, generadores, - bombas, motores, etc., con depósitos y tuberías, recuperando el lubricante a la salida de las máquinas por medio de instalaciones de - puradoras y filtradoras.

7.- Circuito de hidrógeno. Habrá que considerar un circuito especial cuando existan turbogeneradores refrigerados por hidrógeno.

8.- Circuitos de mando. Para el funcionamiento de una central térmica de vapor, son necesarios los circuitos para el mando de las máquinas y sus dispositivos; estos circuitos pueden ser:

- circuitos oleohidráulicos para el accionamiento de los servomotores de mando y regulación de las máquinas motrices.

- circuitos eléctricos, generalmente una batería de acumuladores suministra corriente continua para el mando de disyuntores, relés, - etc.

- circuitos neumáticos para mando de disyuntores, reguladores de máquinas motrices, etc.

1.1.3 Estructuras y sistemas principales.

Para normalizar las Centrales Termoeléctricas en todo el país se han definido módulos de dos unidades con capacidad de 160 MW o 350 - MW, lo que permite que los edificios principales para alojar el equipo, así como los edificios administrativos y de almacén, tengan las mismas necesidades de área y volumen en cada planta de la misma ca--

pacidad de generación.

Las principales estructuras y sistemas que requiere una central-térmica de vapor son las siguientes:

a) Casa de máquinas.

Edificio para alojar, como módulo, dos unidades turbogeneradoras y equipos auxiliares. Es una nave de 121.55 m de longitud, 45 m de ancho y altura de 33.70 m, totalmente cubierta con techumbre a dos aguas de estructura de acero formada por marcos rígidos en el sentido corto o transversal y contraventeados en el longitudinal, techo y muros de lámina estructural de acero soportada en largueros.

La estructura normalizada comprende la geometría general de los marcos principales transversales, longitudinales y pasillo, así como las secciones de los perfiles estructurales diseñadas para resistir las cargas muertas, vivas, carga de grúa viajera de 75 ton. de capacidad de izaje en el gancho principal y cargas accidentales por viento o sismo. Las cargas accidentales son: viento con velocidades regionales de 125, 150 y 185 km/hr y aceleración horizontal del terreno debido a sismos. A partir de la geometría general y estructura básica preestablecidas, el diseño se podrá aplicar para sismos de mayor magnitud y diferentes tipos de terreno. La estructuración normalizada se refiere a las plataformas transversales entre pasillos longitudinales, la operación de equipos auxiliares, escaleras y cimentación de la estructura.

b) Edificio eléctrico y de control.

Es un edificio de 42 m de longitud por 21 m de ancho y una altura de 17.50 m para alojar tableros, baterías, cables, gabinetes, computadoras y tableros de control de un módulo de dos unidades turbogeneradoras. La estructura de acero está formada por marcos rígidos en el sentido corto y marcos longitudinales contraventeados con crujeas de 7.00 m de claro; azotea y entresijos de concreto reforzado, muros de tabique, cancelería de aluminio y bloques de concreto. La

estructura de este edificio se considera 100 % normalizada y a partir de la geometría general y estructuración básica, se tienen diseños para diferentes rangos de aceleración del terreno debido al sismo y diferentes velocidades regionales de viento y a partir de la estructuración básica preestablecidas el diseño se podrá efectuar para sismos y vientos no considerados actualmente.

c) Chimeneas

La altura mínima de las chimeneas es de 120 m para cumplir así con la concentración permisible de contaminantes en el aire, fundamentalmente de dióxido de azufre. El arreglo físico normalizado consiste en un fuste de concreto para dos tiros, los que podrán ser de acero, para zonas de alta sismicidad, y tabique antiácido ligados lateralmente con diafragmas de concreto al fuste, para sitios de sismicidad baja. Los espesores, diámetros del fuste y la cimentación se determinan en cada proyecto en base las condiciones particulares del sitio.

d) Pedestal del turbogenerador.

Estructura de concreto reforzado formando marcos rígidos en los sentidos transversal y longitudinal.

e) Subestación.

Estructuras de columnas y trabes de celosía de acero formando marcos ortogonales o en un solo plano cuya función es soportar las cargas transmitidas por aisladores, conductores e hilos de guarda. La geometría general queda definida con los arreglos tipo, de equipo eléctrico para subestaciones de 230 KV y 400 KV. Los perfiles de trabes y columnas se diseñan para tensiones máximas en cables y efectos del viento para velocidades regionales de 90, 125, 150 y 185 km/hr.

f) Edificios auxiliares.

Las secciones requeridas para los elementos estructurales, tra--

bes y columnas se definen por las solicitaciones del viento y/o sismo en cada sitio. Las estructuras de concreto y mampostería de un solo nivel se diseñan considerando muros de cortante. La cimentación es de aplicación en cada sitio en función de las características del suelo. Las estructuras de acero con cubierta y fachadas de lámina se diseñan para diversos rangos en las solicitaciones por viento o sismo.

Entre los edificios normalizados tenemos:

- Edificios de oficinas Técnico-Administrativas.
- Alojamiento Militar.
- Unidad Médica.
- Comedor.
- Centro de Capacitación.
- Baños y Vestidores.
- Laboratorio Químico.
- Almacén.
- Talleres Mecánico, Eléctrico y de Instrumentación.
- Caseta de Control de la Subestación.
- Edificio de Compresores y Generadores de Emergencia.
- Caseta de Acceso a la Central.
- Oficina del Delegado Sindical.

g) Sistemas.

- Sistema de Agua de Circulación.
- Sistema de Manejo de Carbón y Cenizas.
- Sistema de Manejo de Combustóleo.
- Sistema de Drenaje.
- Terracerías.

Estos sistemas se diseñan para cada central por ser altamente -- sencibles a las condiciones particulares del sitio y la normaliza--- ción se limita a la definición de los criterios de análisis y dise-- ño a través d guías así como a la elaboración de especificaciones ge-- nerales de construcción.

La normalización en Ingeniería Civil tiene como ventaja principal unificar la calidad de la ingeniería de proyecto, al mismo tiempo que se establecen controles de calidad en materiales y ejecución de obra mediante especificaciones técnicas para construcción, que dá como resultado una obra de calidad controlada en la misma medida en diferentes regiones. Otro beneficio importante es el ahorro de horas hombre en la ejecución de la ingeniería, lo que permite un mejor aprovechamiento de los recursos humanos.

1.2 Función de las chimeneas dentro de una Planta Termoeléctrica.

1.2.1 Clasificación de chimeneas.

Las chimeneas pueden clasificarse según diversos criterios:

a) Atendiendo al método empleado para conseguir una velocidad adecuada de los gases, se les puede clasificar en chimeneas de tiro natural, chimeneas de tiro inducido y chimeneas de tiro forzado, según que el diferencial de presión necesario para el flujo de los gases se deba exclusivamente a diferencias de temperatura y densidad, que se haya creado por medios artificiales una presión negativa progresivamente decreciente, o que se fuerce al flujo mediante presiones positivas mayores que la atmosférica.

b) Atendiendo al número de ductos independientes contenidos dentro de una misma envoltura estructural en chimeneas de ducto simple y chimeneas de ductos múltiples.

c) Según la manera como se resisten las solicitaciones debidas a fuerzas horizontales, se las puede dividir en dos clases: autoportantes y no autoportantes:

1.- Autoportantes son aquellas chimeneas que no necesitan de una estructura auxiliar para soportar las solicitaciones globales debidas-

a viento o sismo. El propio fuste de la chimenea ha sido diseñado para resistir dichas sollicitaciones.

2.- No autoportantes son aquellas chimeneas cuyo ducto (s) de gases no está diseñado para soportar por sí mismo las sollicitaciones globales de viento o sismo y se requiere, por lo tanto, de una estructura auxiliar para resistirlas. Esta clase incluye las chimeneas atirantadas.

d) Atendiendo al material estructural empleado en la construcción del fuste, las chimeneas se pueden clasificar en: chimeneas de concreto reforzado monolítico, chimeneas de acero, chimeneas de mampostería y chimeneas construidas con elementos prefabricados.

1.2.2 Selección de soluciones.

Las determinaciones preliminares de las características y requerimientos generales de la chimenea se basan en evaluaciones económicas, límites de contaminación del aire y del terreno, condiciones de operación y condiciones estéticas.

La definición de la velocidad de salida del efluente, del diámetro interior, forma y altura del o de los ductos, así como la determinación de la temperatura de operación, de la temperatura extrema y su duración son cuestiones que no deberían formar parte de un manual de obras civiles. Sin embargo, dada la importancia que tienen para el diseño y buen funcionamiento de la chimenea, se darán a continuación algunos lineamientos generales.

De un dimensionamiento correcto dependerá que la obra cumpla sus funciones satisfactoriamente y que su operación resulte económica. - En especial, conviene señalar que las dimensiones del ducto de gases (altura y diámetros interiores) influyen sobre la eficiencia de la combustión, la economía de combustible, la contaminación atmosférica la formación de depósitos acídicos en las paredes interiores y, por tanto, sobre la resistencia al flujo de gases y a la corrosión; tie-

nen, además, influencia sobre las secciones térmicas y el tiro necesario para mantener velocidades de flujo adecuadas. Por último un dimensionamiento correcto reduce los gastos de mantenimiento y reparación y prolonga la vida útil de la obra.

Cuando se está en la etapa de selección entre varias soluciones posibles, deben considerarse todas las alternativas que razonablemente se puedan clasificar a priori como técnicamente adecuadas y económicamente competitivas. Esto implica incluir en la comparación factores que tienen más relación con aspectos básicos del proyecto de la central termoeléctrica que con el diseño de la o las chimeneas necesarias. Los estudios preliminares a que se ha hecho referencia están orientados a decidir sobre cuestiones como localización de la planta potencia instalada, número de unidades de potencia, tipo de combustible a usar, ciclo de operación, elección del procedimiento para abatir los niveles de contaminación, etc. En esta etapa del proyecto, - las comparaciones económicas entre las soluciones consideradas pueden hacer sobre la base de estimaciones más o menos gruesas de los costos y no necesitan, por lo tanto, mayor precisión sobre las características de las chimeneas propuestas en cada alternativa que la -- que se puede obtener de la información disponible sobre chimeneas de centrales termoeléctricas de capacidad similar y construcción reciente.

Una vez eliminadas las alternativas menos ventajosas, se necesita hacer una comparación más fina entre las restantes y es entonces cuando es preciso considerar en forma más detenida las distintas posibilidades de solución en lo que a chimeneas se refiere.

Para alturas pequeñas, las chimeneas de acero son, en general, - más económicas que las de concreto reforzado; sin embargo para grandes alturas, el concreto proporciona soluciones económicas más ventajosas y más fáciles de construir. No es posible fijar un límite preciso de altura para el cual las chimeneas de acero y -- las de concreto tengan costos iguales. Según referencias encontradas en la literatura, para alturas inferiores a 45 m, las chimeneas de -

concreto reforzado resultan más costosas que las de acero; en cambio las soluciones en concreto serían económicamente más ventajosas a -- partir de los 65 m de altura. Sin embargo, esta situación de costos-relativos es cambiante; en el último tiempo se han logrado solucio-- nes en acero que son competitivas hasta alturas de 120 a 150 m, se-- gún sea el diseño adoptado.

La comparación económica entre soluciones debe considerar los si-- guientes puntos:

a) Costo inicial de la chimenea, incluidos revestimientos, duc-- tos internos, aislamiento y cimentación.

b) Vida útil de la instalación y posibilidades de cambio en la - capacidad instalada, en el régimen de operación o en el combustible- empleado.

c) Vida útil de la chimenea.

d) Costos de operación, reparación y mantenimiento que no signifi- quen interrupción en el funcionamiento de la chimenea.

e) Efectos económicos de una falla de la chimenea o de la inte-- rrupción de su funcionamiento por reparaciones mayores.

f) Cuando hay varias unidades, posibilidad de servir las mientras una de las chimeneas (o uno de sus ductos, si se trata de chimenea - de ductos múltiples) es reparada o sometida a operaciones de mante-- nimiento.

g) Valor residual y dificultad y costo de dismantelar o demoler- la chimenea.

h) Costos de reposición.

i) Costos financieros (intereses sobre el capital, seguros, de-- preciación, amortización, fondos de reserva y otros).

En la comparación entre chimeneas de acero y chimeneas de concre-- to reforzado debe tenerse en cuenta que las primeras se fabrican en- segmentos que deben ser unidos en la obra, para lo cual se necesita- de equipo de montaje que tenga el alcance apropiado. Este es un fac- tor limitante de la altura para soluciones en acero. Para las chime- neas de concreto reforzado no hay factores técnicos que limiten la -

altura; en el estado actual de la técnica se pueden construir de 300 m de altura o aun más.

Con chimeneas de acero atirantadas se pueden conseguir alturas notables. Sin embargo, hay que considerar que los tirantes constituyen obstrucciones que dificultan o impiden el empleo de espacio que puede ser útil en la instalación para otros fines.

1.2.3 Determinación de la altura y sección interior de los ductos de gases.

a) Generalidades.

El problema principal es determinar la altura de los ductos de gases y el área de su sección interior a la salida, de manera que los niveles de contaminación previstos cumplan las normas de calidad del aire que se hayan adoptado o que la autoridad competente exija.

Los métodos disponibles para la determinación de la altura necesaria de una chimenea, en relación con los problemas de contaminación, se pueden clasificar en analíticos y experimentales. Los primeros varían grandemente en cuanto a su complejidad, desde simples reglas empíricas, a veces de dudosa validez, hasta elaborados cálculos basados en modelos matemáticos que aplican la teoría de la difusión con el objeto de predecir niveles de contaminación esperados y compararlos con la norma de calidad empleada. Los métodos analíticos se basan en numerosas idealizaciones del problema; las condiciones que rigen en un caso real pueden ser en algunos aspectos muy diferentes de las condiciones ideales contempladas en la teoría y, entonces puede ser necesario recurrir a métodos experimentales, ya sea de campo o de laboratorio. Es el caso de los efectos introducidos por obstáculos de flujo del aire, como los debidos a irregularidades topográficas o a edificios próximos.

b) Contaminantes emitidos por plantas termoeléctricas convencionales.

Los contaminantes originados por los procesos de combustión en -- plantas termoeléctricas se pueden clasificar en dos categorías: 1) contaminantes primarios, que son los emitidos directamente por la fuente de contaminación; 2) contaminantes secundarios, formados en la atmósfera como resultado de la interacción de dos o más contaminantes primarios, o por reacción con los componentes atmosféricos normales, con o sin fotoactivación.

Los principales contaminantes primarios producidos por centrales de potencia que utilizan combustibles convencionales están formados -- por partículas, sólidas o líquidas, y gases, como los óxidos de azufre, de nitrógeno y de carbono. En una planta bien diseñada y en buenas condiciones de operación el efluente tiene concentraciones bajas de monóxido de carbono (CO) y muy pocos hidrocarburos sin quemar. El dióxido de carbono (CO₂) no tiene efectos fisiológicos adversos sino en concentraciones relativamente altas, por lo cual, usualmente no se le considera como un contaminante; además, se sabe que los procesos -- biológicos y geoquímicos proveen un medio natural suficiente de control del contenido de CO₂ en la atmósfera por lo menos al nivel actual de las concentraciones observadas a escala planetaria. Por estas razones, los principales contaminantes primarios que deben considerarse al tomar medidas contra la contaminación producida por plantas termoeléctricas convencionales son las partículas y los óxidos de azufre y de nitrógeno.

c) Procedimientos para abatir la contaminación atmosférica.

El abatimiento de la contaminación puede efectuarse en la fuente de emisión misma o en el punto en que el efluente es entregado a la -- atmósfera. Su objetivo es reducir la cantidad de contaminante emitida y su concentración a límites aceptados.

El control en la fuente misma se puede realizar ya sea por sustitución o modificación del combustible empleado, por captura y remo--- ción de los contaminantes contenidos en el efluente, o bien modificando las técnicas y equipos de combustión. Estos procedimientos de con-

trol son los únicos que pueden reducir la contaminación en términos - absolutos dado que actúan sobre la fuente emisora.

El control en el punto de entrega a la atmósfera se efectúa em-- pleando chimeneas altas que producen la dilución y dispersión del e-- fluyente, de manera que, al llegar al receptor, la concentración de -- contaminantes quede por debajo de los límites aceptados. Este procedi miento reduce el impacto sobre los lugares cercanos a la chimenea, pe ro aumenta el área expuesta a la contaminación; ciertamente no afecta la cantidad total de contaminante.

Debido a las exigencias crecientes de la legislación y al mayor - costo de los combustibles líquidos con bajo contenido de azufre, en - los últimos tiempos ha aumentado el interés por los procedimientos de control y abatimiento de la contaminación que actúan sobre la fuente- misma o, más bien, por una combinación de dichos métodos y el empleo de chimeneas de gran altura. A medida que crezca la concentración urba na y se vayan agravando los problemas de contaminación, seguramente - se dará cada vez mayor importancia relativa a los procedimientos que- actúan sobre la fuente misma, ya que son los únicos que reducen la -- contaminación en términos absolutos.

El grado de dilución y dispersión en la atmósfera de los contami- nantes emitidos por una chimenea depende de varios factores: la altu- ra y el diámetro superior del ducto, la temperatura y velocidad de sa lida del efluente, las condiciones meteorológicas reinantes (veloci-- dad, dirección y estructura del viento, grado de estabilidad atmosfé- rica, nubosidad), la topografía del terreno y la localización de la - chimenea respecto de otras estructuras o de obstáculos naturales. No- existen métodos analíticos que permitan tomar en cuenta el efecto de- todos los factores enumerados en el cálculo de la concentración espe- rada de contaminante. Sin embargo, hay casos en que algunos o la mayo ría de esos factores tienen efectos secundarios y es entonces posible obtener resultados aceptables.

Conviene mencionar que la contaminación resultante para una chime- nea aislada, o un grupo de chimeneas cercanas entre sí, puede ser muy

diferente de la provocada por un número grande de chimeneas distribuidas sobre una superficie extensa. En el caso de una sola chimenea, -- las concentraciones máximas de contaminante al nivel del terreno bajo condiciones de atmósfera neutra o inestable, se producen en la cercanía de la fuente, generalmente dentro de una distancia igual a veinte veces la altura de la chimenea en la dirección del viento dominante.-- En el caso de un número grande de chimeneas distribuidas sobre una -- superficie extensa, la contribución individual de cada una a la contaminación del área puede resultar aceptable, pero no así el efecto del conjunto. Los efectos del viento en los dos casos pueden ser diametralmente opuestos: mientras que en el segundo, el problema de contaminación del área decrece al aumentar la velocidad del viento, una sola chimenea puede producir problemas locales más serios para velocidades de viento relativamente altas.

Al evaluar las concentraciones máximas esperadas de contaminantes aportados por una nueva instalación para compararlas con las permitidas, hay que tener en cuenta que dichos contaminantes se encuentran ya presentes en el ambiente receptor en concentraciones que dependen del grado de urbanización e industrialización del área.

1.2.4 Chimeneas de concreto reforzado.

a) Clasificación.

Usualmente las chimeneas de concreto reforzado se revisten en toda su altura con los siguientes propósitos:

- 1.- Proteger el concreto de la acción abrasiva y corrosiva de los gases.
- 2.- Mantener la temperatura de los gases.
- 3.- Controlar los gradientes de temperatura de manera que los esfuerzos térmicos en el concreto, en el acero de refuerzo y en el revestimiento mismo queden dentro de límites aceptados.

Las chimeneas de concreto reforzado se pueden clasificar de acuerdo con el tipo de revestimiento empleado. Se distinguirán tres clases principales de revestimientos:

1) Revestimientos independientes. Son aquellos que no tienen ningún soporte vertical intermedio entre su base y su extremo superior.

2) Revestimientos soportados. Son los que están apoyados en soportes verticales intermedios entre su base y su extremo superior.

3) Revestimientos integrados. Son aquellos que quedan soportados de manera continua, en virtud de que van adheridos al material que los circunda.

Los revestimientos independientes se clasifican a su vez en:

1) Revestimientos libres. Son aquellos cuyo peso descansa directamente sobre su base o sobre una sección cercana a ella, produciendo compresión en el revestimiento mismo, y a los cuales no se les provee de ningún medio de estabilización lateral. Usualmente se construyen de tabique, de acero o de plástico reforzado.

2) Revestimientos estabilizados. Son aquellos cuyo peso descansa sobre su base o sobre una sección cercana a ella, produciendo compresión en el revestimiento mismo, pero cuya estabilidad lateral se consigue mediante apoyos dispuestos con ese fin. Usualmente se construyen de acero o de tabique.

3) Revestimientos suspendidos. El peso de ese tipo de revestimiento es transmitido al extremo superior del fuste de la chimenea, ya sea a través del revestimiento mismo, produciendo en él solicitaciones de tensión, o bien en parte a través del revestimiento y en parte a través de cables de suspensión. Se les construye casi siempre de acero.

b) Especificaciones.

Las chimeneas de concreto reforzado y sus cimentaciones se diseñarán de acuerdo con la teoría elástica del concreto reforzado, emplean

do criterios de esfuerzos admisibles.

1) Agregados.

El tamaño máximo del agregado grueso no de exceder un $\frac{1}{8}$ del espesor de la sección ni $\frac{1}{2}$ de la menor distancia libre entre varillas de refuerzo.

2) Aditivos.

No se emplearán aditivos aceleradores o retardadores del fraguado a menos que las especificaciones de la obra así lo dispongan.

3) Concreto.

La resistencia especificada del concreto a 28 días será 200 kg/cm^2 -- como mínimo, y la relación agua-cemento, en peso, incluida la humedad libre de los agregados no excederá 0.53.

4) Colocación de refuerzos.

El refuerzo anular deberá colocarse por fuera del refuerzo vertical -- exterior y será atado o soldado a él a intervalos de no más de 0.60 m tanto en vertical como en horizontal. El recubrimiento libre del refuerzo anular será de 6 cm como máximo y 3 cm como mínimo.

Se evitará que los traslapes de las varillas del refuerzo vertical -- queden todos en una misma sección horizontal. El recubrimiento libre del refuerzo anular será de 6 cm como máximo y 3 cm como mínimo. Se recomienda que en cada sección se traslape no más de un tercio de las varillas verticales.

5) Colocación del concreto.

Se vibrará el concreto durante su colocación. No se admitirán juntas de colado verticales en el fuste y se procurará que las juntas horizontales queden igualmente espaciadas a través de la altura de la chi menea. No se emplearán cimbras de más de 3 m de altura. La altura de descarga del concreto por encima de la superficie de colocación no ex

cederá de 1.5 m. El concreto se colocará por capas aproximadamente horizontales de no más de 0.40 m de espesor.

6) Curado.

Los retoques y terminaciones de la cara externa se harán inmediatamente que se haya retirado la cimbra exterior. Una vez completada esta operación, ambas caras se cubrirán con un compuesto de curado a base de resina que cumpla la norma ASTM C 309, tipo I. No se admitirán compuestos a base de cera. El compuesto utilizado debe tener una tintura fugaz. En caso que el concreto haya de llevar algún recubrimiento, el compuesto de curado deberá ser compatible con el material de recubrimiento.

7) Espesor mínimo del fuste.

El espesor mínimo del fuste de toda sección de diámetro interior no superior a 6 m será de 15 cm. Por cada metro de aumento del diámetro por encima de 6 m, se aumentará el espesor mínimo en un centímetro.

8) Refuerzo interior.

Además de las varillas de refuerzo exigidas por el cálculo, toda sección del fuste cuyo espesor sea de 0.45 m o más llevará en su cara interna un refuerzo vertical mínimo de varillas del No. 4 a 0.6 m entre centros, y un refuerzo anular mínimo de varillas del No. 4 a 0.30 m entre centros.

**2.- DESCRIPCION DEL SISTEMA DE CIMBRA
DESILIZANTE Y PRINCIPALES
APLICACIONES.**

2.1 Descripción del sistema.

2.2 Principales aplicaciones.

2.1 Descripción del sistema

Las principales características del sistema de Cimbra Deslizante, que hacen ventajoso su empleo, son dos fundamentalmente:

- a) Tiempo (rapidez de ejecución)
- b) Estructura racional (elementos rígidos y multicelulares)

La utilización de la cimbra deslizante en la ejecución de las obras de concreto permite lograr dos grandes economías: la velocidad del deslizado de la cimbra (de 3.50 a 7.00 m por día) y una reducción del tiempo crítico del programa, en relación a las actividades de montaje y operación de los equipos de elevación vertical.

En cuanto al concepto de estructura racional, cabe afirmar que se logra al hacer trabajar a los elementos verticales tan rígidamente como el cálculo lo requiera, a fin de absorber los esfuerzos horizontales, haciendo innecesario el empleo de las trabes, normalmente diseñadas para tal objeto.

La construcción con cimbra deslizante puede compararse con un proceso de extrusión de concreto, ya que fundamentalmente se efectúa con un molde que se desliza sobre el concreto, en su proceso de fraguado, dejando la estructura colada en forma continua hasta lograr la altura total del elemento. Las cimbras se ensamblan al iniciar el colado y se desmantelan una vez terminada la estructura que, mediante el proceso, queda colada en forma continua y monolítica. El empleo de este sistema es aconsejable en estructuras de concreto a base de muros sin discontinuidades o proyecciones fuera de la vertical. Ejemplos de estas estructuras son los tanques, las chimeneas, las torres de enfriamiento, las pilas de puentes, los cubos de elevadores, los edificios de vivienda multifamiliar y, en fin, todo tipo de construcciones verticales autosoportantes que la capacidad del hombre sea capaz de generar.

2.1.1 Mecanismos

La cimbra deslizante contiene los siguientes mecanismos básicos:

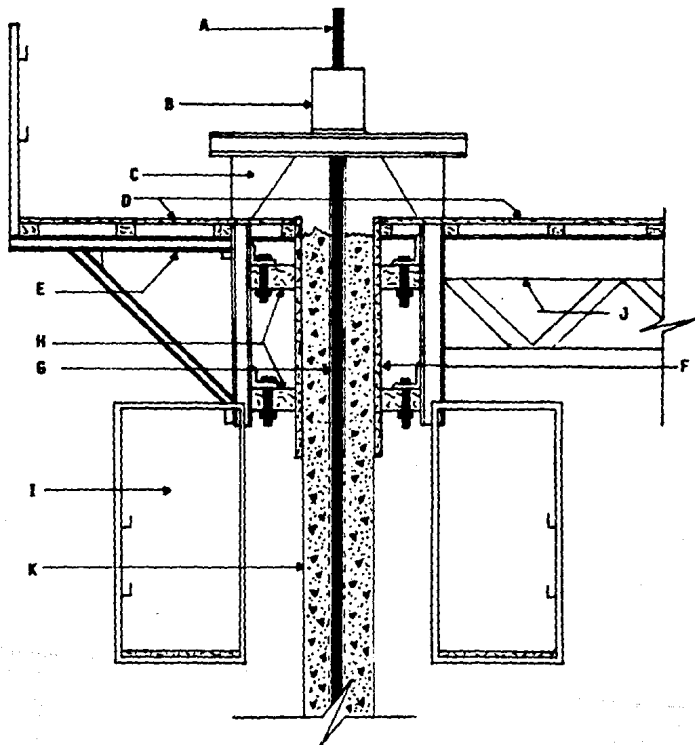
barras de apoyo, gatos hidráulicos, yugos metálicos, plataforma de -- trabajo, escuadras de soporte, cimbra de contacto, camisas para las - barras, largueros, galerías suspendidas, polines de apoyo y caballete elevado, así como bomba o consola de operación, mangueras, bombas de mano, planta generadora de energía eléctrica (emergencia), equipo de elevación y accesos verticales.

Los gatos hidráulicos automáticos son cilíndricos, con un hueco - central a través del cual pasa la barra de apoyo. Dentro del cilindro accionan dos conjuntos de mordazas (dos o tres por conjunto) de ac--- ción automática. El conjunto superior de mordazas está fijado a la ca ja del gato; el conjunto inferior, al pistón hidráulico. Así, cuando un conjunto trepa por la barra, el otro sostiene al gato y, consi--- guientemente a la cimbra, a las plataformas de trabajo, a las gale--- rías y al conjunto deslizante en general; el movimiento se invierte - mediante la presión del aceite y un juego de resortes regresa las mor dazas a la posición inicial. (Fig. 1)

2.1.2 Funcionamiento.

Una vez colocado el refuerzo de la estructura a una altura mínima igual al tamaño de la cimbra por deslizar (1.20 m), se coloca la cimbra para las caras externa e interna del elemento, se arman los accesorios metálicos, se colocan los gatos y plataformas de trabajo y, al terminar todas las preparaciones, se procede al colado, mediante capas uniformes de 15 a 20 cm de espesor, hasta llenar totalmente la -- cimbra. Si al terminar de colar, el concreto del fondo ha alcanzado - su fraguado inicial, se procede al izado de la cimbra mediante la ope--- ración de los gatos, al principio muy lentamente con el objeto de ob--- servar el despegue de la cimbra y, de no presentarse deformaciones, - se acelera el izado hasta alcanzar el ritmo calculado, que puede ser de 3.50 a 7.00 m por cada 24 hrs. de trabajo continuo pues el colado debe efectuarse sin interrupción en ciclos completos de izado, coloca

Fig. 1: CORTE ESQUEMATICO DE LA CIMBRA DESLIZANTE



- A - BARRA DE APOYO
- B - GATO HIDRAULICO 6 TON.
- C - YUGO METALICO
- D - PLATAFORMA
- E - MENSULA DE CORONAMIENTO
- F - CIMBRA DE CONTACTO (h=120 cm)
- G - CAMISA DE BARRA DE APOYO
- H - LARGUERO DE APOYO
- I - GALERIA DE TRABAJO (RESANES)
- J - CONTRAVENTEO INTERIOR
- K - MURO DE CONCRETO

ción del refuerzo horizontal, colado uniforme en capas de 20 cm y vibrado. El avance mínimo debe ser de 12.50 cm/hr., ya que de ser menor se pegaría la cimbra de contacto y la fricción aumentaría hasta rebasar el límite de trabajo de los gatos.

El concreto que ya tiene una edad de 5 a 10 hrs. después del deslizado, únicamente está sujeto a esfuerzos de compresión debidos al peso del concreto fresco vaciado en la cimbra (1.20 m de altura) en total, aproximadamente 0.31 kg/cm², ya que todo el conjunto, más las cargas vivas y un poco de la presión del viento son tomados por las barras de apoyo.

Los gatos normalmente trabajan a su capacidad, los hay de 3 toneladas probados a 6 toneladas y de 5 a 8 toneladas.

La fricción, la presión hidrostática del concreto, las cargas muertas y vivas, etc., determinan la fuerza necesaria para el izado, que al dividirla entre la capacidad de trabajo de los gatos, dá por resultado el número necesario de gatos y su distribución. La cimbra se-

calcula tomando en cuenta las presiones y la separación de los yugos.

La velocidad del deslizado varía de acuerdo a la calidad del concreto y a la temperatura del medio ambiente, que afecta muy considerablemente el proceso de fraguado del concreto en las primeras horas de edad. Debe procederse al izado cuando el concreto de la parte inferior de la cimbra tiene la resistencia suficiente para soportar la carga del concreto fresco de la parte superior.

2.1.3 Organización de campo.

Es aconsejable que el izado de la cimbra y el proyecto de los moldes se encarguen a especialistas con amplia experiencia en este tipo de trabajos para que quede garantizado el proyecto y la solución acertada a las eventualidades que pueden presentarse. Así mismo resulta conveniente que antes de empezar el trabajo revisen el equipo y los accesorios.

Normalmente el contratista principal realiza las operaciones de elevación, colado, vibrado y curado del concreto así como las del armado del acero de refuerzo y la colocación de las preparaciones en la estructura, tales como vanos para puertas y elementos estructurales, juntas, instalaciones, etc.

Debido a la continuidad del trabajo, deberá prestársele especial atención a la cantidad y a la calidad del equipo, fundamentalmente a aquellos equipos de elevación y fabricación del concreto.

2.2 Principales aplicaciones.

Como se mencionó anteriormente, el empleo del sistema de cimbra deslizante es aconsejable en estructuras a base de muros sin discontinuidades o proyecciones fuera de la vertical; sin embargo, también se

pueden ejecutar construcciones especiales: aquellas cuya sección plana varía con la altura, las que presentan grandes claros o bien aquellas en las que en su ejecución el método de la cimbra deslizante está asociado a otros métodos.

La mayor parte de este tipo de construcciones constituyen una novedad en el empleo del método de la cimbra deslizante, demostrando -- las diferentes formas de aplicación, adaptación y asociación a otros métodos constructivos.

Actualmente con el sistema de cimbra deslizante, que anteriormente solo se utilizaba en la construcción de estructuras de muros verticales, se construyen hoy en día muros o cortinas inclinadas, pilas de puentes, chimeneas o torres de sección variable, etc., las cuales pueden ser construcciones de formas poco comunes de gran altura, en cuya ejecución, la ayuda de este sistema reduce el tiempo y en donde la -- construcción por otros métodos plantearía otras dificultades mayores.

Para ejecutar las construcciones especiales con la ayuda de la -- cimbra deslizante, se aplica el método utilizado para las construcciones ordinarias, adaptado y complementado en función de las características específicas de cada tipo de construcción especial, permaneciendo válida la organización de los trabajos de concreto.

2.2.1 Estructuras con paredes de espesor variable.

Algunas construcciones de concreto armado requieren, ya sea por razones arquitectónicas o por razones asociadas a la técnica, tener el espesor variable (pilas de puentes, chimeneas, etc.) que puede ser -- realizado de manera continua, sobre todo en grandes alturas. Las cimbres o moldes en los cuales se cuelan estas estructuras deben permitir la realización de un espesor variable, lo cual se puede resolver generalmente con la ayuda de tableros, que se introducen en la cimbra deslizante, en el caso de estructuras donde no sea necesaria la conti

nidad; sin embargo cuando sea necesaria en una estructura el procedimiento puede ser más complicado.

Para la construcción de estructuras de sección circular la variación continua del espesor de las paredes se obtiene con la ayuda de una cimbra exterior constituida con tableros fijos y tableros móviles-sobrepuestos, mientras que la cimbra interior permanece inmóvil. El cerraje de la cimbra externa puede ser asegurado con la ayuda de tirantes o de otros dispositivos.

Este tipo de construcciones pueden ser igualmente realizadas con la ayuda de una instalación compleja que se utiliza cuando la sección y las paredes son variables; para reducir el espesor de la pared, se acercan los tableros exteriores e interiores maniobrando los dispositivos especiales.

Para las secciones rectangulares o cuadradas los tableros interiores no deben estar ensamblados a los de las aristas permitiéndoles su deslizamiento y dejándolos a su vez en libertad de acercarse con la ayuda de los dispositivos especiales, asegurando la posibilidad de sobreponer o eliminar los tableros que no tendrán mas contacto con el concreto.

2.2.2 Estructuras compuestas por cuerpos de diferente altura.

a) Deslizado de los cuerpos de una construcción a partir de niveles diferentes.

Algunas construcciones industriales están compuestas por cuerpos de edificios cuyo deslizado debe comenzar a diferentes niveles. En estos casos se comienza el colado y el deslizado del cuerpo que ya está en un nivel inferior, mientras es preparada la cimbra deslizante para el otro cuerpo. Cuando la cimbra del primer cuerpo alcanza el nivel donde comienza el segundo se lleva a cabo el deslizado de los dos cuerpos, lo cual se logra regulando la velocidad del deslizado de las

dos cimbras, obteniendo así un deslizado conjunto y continuo hasta la altura final. (Fig. 1)

b) Construcciones con cotas superiores diferentes.

En los silos y las torres industriales una parte de la construcción (sala de máquinas) debe pasar la altura de los otros cuerpos por lo que hay que continuar el deslizado sobre la altura final del resto de los mismos.

Para poder representar este caso tomaremos como ejemplo una batería de silos (N) y la torre (T), donde la batería de silos tiene una altura h_1 y la torre una altura h_2 . El colado y deslizado de las paredes de N y T se hace simultáneo hasta alcanzar h_1 . Una vez que han quedado coladas las paredes de N hasta su altura final, será necesario que el borde inferior de la cimbra llegue al nivel h_1 , donde será desmontada la unión de la cimbra deslizante para N y se modificará la cimbra de manera apropiada para T. Se comienza a llenar de concreto la cimbra ya modificada y se continúa el deslizado hasta la altura final h_2 . La modificación de la cimbra para la torre T puede ser efectuada en ciertas ocasiones sin la interrupción del suministro de concreto para el colado de dicha torre. Para esto es necesario que N y T sean convergentes para las cimbras independientes, o bien que la cimbra esté unida de tal manera que se pueda separar fácilmente. (Fig.2)

c) Construcciones que acaban con muros con pendiente.

En el caso de los techos para los cuales los muros deben tener cierta inclinación o pendiente, se continúa el deslizado sobre la altura correspondiente y se cuele el concreto dentro de la cimbra con la pendiente considerada. Para evitar la ruptura por flexión de las barras en la sección donde la cimbra queda vacía se construirá alrededor de cada barra de sostén un pequeño pilar de concreto armado. Estos pilares que se demuelen posteriormente, pueden ser recuperados y utilizados como dinteles, lo cual, se logra introduciendo las paredes de separación transversales en la cimbra deslizante que limita los pi

lades lateralmente y en su interior se va colando el concreto mientras es levantada el resto de la cimbra vacfa. (Fig. 3)

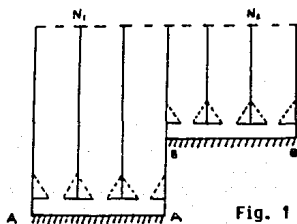


Fig. 1

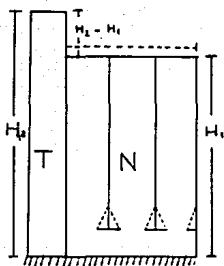


Fig. 2

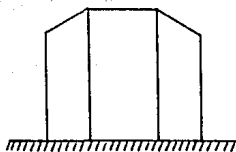


Fig. 3

2.2.3 Construcciones a base de marcos.

En los últimos años el método de cimbra deslizante ha sido utilizado en muchos países al igual que las construcciones en cuadro, ya sea en estructuras integrales de concreto armado colado en el lugar o en estructuras mixtas con columnas de concreto armado coladas en obra y elementos horizontales precolados.

Este método ha sido aplicado en la ejecución de:

- construcciones de estructura de concreto para maquinaria pesada, industria química y construcciones al aire libre.
- construcciones de centrales eléctricas de depósitos y salas de máquinas.
- puntales de pozos en la industria de extracción minera.
- estaciones de trituración.
- construcciones elevadas para estacionamientos con varios niveles.
- en edificios sometidos a fuertes cargas no repartidas uniformemente.

El procedimiento a seguir en este tipo de construcciones es:

a) Se monta la cimbra deslizante desde el comienzo cubriendo todo el contorno de los muros y de las vigas; para colocar las columnas se introducen tableros transversales a las caras de la cimbra deslizante, los cuales junto con el resto de la cimbra delimitarán la sección de las columnas. El ancho y las caras laterales de las vigas estarán delimitados por los tableros de la cimbra deslizante. Se recomienda que la estructura de concreto armado sea lo mas uniforme posible y que el ancho de las vigas y columnas sea igual en todos los niveles de la estructura.

El lecho bajo de las vigas será delimitado por un tablero fijo montado a lo largo de la cimbra deslizante con soportes independientes a ésta, permitiendo el movimiento libre de la cimbra deslizante sobre la vertical. Para realizar la unión entre vigas y columnas se retiran los tableros transversales de las columnas a la altura correspondiente.

b) En las estructuras mixtas (elementos de concreto armado colados en obra y elementos prefabricados) se sigue el procedimiento anterior sólo que se acondiciona la cimbra deslizante con equipo de elevación con capacidad suficiente y de soldadura que son necesarios para el ensamble de los elementos prefabricados. La ejecución de los trabajos se realiza alternando el deslizado, el montaje y la colocación de los prefabricados.

2.2.4 Estructuras con variaciones en la altura.

Esta categoría comprende las construcciones industriales que conservan, en un plano, su forma y sus dimensiones exteriores, pero sobre la altura la estructura va variando condicionada por exigencias técnicas y está constituida a ciertos niveles por marcos y en otros por muros.

De este tipo de construcciones podemos mencionar: las salas de máquinas en los silos que tienen tolvas o de células que a determinado nivel tienen una estructura a base de marcos o muros aislados, los silos con columnas y pisos de niveles inferiores, etc.

En las construcciones de este género se aplica con validez todo lo que se ha mencionado anteriormente sujeto a la forma de soportar la cimbra para las columnas y de consolidar las barras contra la flexión en las zonas libres.

Como un ejemplo de este tipo de estructuras está un edificio de electrofiltros en una concretera que, con una altura de 20 m, se compone de una estructura de soporte a base de marcos en dos direcciones en la parte inferior y de un muro de concreto armado en la parte superior. Las secciones de las columnas tienen las dimensiones para poder soportar los gatos en la elevación de la cimbra deslizante.

El entarimado de la cimbra para las vigas cuyo espesor es superior al de los muros, se baja al mismo tiempo que el entarimado de la cimbra deslizante y fijan a la altura de proyecto. La parte del muro ensachada es colada antes con cimbra convencional.

2.2.5 Construcciones con cimbra en una sola cara.

Existen construcciones en las que los muros necesitan cimbra por un solo lado debido a que del otro están delimitados, ya sea por el terreno natural o por otro muro ya existente. En estos casos el empuje del concreto no está equilibrado, por lo cual los dispositivos normales para el levantamiento de la cimbra deslizante no pueden soportar el empuje horizontal del concreto por lo que hay que utilizar dispositivos especiales.

1.- Construcciones verticales o con fuerte inclinación.

a) Construcciones de contorno cerrado.

De este tipo de construcciones se pueden mencionar las subterráneas tales como: los túneles de las minas, pozos para captar agua, lunbreras, etc. La cimbra deslizante no podrá llevar los yugos convencionales ya que solo hay cimbra de contacto por un lado. El sistema deberá tener una estructura que lo contraventee (ya sea de madera o acero) para soportar el empuje horizontal del concreto. El levantamiento de la cimbra deslizante se logra através de la adhesión del concreto y con la ayuda de elevadores o de otros dispositivos de levantamiento montados en la boca del pozo. La constitución de la estructura de contraventeo y de los yugos, debe ser tal, que las barras de apoyo no sean utilizadas mas que para recibir los esfuerzos de los ejes de elevación. Este método es utilizado principalmente para los revestimientos de concreto armado. (Fig. 4)

b) Construcciones de contorno abierto.

En este tipo de construcciones figuran los muros de contención, los revestimientos de canales, etc. La solución para la ejecución de este tipo de obras donde no se puede utilizar el sistema ordinario de cimbra se emplean diversos tipos de cimbras deslizantes que comienzan su deslizado sobre la superficie inclinada desde la base hasta la parte superior. En estas obras las barras de apoyo son paralelas a la superficie donde se va a colar el concreto y son fijadas en la parte superior de la construcción con cerrajes de diferentes tipos. El levanta

miento de la cimbra se logra con gatos hidráulicos, los cuales están sostenidos por yugos parecidos a los del caso anterior (contorno cerrado). El deslizado de la cimbra puede hacerse con la ayuda de guías con rodillos que se desplazan sobre la superficie del concreto que va dejando la cimbra, o bien, sobre guías exteriores al concreto. Para la construcción de recubrimientos de canales abiertos se emplean cimbras-deslizantes en forma de cajas herméticas las cuales equilibran la presión del concreto fresco con agua en su interior. La longitud de la cimbra dependerá del largo de las fracciones que se vayan a colar. Los laterales de las fracciones a colar serán delimitados por vigas metálicas (largueros) que soportan la cimbra deslizante al mismo tiempo.

2.- Construcciones horizontales o ligeramente inclinadas.

Como ejemplos de estas construcciones se pueden mencionar los canales cerrados o abiertos, los túneles, etc.

Estas obras son construidas con cimbras especiales, generalmente metálicas que son soportadas por la superficie colada desplazandose a una velocidad determinada por la longitud del canal, siendo tiradas o empujadas por dispositivos cuya única función es la del deslizamiento de la cimbra y no la del soporte de la misma como en los casos anteriores. Este tipo de cimbras son más bien rodantes pero se pueden considerar como una adaptación de los sistemas de cimbras deslizantes.

(Fig. 5)

2.2.6 Muros con perfiles (molduras).

La realización de perfiles o molduras en los muros, generalmente no representa problemas difíciles a resolver. Su ejecución dependerá de la forma que tenga con respecto al muro (hueco o salida) y de su dirección (horizontal o vertical).

a) Perfiles huecos sobre los muros.

Los perfiles huecos se pueden realizar de la siguiente manera:

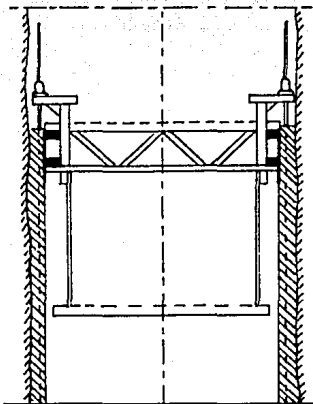


Fig. 4

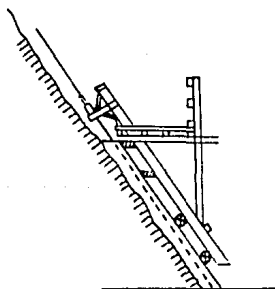


Fig. 5

- Horizontales o inclinados, se obtienen introduciendo en la cimbra -- deslizante una pieza de madera o metal que tenga la forma del perfil o moldura que se desea. Una vez que ha pasado la cimbra de contacto se -- retira la pieza y serán resanadas las molduras en el momento que pasen las plataformas inferiores o de resanes de la cimbra deslizante.

- Verticales, se realizan durante el deslizado ya sea con moldes fijos a la cimbra deslizante o con piezas móviles parecidas a las de los perfiles horizontales, que se van retirando cuando acaba de pasar la cimbra, dando lugar al resane de las molduras con la ayuda de las plataformas.

b) Perfiles sobrepuestos al paño del muro.

Las molduras horizontales que sobresalen al paño del muro son realizadas durante el deslizado y se obtienen colocando cimbras fijas con la forma de la moldura por debajo de las plataformas de trabajo inferiores desde las cuales se va colando el concreto. Para asegurar la -- adherencia del concreto de la moldura con el del muro, se va dejando -- una abertura a lo largo de éste donde posteriormente se colará la moldura.

Los perfiles verticales pueden ser realizados por la misma cimbra-deslizante dándole la forma que se requiera.

3.- PROYECTO Y ESPECIFICACIONES DE LA CHIMENEA

3.1 Características de la estructura

3.2 Bases de diseño

**3.3 Requerimientos para la elaboración del proyecto de una
cimbra deslizante**

3.4 Proyecto

Gracias a la normalización de las centrales termoeléctricas en el área civil, los proyectos tienen un mismo criterio permitiendo al mismo tiempo la adecuación del proyecto normalizado a las características del sitio.

Las chimeneas, al igual que el resto de las principales estructuras, ya están normalizadas variando únicamente en el espesor, diámetro del fuste y cimentación de acuerdo a las condiciones particulares del lugar.

Para poder describir el proyecto, especificaciones y procedimiento constructivo de una chimenea de diámetro variable en una central termoeléctrica, tomaremos como ejemplo la ubicada en la C.T. Rosarito B.C., México.

3.1 Características de la estructura.

Por lo que se refiere a la estructura se debe tomar en cuenta que tiene una altura total de 100 m, variando su diámetro exterior y espesor de muros en los primeros 35 m dándole una forma troncónica, a partir de este nivel el diámetro exterior será constante y el espesor de los muros irá variando ligeramente hasta llegar a la altura final.

Las dimensiones de la estructura se muestran en la siguiente tabla:

N.P.T.	Diam. Ext.	Esp. Muro.
-1.00	18.00 m	0.90 m
+0.14	17.80 m	0.86 m
+35.00	13.00 m	0.40 m
+100.00	13.00 m	0.25 m

3.2 Bases de diseño.

3.2.1 Especificaciones y documentos de referencia.

Para poder efectuar el diseño de la cimbra deslizante y estructura de contraventeo deben ser considerados los siguientes documentos - de referencia:

- a) La operación del deslizado deberá estar de acuerdo con las recomendaciones establecidas por el American Institute "Recommended Practice for Concrete Formwork ACI-347-68".
- b) Todo el acero estructural a emplear en la cimbra deslizante deberá cumplir con las normas ASTM A-36.
- c) Todos los pernos de izaje deberán cumplir con las normas ASTM A-307.

3.2.2 Cargas a considerar.

Para poder calcular el tipo y cantidad de gatos hidráulicos a utilizar en el deslizado es necesario tomar en cuenta las siguientes cargas:

a) Cargas muertas.

- Peso del molde metálico	70 kg/m
- Peso de la estructura de contraventeo	25 kg/m
- Peso del equipo de deslizado	250 kg/m
- Peso de plataforma de trabajo (madera)	30 kg/m ²
- Fricción entre molde y concreto	450 kg/m ²

b) Cargas vivas.

- En plataformas de trabajo	90 kg/m ²
- En andamios para mano de obra en acabados	45 kg/m ²

c) Datos meteorológicos.

Es conveniente considerar para el diseño de la cimbra deslizante los efectos de agentes naturales: viento, lluvia, temperatura, etc., ya que pueden afectar directa o indirectamente en el deslizado.

En el caso de la chimenea de la C.T. Rosarito hay que prestar atención principalmente a los efectos del viento ya que está localizada en una área en donde el viento procede directamente de mar adentro mientras que la lluvia solamente complica la maniobra del colado del concreto que no puede ser interrumpido.

Para este proyecto se consideraron los siguientes datos meteorológicos:

- Velocidad de viento	120 km/hr
- Precipitación pluvial	720 mm
- Temperatura máxima	34° C
- Temperatura mínima	6° C

3.3 Requerimientos para la elaboración del proyecto de una cimbra deslizante

a) El contratista indicará en su presupuesto los siguientes conceptos:

1- Mano de obra:

- Cantidad de gente
- Turnos
- Personal para habilitado y colado
- Personal para acabados

2- Andamios colgantes y barandales.

3- Materiales y elementos embebidos.

4- Equipo.

5- Herramientas.

6- Servicios, según se requiera en la construcción de acuerdo a la técnica de deslizado.

7- Supervisión técnica.

8- Fletes a la obra por semana o mes.

9- Viáticos, seguros del personal y condiciones de pago. Estos conceptos deberán ser cotizados por separado.

b) El contratista indicará en su cotización los tiempos de ejecución de los siguientes conceptos:

1- Preparación de planos previos a la fabricación de la forma.

2- Fabricación de la forma y moldes.

3- Plataformas de trabajo, andamios y barandales.

4- Montaje de la cimbra deslizante.

5- Habilitado del acero de refuerzo.

6- Colado del concreto.

7- Recesos y paros programados.

c) El contratista deberá suministrar para su revisión y aprobación los siguientes documentos:

1- Memoria de los cálculos realizados para el diseño de la cimbra.

2- Planos estructurales y de taller para construcción.

3- Sistema de curado y protección del concreto.

4- Especificaciones para el manejo de la cimbra.

5- Listado de los elementos estructurales que no requieren el uso de cimbra deslizante y se cuelen con cimbra de madera.

d) Se describirá claramente las siguientes partidas del deslizado:

1- Planeación del tiempo de deslizado y método a usar.

2- Velocidad de levantamiento.

3- Operación de colado.

4- Control de la forma.

5- Planeación y organización de los ciclos de trabajo.

6- Recesos y paros programados.

7- Equipos de accionamiento y características.

8- Sistema de apoyo y guía de los elementos motrices.

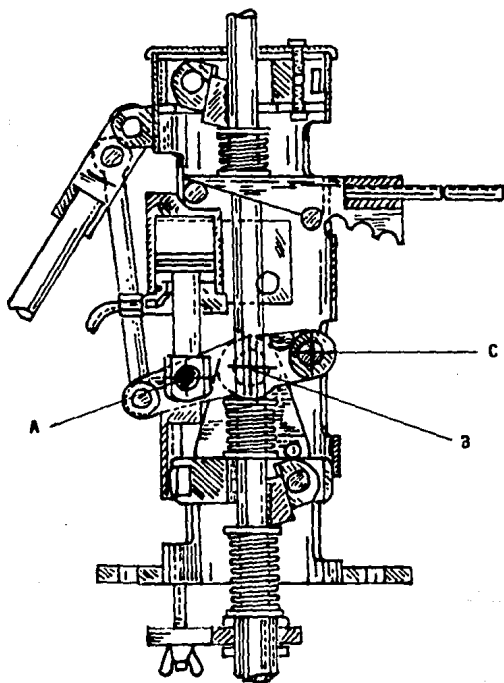
3.4 Proyecto.

3.4.1 Equipo a utilizar.

Para el diseño de la cimbra deslizante se debe considerar básicamente el modelo de gato hidráulico, ya que la capacidad de carga de éste determinará el número de gatos a utilizar, el tipo de yugos metálicos, las barras de apoyo, el equipo de elevación, consola de operación, mangueras, etc.

Específicamente para la elaboración de este proyecto se utilizará el gato hidráulico "Etoile" de fabricación francesa.(Fig. 1)

Fig.1 GATO HIDRAULICO "ETOILE"



- El pistón del gato hidráulico tiene 50 mm de diámetro y una área - de 19.635 cm².
- La presión del aceite es de 150 kg/cm².
- El empuje obtenido es de 19.635 cm² x 150 kg/cm² = 2.945 kg.

El movimiento del pistón es transmitido a la parte móvil a través de bielas haciendo palanca (A B C). Los ejes articulados se encuentran a una distancia de 56 mm y 112 mm respectivamente de su punto de rotación. Por lo tanto la potencia efectiva de empuje del gato será:

$$\frac{2,945 \text{ kg} \times 112 \text{ mm}}{56 \text{ mm}} = 5,890.00 \text{ kg}$$

Una vez obtenida la potencia efectiva de empuje del gato, es posible calcular el número y distribución de equipos a utilizar.

Como cimbra de contacto se utilizarán moldes metálicos de 1.20 x 2.25 m para la cimbra interna y de 1.20 x 2.50 m para el exterior los cuales serán fijos. Para poder disminuir el diámetro se utilizarán placas de ajuste de 1.20 x 1.20 m y 3/16" de espesor.

La estructura de contraventeo será a base de armaduras con acero A-36 según especificaciones, la cual tendrá un núcleo central al que llegan las armaduras fijas. La cimbra interior estará unida a las armaduras fijas por medio de una armadura telescópica de 3.00 m de longitud con un tornillo de 1 5/8" de diámetro y una longitud de 2.40 m.

Para reducir el molde interior y exterior se utilizarán tornillos de 1 1/8" de diámetro con 0.90 y 1.00 m de longitud respectivamente. Se utilizará cable de 3/8" de diámetro para ayudar en el contraventeo de la cimbra y por medio de templadores se irá ajustando conforme se vaya reduciendo el molde.

Es importante considerar el resto del equipo para la cimbra deslizante, del cual podemos mencionar: los yugos con sus cabezales para sostener los gatos hidráulicos, bridas, matracas reversibles para los tornillos de las armaduras telescópicas, bujes y placas para la suge--

ción de las matracas, ménsulas de coronamiento con barandal, galerías para resanes, barras de apoyo, camisas con cabezal, extractor para barras de apoyo, electrobomba de 7.5 HP y todas las refacciones y partes de los gatos hidráulicos de 5.00 ton. como las mordazas, resortes, tornillos, rondanas, cuñas, mangueras, codos, tees, niples, pernos, etc.

3.4.2 Memoria de cálculo para el diseño de la cimbra deslizante.

Para poder comprobar la capacidad de carga de los gatos hidráulicos se realiza un estudio de cargas, en el cual, basándose en la experiencia, se propone un número determinado de equipos buscando una eficiencia del 50 % aproximadamente ya que se debe prever la falla de algunos de ellos en el momento del deslizado.

Las dimensiones y pesos de la cimbra deslizante (moldes, estructura de contraventeo, plataformas de trabajo, etc.) mencionados anteriormente (3.2.2) serán considerados para el estudio de cargas.

Proponiendo 48 equipos se obtiene:

1- Peso propio del molde metálico		
70.00 kg/m x 106.69 m	=	7,468.30 kg
2- Peso propio de estructura de contraventeo		
25.00 kg/m x 172.16 m	=	4,304.00 kg
3- Peso total del equipo de deslizado		
250.00 kg c/u x 48 eq.	=	12,000.00 kg
4- Peso de plataforma de madera		
30.00 kg/m ² x 160.00 m ²	=	4,800.00 kg
5- Carga muerta adicional		
300.00 kg/eq. x 48 eq.	=	14,400.00 kg

6- Carga viva

$$150.00 \text{ kg/eq.} \times 48 \text{ eq.} = 7,200.00 \text{ kg}$$

7- Fricción entre molde y concreto

$$106.69 \text{ m} \times 1.20 \text{ m} \times 450.00 \text{ kg/m}^2 = 57,612.60 \text{ kg}$$

$$\begin{array}{r} \\ \\ \hline \hline \text{Suma Total de Cargas} = 107,784.90 \text{ kg} \end{array}$$

Carga real por equipo:

$$\frac{107,784.90 \text{ kg}}{48 \text{ eq.}} = 2,245.52 \text{ kg/eq.}$$

Eficiencia por equipo:

$$\frac{\text{Carga Real}}{\text{Capacidad por eq.}} = \frac{2,245.52 \text{ kg}}{5,000.00 \text{ kg}} = 0.4491$$

$$\text{Eficiencia} = 45 \%$$

3.4.3 Planos.

De acuerdo a los requerimientos del proyecto es necesario elaborar planos generales de plantas y elevaciones, así como de los detalles -- que exija el mismo.

En los planos de las estructuras construidas con el sistema de cimbra deslizante es muy importante mostrar la ubicación de los gatos hidráulicos ya que deben colocarse en lugares donde no haya acero de re-

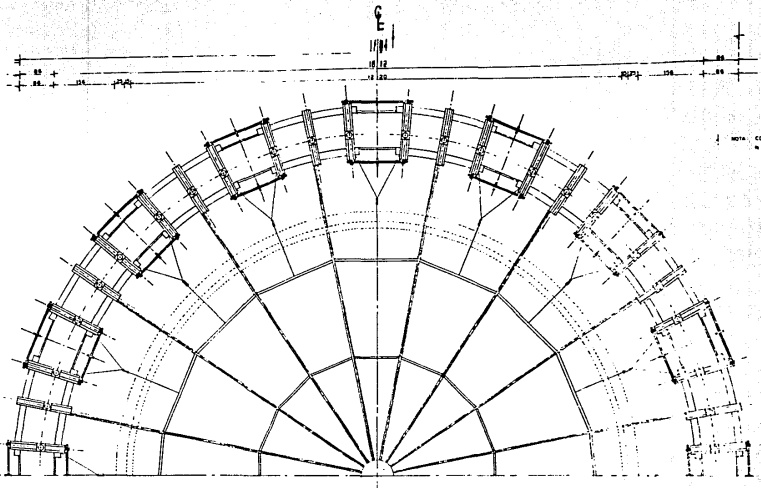
fuerzo que impida la fijación de los yugos o de las barras de apoyo; - así mismo, es necesario considerar los huecos o claros para puertas y ventanas debido a que las barras de apoyo en esos lugares pierden capacidad de carga al quedar al aire libre, especialmente cuando los claros tienen mucha altura.

En el caso de la chimenea también hay que tomar en cuenta que conforme vaya aumentando la altura se irán retirando varillas del armado vertical y los gatos hidráulicos cambiarán de posición, ya que el hecho de tener un diámetro variable en la altura, lo requiere.

También es necesario para este proyecto un plano que contenga los detalles de las placas que servirán para la reducción del molde.

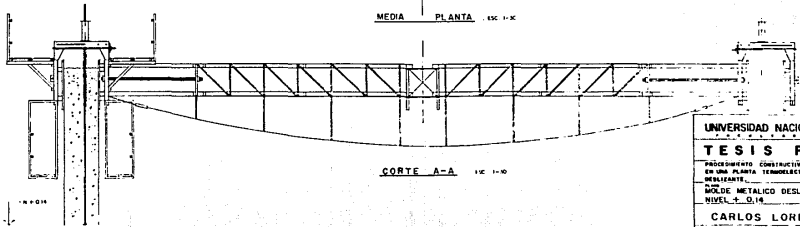
Planos que se necesitan para la realización del deslizado de la chimenea de la C.T. Rosarito:

- 1- Molde metálico deslizante, corte y media planta en N + 0.14.
- 2- Molde metálico deslizante, corte y media planta en N + 35.00.
- 3- Ubicación de gatos hidráulicos sobre planta de armado, planta 1/16 y elevación exterior 1/16.
- 4- Detalles de placas para la reducción del molde en las secciones a diferentes alturas.
- 5- Detalles de huecos y claros.
- 6- Detalles de molde metálico deslizante.



NOTA: COTAS REALES DE CAMPO
N. + 0.14

MEDIA PLANTA ESC. 1:10



CORTE A-A ESC. 1:10

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

TESIS PROFESIONAL.

PROCESAMIENTO CONSTRUCTIVO DE UNA "CAMARERA DE DIAMETRO VARIABLE" EN UNA PLANTA TERMOELECTRICA, CON EL SISTEMA DE CUBIERTA DESLIZANTE.

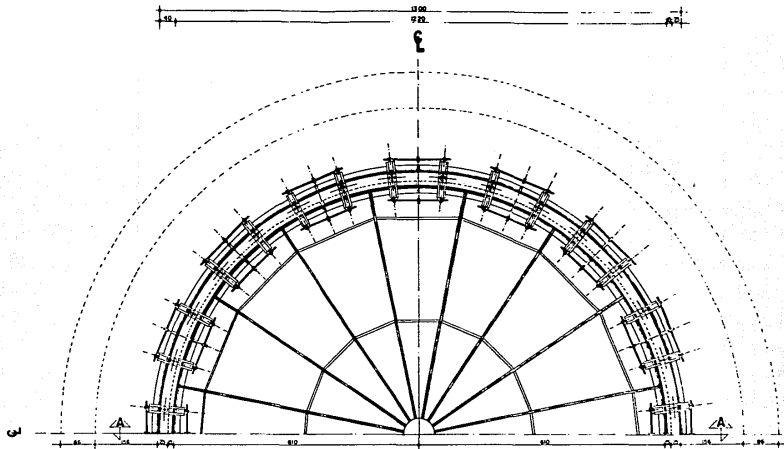
MODELO METALICO DESLIZANTE, CORTE Y MEDIA PLANTA NIVEL + 0.14

CARLOS LORENZO TOUSSAINT

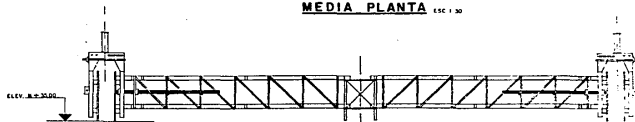
JULIO / 1991

MEXICO D.F.

01



MEDIA PLANTA ESC 1:30



CORTE A-A ESC 1:30

NOTAS:
ACOTACIONES EN CMS.
ELEVACION EN MTS.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO.

TESIS PROFESIONAL.

PROYECTO CONSTRUCTIVO DE UNA CÁMERA DE DIÁMETRO VARIABLE EN UNA PLANTA TERMOELECTRICA, CON EL SISTEMA DE CORDON DESLIZANTE.

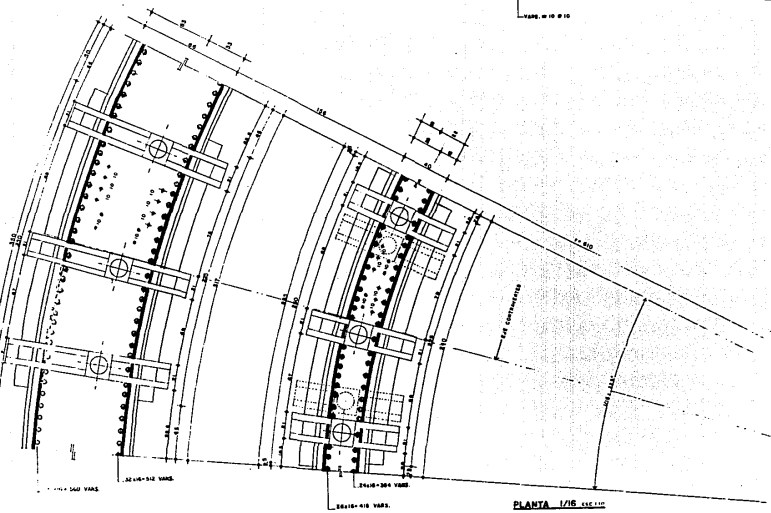
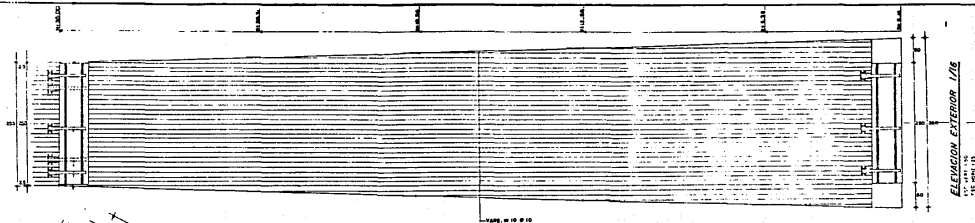
MOLDE METALICO DESLIZANTE, CORTE Y MEDIA PLANTA
NIVEL ± 35.00

CARLOS LORENZO TOUSSAINT

JUNIO / 1981

MEXICO D.F.

02



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO.

TESIS PROFESIONAL.

PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DE UNA TURBINA DE BOMBEO VARIABLE EN UNA PLANTA TERMOCLECTRICA, CON EL SISTEMA DE CARRAS MEXICANAS.

UBICACION DE GATOS HIDRAULICOS SOBRE PLANTA DE ARMADO Y ELEVACION EXTERIOR 1/16

CARLOS LORENZO TOUSSAINT

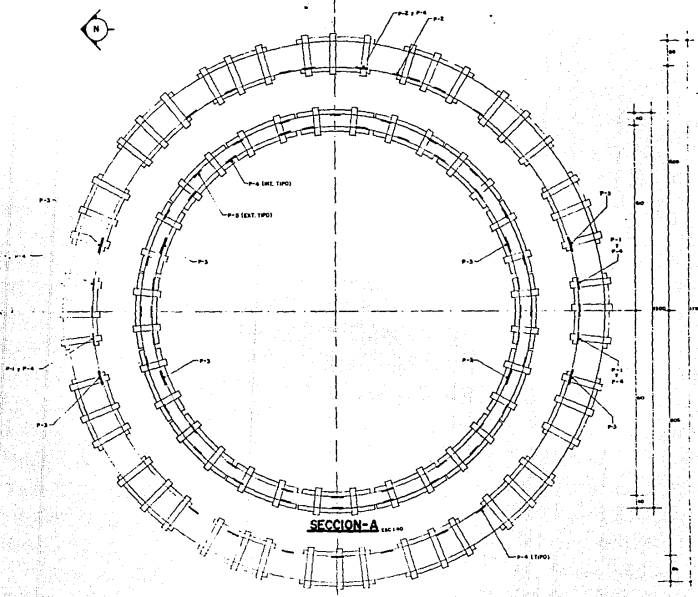
JUNIO / 1981

MEXICO D.F.

PLANTA 1/16 CXC 110

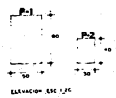


CHIMENEA

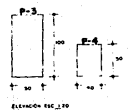


SECCION-A
ELEV. + 1.00

SECCIONES - B y C
ELEV. + 0.00



SECCION - C
ELEV. + 2.25



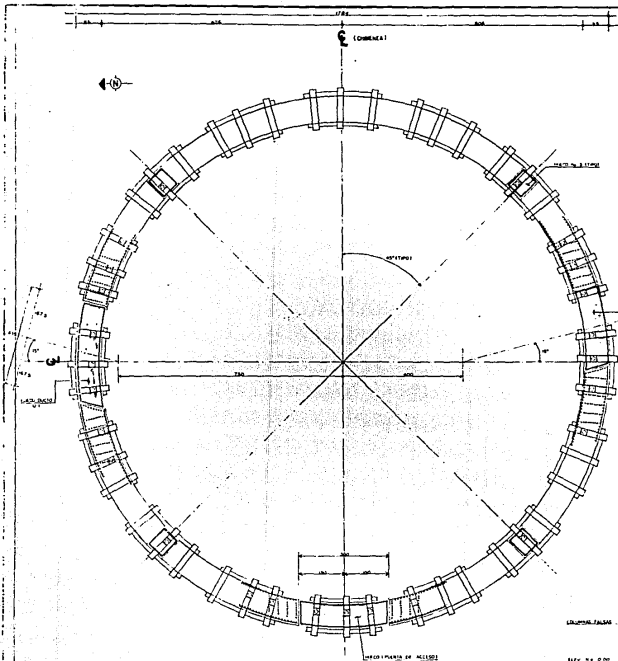
SECCION - B
ELEV. + 0.50



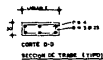
SECCION - A
ELEV. + 44.00
+ 67.50
+ 91.00

NOTA - ACOTACIONES EN CENTIMETROS
- ELEVACIONES EN METROS

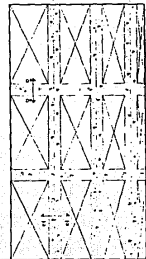
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO.	
TESIS PROFESIONAL.	
PROCESAMIENTO CONSTRUCTIVO DE UNA CHIMENEA DE DIAMETRO VARIABLE EN UNA PLANTA TERMOELECTRICA, CON EL SISTEMA DE CHIMBRA DEBILITANTE.	
DETALLES DE PLACAS PARA LA REDUCCION DEL MOLDE.	
ELABORADO POR	FECHA
CARLOS LORENZO TOUSSAINT	
JUNIO / 1991	MEXICO D.F.



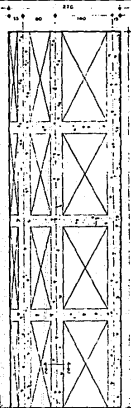
SECCIONES : C-V-D 1:100



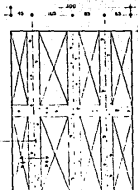
SECCION DE TRAM (TIPO)
ELEVACION MUECO H-1



ELEVACION MUECO H-1



ELEVACION MUECO H-2



ELEVACION MUECO PUERTA DE ACCESO

SECCION A-1 (TIPO)

ELEVACION MUECO PUERTA DE ACCESO 1:100



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO.

TESIS PROFESIONAL.

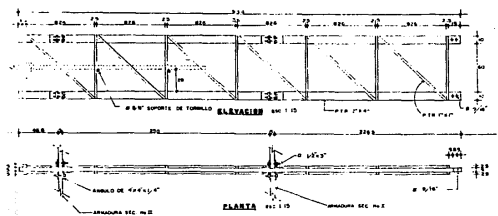
PROYECTO CONSTRUCTIVO DE UNA "EMISORA DE DIAMETRO VARIABLE EN UNA PLANTA TENDOSCOPICA, CON EL SISTEMA DE CORDON DESLIZANTE."

DETALLES DE MUECOS Y CLAROS.

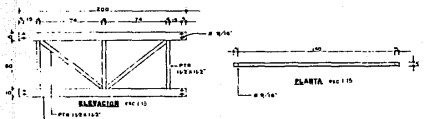
CARLOS LORENZO TOUSSAINT

JUNIO / 1981

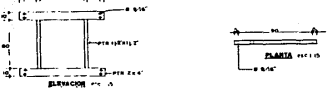
MEXICO D.F.



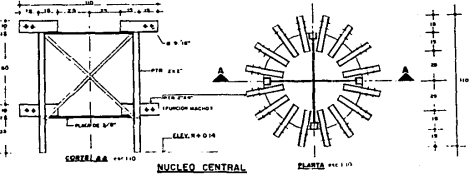
ARMADURA RADIAL PRINCIPAL



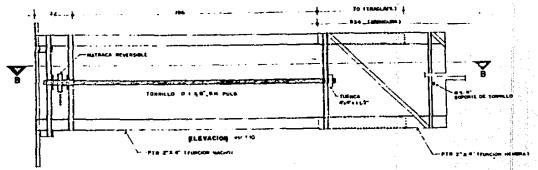
ARMADURA SECUNDARIA No II



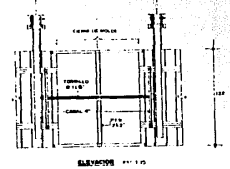
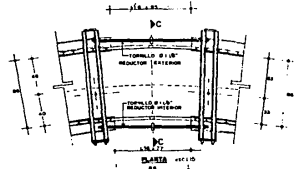
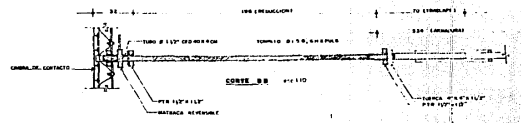
ARMADURA SECUNDARIA No I



NUCLEO CENTRAL



SISTEMA REDUCTOR



AJUSTE DE SECCION DE MOLDE

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO.

TESIS PROFESIONAL.

ACREDITAMIENTO CONSTRUCTIVO DE UN "GRUPO" DE "MOLDES VARIABLES" EN UNA PLANTA TRANSACCIONALES, CON EL SISTEMA DE CORREAS MUELVILES.

DETALLES MOLDE METALICO DESLIZANTE.

CARLOS LORENZO TOUSSAINT

JUNIO / 1991 MEXICO D.F.

06

3.4.4 Programa de obra.

Como ya se ha mencionado anteriormente una de las mayores ventajas del sistema de cimbra deslizante es el tiempo de ejecución de las obras debido a que el colado es continuo y rara vez hay que hacer paros, ya que éstos se efectúan sólo por requerimientos técnicos del procedimiento constructivo de la estructura o por problemas que surjan durante la realización de la obra. Para la construcción de la chimenea será necesario dividir el deslizado en tres etapas aprovechando estos paros para extraer las barras de apoyo de los gatos y ajustar los moldes y equipos.

Programa de obra propuesto para el deslizado de la chimenea de la C.T. Rosarito:

1- Fabricación de los moldes de contacto, estructuras de contraventeo y sistemas reductores.	50 días
2- Flete de materiales y equipos México - Rosarito.	5 "
3- Montaje en sitio de moldes y equipos - de deslizado NPT -1.00	18 "
4- Deslizado primera etapa: NPT -1.00 a NPT + 35.00 ó sea: 36.00 m.	9 "
5- Paro para extraer barras de apoyo de gatos y ajuste de moldes y equipos.	5 "
6- Deslizado segunda etapa de NPT + 35.00 a NPT + 70.00 ó sea: 35.00 m.	9 "

7- Paro para extraer barras de apoyo de gatos.	3 días
8- Deslizado tercera etapa de NPT + 70.00 a NPT + 100.00 ó sea: 30.00 m.	8 "
9- Desmontaje de moldes y equipos de deslizado.	15 "
	=====
TOTAL	122 días

Del total de días requeridos para la elaboración del deslizado solo se trabajará en la obra 67 días.

Analizando el programa de obra se puede observar que el tiempo neto de deslizado es mínimo, siendo éste prácticamente de 4.00 m diarios equivalentes a 0.26 m/hr. Los paros existentes se deben a la forma de la estructura que requiere de un procedimiento constructivo diferencial de las estructuras con diámetro y espesor de muros constantes. La fabricación de los moldes, estructuras de contraventeo y sistemas de reducción necesitan de la mitad del tiempo del programa total de la obra por lo que hay que prestar principal atención a esta etapa que es realizada en talleres fuera del lugar de la obra.

3.4.5 Presupuesto.

El presupuesto que a continuación se presenta es representativo de la forma en que generalmente se hacen los presupuestos para trabajos de cimbra deslizante sin tomar en cuenta el costo de los conceptos, sino mas bien, el valor que representa cada concepto con respecto a los demás.

<u>CONCEPTO</u>	<u>IMPORTE</u>
1- Diseño y fabricación de los moldes de contacto metálicos así como las estructuras de contraventeo y sistemas de reducción.	\$ 90'750,000.00
2- Alquiler del equipo de deslizado consistente en: elevadores hidráulicos de operación simultánea, electrobomba, manguera de alta presión, barras de apoyo de los elevadores (recuperables) y yugos metálicos con sus respectivos aditamentos para apoyo de andamios de trabajo.	\$ 64'870,000.00
3- Fletes de molde y equipos.	\$ 13'440,000.00
4- Mano de obra especializada para la operación del sistema.	\$ 37'280,000.00
5- Ingeniería, asesoría y supervisión.	\$ 22'700,000.00
	=====
SUMA	\$ 229'040,000.00

4.- PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO

4.1 Trabajos Preliminares

4.2 Deslizado.

4.1 Trabajos Preliminares

Los trabajos preliminares para el deslizado de la chimenea son de gran importancia, ya que de éstos dependerá el éxito en la construcción. Estos trabajos requieren inclusive de más tiempo que el deslizado mismo (el doble).

El procedimiento de los trabajos preliminares se puede resumir de la siguiente forma:

- 1.- Fabricación de los moldes metálicos sobre el diseño, incluyendo -- las placas de ajuste, la estructura de contraventeo y los sistemas de cierre para dar los diferentes espesores y diámetros de la chimenea. Todos estos trabajos son realizados en los talleres de la compañía que efectuará el deslizado.
- 2.- Transportación de moldes y equipo para el deslizado al lugar de la obra (México, D.F.--Rosarito, B.C.N.) Lo anterior tiene un peso total -- aproximado de 40 toneladas. Al mismo tiempo que el equipo llega al sitio de la construcción, debe llegar el personal de operación del sistema, que en este caso está compuesto por ocho operadores y un sobrestante.
- 3.- Al llegar el equipo de deslizado junto con los moldes y estructura de contraventeo de la obra, debe ser resguardado en una bodega o almacén previamente construido hasta que se vaya ocupando.
- 4.- Revisión del trazo de la chimenea, espesor del muro, posición del acero de refuerzo y niveles de desplante para el deslizado.
- 5.- Una vez revisado el trazo y niveles se coloca el molde interior -- que está formado por 16 piezas fijas y 16 placas de ajuste intercaladas entre sí con sus tornillos de $\frac{1}{8}$ " para el cierre circunferencial--derecho e izquierdo.
- 6.- Colocación del molde exterior que también está constituido por 16 piezas fijas intercaladas con 16 placas de ajuste y sus tornillos de $\frac{1}{8}$ ".

- 7.- Montaje de los 48 yugos que unirán el molde interior con el exterior, adaptando en el cabezal de cada uno las bridas de 5/8" para controlar el espesor del muro que irá variando con la altura.
- 8.- Montaje del sistema de contraventeo interior, formado por 16 armaduras a base de PTR de alma abierta.
- 9.- Adaptación al molde interior con 32 piezas telescópicas que se prolongan al sistema de contraventeo junto con 16 tornillos de 1 5/8" de diámetro para el cierre diametral de los moldes.
- 10.- Para contrarrestar la flecha del sistema de contraventeo se deben instalar 8 catenarias de cable de acero de 1/2" de diámetro.
- 11.- Se colocan las ménsulas metálicas que sirven de apoyo a las plataformas de trabajo interiores y exteriores.
- 12.- Montaje de los 48 gatos hidráulicos sobre los cabezales de los yugos junto con la red hidráulica, al mismo tiempo que se van introduciendo las barras de apoyo de 1 1/8" de diámetro.
- 13.- La red hidráulica se conecta al sistema de bombeo del aceite ---- (Electrobomba 7.5 H.P.).
- 14.- El sistema es cargado con aceite hidráulico Muto H-68 y es probado a una presión de 150 kg/cm².

Una vez realizados estos trabajos se puede dar inicio al deslizado

4.2 Deslizado.

Para poder realizar el deslizado de la chimenea es necesario dividirlo en dos etapas: la primera que será de 36m, en la cual se debe lograr una forma troncocónica disminuyendo el diámetro y el espesor del muro y la segunda que será de 65m, donde el diámetro exterior no varía pero hay que disminuir el espesor del muro.

a) Primera Etapa.

El deslizado se inicia en el nivel -1.00, después de haber efectuado los trabajos preliminares mencionados en el punto anterior. El ace-

ro de refuerzo logitudinal debe estar colocado hasta la altura donde se vaya a traslapar siguiendo la inclinación que tendrá el muro, mientras que el acero transversal sólo podrá estar armado hasta una altura mayor a la del molde (1.20m) y menor a la del lecho bajo de los cabezales de los yugos metálicos. Conforme vaya avanzando el deslizado se irá traslapando el acero de refuerzo longitudinal y se irá armando el transversal por debajo de los yugos. Debido a la disminución en el diámetro y espesor del muro habrá que ir retirando cierto número de varillas a determinados niveles del colado (64varillas) por cada nivel, -- los cuales son: +5.36, +12.86, +19.54, +26.51, +35.00

Para poder obtener las dimensiones de la chimenea requerida por el proyecto habrá que ir reduciendo la estructura de contraventeo, el molde y los yugos a cada 20 cm del colado; para poder facilitar este trabajo en la obra se hace una tabla (fig.1) indicando las distancias a la que se tienen que reducir. Esta tabla se logra dividiendo la reducción total del radio (2.5 m) y la del espesor del muro (0.50 m) entre la altura de la primera etapa (36 m):

- Diámetro interior de la Chimenea:

$$\frac{2.5 \text{ m}}{36 \text{ m}} = 0.070 = 7 \text{ cm/m}$$

que equivale a:

1.4 cm por cada 20 cm de deslizado.

- Espesor del Muro de la Chimenea:

$$\frac{0.50 \text{ m}}{36 \text{ m}} = 0.014 = 1.4 \text{ cm/m}$$

que equivale a:

3 mm por cada 20 cm de deslizado.

En la tabla se indica la distancia en la que se debe ir reduciendo la estructura de contraventeo a cada 20 cm de deslizado por medio del tornillo de la armadura telescópica de 1 5/8" de diámetro y 2.50 m de longitud y una matraca reversible para el tornillo de 1 5/8"; para facilitar el trabajo en la obra se marcarán dichas distancias sobre el tornillo, de tal manera, que los obreros no tengan la necesidad de estar tomando medidas durante el deslizado.

Las distancias para la reducción de los yugos, que también aparecen en la tabla, serán marcados sobre los mismos.

Al mismo tiempo que se reducen los yugos también se irá ajustando el molde interior y exterior con la ayuda de las placas de ajuste de 3/16" x 120 x 120.

Para realizar el deslizado de la chimenea se utilizarán 48 gatos hidráulicos fijados a sus respectivos yugos metálicos, de los cuales 16 se colocarán lo más pegado posible al eje de las 16 armaduras de contraventeo; estos gatos permanecerán fijos durante la primera etapa del deslizado. Los otros 32 gatos hidráulicos irán colocados de dos en dos, cada uno sobre su yugo metálico, unidos entre sí por un tornillo reductor de 1 7/8" de diámetro y 1.00 m de longitud por el lado del molde de exterior; estos tornillos junto con las placas de ajuste permitirán la reducción de los moldes.

Como se puede apreciar, el procedimiento para lograr la forma troncocónica de la chimenea es simple, sin embargo requiere de mucha atención puesto que por cada 20 cm de deslizado, equivalente a una hora aproximadamente si tomamos el tiempo como parámetro, hay que ajustar por separado las 16 armaduras de contraventeo, los 48 yugos metálicos y los 64 tornillos que unen los 32 gatos hidráulicos móviles, ya que todos estos elementos son independientes entre sí.

b) Segunda Etapa

Una vez finalizada la primera etapa, es necesario hacer un paro en el deslizado para poder extraer las barras de apoyo y realizar ajustes a los moldes y equipos de elevación: las placas de ajuste del molde exterior no serán necesarias, y los 16 gatos hidráulicos fijos, que estaban colocados junto a los ejes de las armaduras de contraventeo, serán retiradas, ya que con los otros 32 equipos de elevación se cumple con la capacidad de carga requerida para el deslizado de la segunda etapa.

En esta segunda etapa el diámetro exterior de la chimenea (13.00m) será constante en toda la altura del deslizado (65.00 m), sin embargo habrá que reducir el espesor del muro en forma continua de 0.40 m - a 0.25 m, que es el espesor que marca el proyecto en el nivel +100.00.

Dividiendo la reducción total del espesor (0.15 m) entre la altura total de la segunda etapa del deslizado (65.00 m) se obtiene:

$$\frac{0.15 \text{ m}}{65.00 \text{ m}} = 0.002 = \text{mm/m}$$

El procedimiento a seguir es similar al que se utilizó en la primera etapa, solo que en este caso las armaduras telescópicas en lugar de reducirse se irán agrandando, ya que mientras el diámetro exterior permanece constante, el interior aumentará 15 cm en toda la altura, consiguiendo de esta manera la disminución continua del espesor del muro de la chimenea.

Al igual que en la etapa anterior habrá que ir reduciendo constantemente los yugos metálicos que sostienen los equipos de elevación, - así como el ajuste del molde interior de la cimbra.

Una vez que se ha colocado el concreto en el nivel +100.00 se seguirá deslizando la cimbra (sin vaciarle concreto) a la misma velocidad que se realizó todo el deslizado, con el fin de permitir un fra

gado correcto del concreto, y que este mismo alcance la resistencia -
necesaria para autoportarse.

Es importante evitar que la cimbra quede en contacto con el concre
to al terminar el colado, ya que se quedarían pegados, lo cual ocasiona
ría problemas serios que pueden ser evitados fácilmente.

Por último son desmontados los moldes y equipos de deslizado.

5.- CONCLUSIONES

De acuerdo a lo expuesto en los capítulos anteriores, se observa la importancia de utilizar procedimientos constructivos adecuados para realizar la construcción de las diferentes estructuras y obras que el hombre requiere para su desarrollo.

Si el procedimiento constructivo a seguir es el adecuado, se logrará un mejor aprovechamiento de los recursos permitiendo una disminución de costo y tiempo en la construcción.

La cimbra deslizante es una opción más para los diferentes procedimientos constructivos y, aunque su principal aplicación está en las estructuras verticales de concreto sin cambios en la altura, también se puede utilizar en la construcción de otras estructuras con la ayuda de dispositivos especiales, logrando mejores resultados que siguiendo un procedimiento convencional.

Se ha observado que el sistema de cimbra deslizante, al igual que todos los equipos utilizados en la construcción, presenta ciertas ventajas y desventajas que hay que considerar para poder evaluar la conveniencia de utilizar dicho equipo.

Sabemos de antemano que la utilización del sistema de cimbra deslizante tiene ventajas específicas para cada obra, sin embargo las más generales son:

- Montaje rápido y un proceso seguro y limpio.
- Ahorro en la mano de obra y en el uso de los moldes.
- Estructura monolítica de alta resistencia.
- Incremento de la eficiencia de la estructura si se aprovechan las ventajas del sistema al diseñar integralmente.

Entre las desventajas que puede presentar la cimbra deslizante se

mencionan las siguientes:

- En México existen pocos especialistas y el mercado es aún limitado.
- Para estructuras con altura menor a 25 m la utilización del sistema puede ser de un costo mayor al que resultaría si se utiliza otro tipo de cimbra.
- El trabajo debe organizarse para llevar a cabo un colado continuo de 24 horas diarias.

La Ingeniería busca la solución más apropiada, tanto técnica como económica, aprovechando los recursos disponibles. La construcción con el sistema de cimbra deslizante para determinadas estructuras puede -- ser la respuesta.

6.- BIBLIOGRAFIA

- ESPECIFICACIONES

Gerencia de Proyectos Termoeléctricos
Comisión Federal de Electricidad
México, 1990

**- NORMALIZACION DE PROYECTOS DE CENTRALES TERMOELECTRICAS DE LA -
C.F.E. CON UNIDADES DE 160 MW Y 350 MW**

Gerencia de Proyectos Termoeléctricos
Comisión Federal de Electricidad
México, 1987

- ENCICLOPEDIA CEAC DE LA ELECTRICIDAD

Centrales Termoeléctricas
Ramírez Vazquez José Dr.
Ediciones CEAC, S.A.
Barcelona, España, 1977

- MANUAL DE DISEÑO DE OBRAS CIVILES (CHIMENEAS.)

Instituto de Investigaciones Eléctricas
Comisión Federal de Electricidad
México, 1981

- LES COFFRAGES GLISSANTS

Annales de L'Institut Technique du Bâtiment
Francia, 1985

**- LAS CIMBRAS DESLIZANTES: UNA OPCION EN LA CONSTRUCCION DE LAS -
ESTRUCTURAS ALTAS DE CONCRETO**

González Mercado Lino

IMCYC

México, 1978

- OBRAS Y DESLIZADOS, S.A.

Datos sobre Procedimientos Constructivos con Cimbra Deslizante

México, 1989 - 1991