

20/ 141

Universidad Nacional Autónoma de México

FACULTAD DE INGENIERIA

**PROCEDIMIENTO DE CONSTRUCCION EN LOS
TUNELES DE CHICOASEN**

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

JUAN RIVAS MARTINEZ



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

1.a. GENERALIDADES.

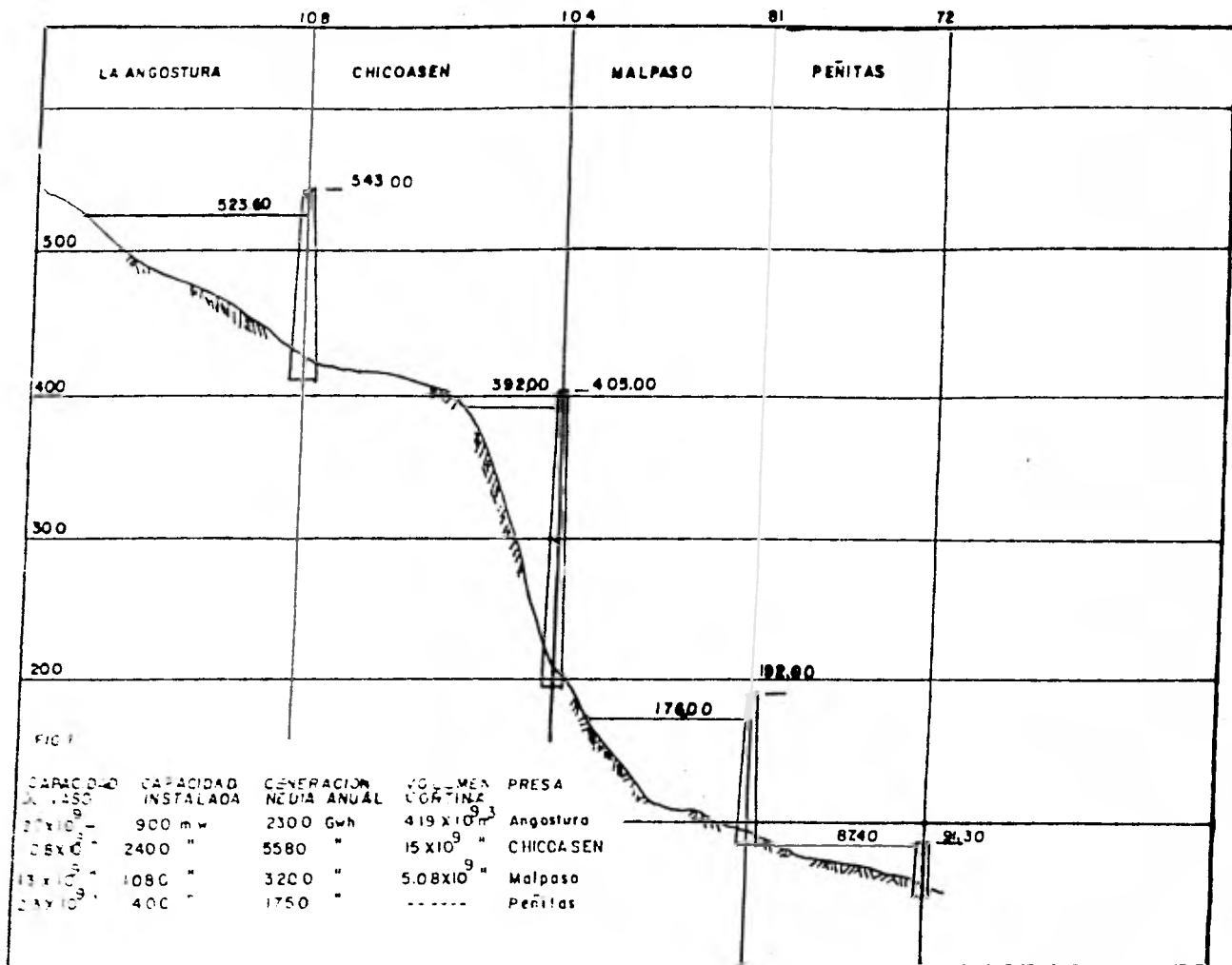
A causa de la creciente demanda de la energía eléctrica y en virtud de las grandes ventajas que representan las plantas hidroeléctricas, en el año de 1948 la Secretaría de Recursos Hidráulicos y la Comisión Federal de Electricidad iniciaron estudios encaminados a determinar la potencialidad hidroeléctrica y a lograr el aprovechamiento integral de sus recursos, fijando para ello, cuatro etapas.

La primer etapa se inicio con la construcción de la presa de NETZAHUALCOYOTL (Malpaso), de usos múltiples constituyendo así el primer aprovechamiento.

La construcción de la cortina estuvo acargo de Secretaría de Recursos Hidráulicos durante el periodo 1959-1964.

La construcción de la planta hidroeléctrica estuvo acargo de la Comisión Federal de Electricidad, terminó la primera etapa con 740 mw en 1967 y en 1977 la segunda etapa dejando 1080 mw instalados, con un factor de planta de 0.25.

La segunda etapa del plan integral del río Grijalva, la integra la planta hidroeléctrica BELISARIO DOMINGUEZ (Angostura) localizada aguas arriba de la planta Malpaso en la parte alta de la cuenca realizada totalmente por la Comisión



Federal de Electricidad.

El almacenamiento previsto de $18.5 \times 10^8 \text{ m}^3$ capacidad total, permite regularizar un escurrimiento anual de $11.824 \times 10^6 \text{ m}^3$, del desnivel de 245 m, existentes entre el desfogue de la Angostura y el embalse de Malpaso, aprovechamiento de 190 m, en el proyecto hidroeléctrico de CHICOASEN. (Ver Fig. 1)

Se instaló en la primera etapa 552 mw, los cuales que daron en 1972 y en la segunda etapa se llegó a 916 mw con un factor de planta de 0.35.

La tercera etapa del plan integral del río Grijalva constituye el proyecto hidroeléctrico de Chicoasen, el cual se inició el 15 de diciembre de 1975.

Los 265 m de altura de la cortina la coloca en el quinto lugar en el mundo.

En su primer etapa quedaran instalados 1500 mw con ocho unidades de 300 mw con un factor de planta de 0.25.

La cuarta etapa del plan integral del río Grijalva es el proyecto de la presa de PENITAS, aguas abajo de Malpaso que será de usos múltiples y tendrá una capacidad de 400 mw.

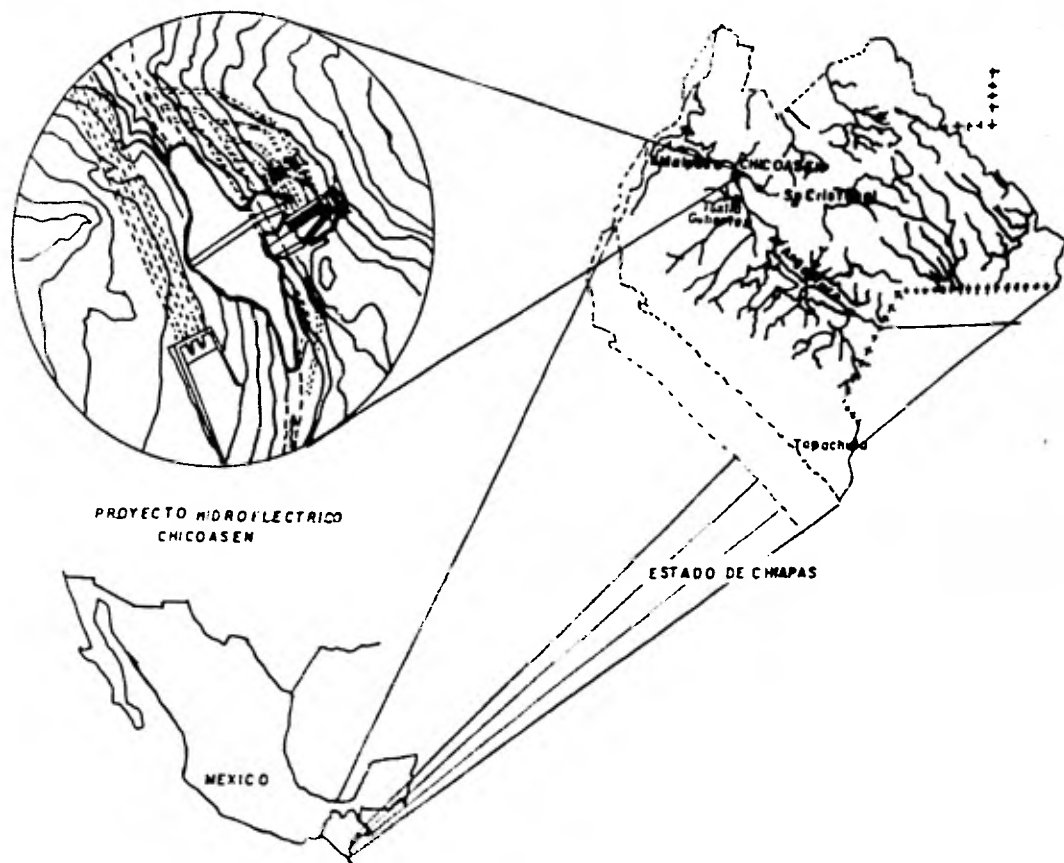


FIG. 2.- MAPA QUE MUESTRA LA LOCALIZACION DEL PROYECTO HIDROELECTRICO CHICOASEN

Al quedar terminadas las cuatro etapas, la capacidad del plan GRIJALVA total será de 5000 mw. con generación - media anual de 12500 millones de Kwh.

I.b. LOCALIZACION DEL PROYECTO.

El proyecto hidroeléctrico "CHICOASEN" se esta construyendo en el estado de Chiapas, sobre el río Grijalva a 40-Km., de la ciudad de Tuxtla Gutierrez. (Ver Fig. 2)

I.c. ELECCION DEL PROYECTO.

En el año de 1954 La Secretaría de Recursos Hidráulicos, hizo evaluaciones generales para la construcción de una presa, de 1963 a 1969 la Comisión hizo exploraciones y estudios que definieron el proyecto.

En esa ocasión se consideraban tres alternativas para aprovechar el desnivel de 230 m, que existen entre el drenaje de la ciudad de Chiapas de Corzo y el name de la presa - de Malpaso.

Estas alternativas eran las siguientes:

- 1.- Una presa alta en el cañón de Chicoasen.
- 2.- Una presa derivadora a 7 Km., abajo de Chiapa de Corzo - (al inicio del cañón del Sumidero) con un túnel derivador

hasta la salida del cañón del Sumidero teniendo la planta hidroeléctrica en la cañada Muñiz.

- 3.-La misma presa derivadora, con un túnel hasta la mitad del cañón del Sumidero y con una planta hidroeléctrica en el sitio, además otra presa en el cañón del sumidero, en la cola del embalse de Malpaso de 60 m, de altura.

Antes de la construcción de una obra hidroeléctrica se deben conocer si el embalse es estanco, si los taludes serán estables y si existen zonas inestables que den lugar a deslizamientos, bajo las condiciones de trabajo (su llenado y su operación) además se tiene que conocer el efecto del posible desarrollo de sismicidad al llegar el embalse, las condiciones de excavación y la manera en que se trataran las margenes para que hayan filtraciones inaceptables. Con el propósito de definir lo anterior, durante los años de 1969 a 1972 se efectuaron estudios de geología regional en una área de 15000 Km² y de detalle en el área de la boquilla y del embalse.

Se levanto en detalle la geología del cañón del Sumidero, se exploraron, mediante sondeos de diamante y obras subterráneas las condiciones del subsuelo para las tres alternativas, de lo cual se decidió por la primera alternativa.

I.d. TOPOGRAFIA.

El vaso del proyecto abarca el área comprendida desde la entrada al cañón de el Sumidero, hasta 2.5 Km., aguas arriba de la población de Chicoasen.

La zona tiene una topografía de profundos valles, cañones estrechos y elevadas mesetas, reflejo de su estructura de grandes y suaves anticlinales y sinclinales cortos y agudos.

El río corre por una garganta caldrea de 200 m, con una longitud de 2.4 Km, y un ancho a nivel del río del orden de 70 m; siguiendo aguas arriba, las orillas son en casi todo el trayecto acantilados subverticales. Sin embargo hay algunas cornisas rocosas en la elevación 400.00.

A medida que se aleja uno del río el relieve se alza en formas redondeadas.

Aguas arriba y aguas abajo, el valle se abre ampliamente en formaciones blancas, de lutitas principalmente.

1.e. GEOLOGIA

La región donde se encuentra ubicada la cuenca Grijalva en su parte alta o norte de este río es la llamada depresión central de Chiapas.

La Sierra Madre del sur conocida como la Sierra Madre de Chiapas, es una cadena de montañas de naturaleza ígnea que corre paralela a la costa del Pacífico y esta orientada - con rumbo general NW 60° SE, que viene a ser una continuación del macizo montañoso de la América central; esta constituido por rocas cristalinas del paleozoico.

En la porción noroccidental las montañas se elevan - bruscamente del nivel del mar hasta alcanzar una altura de - 2900 m.s.n.m., cerca de la frontera con la república de Guatemala, donde se localiza el volcán de Tacaná.

El espinazo de esta cordillera sirve de parteaguas - a los ríos de las vertientes del golfo de México y del océano Pacífico.

Las corrientes sobre el flanco norte desciende gradualmente hasta el valle o depresión central por donde corre el río Grijalva a una altura media de 500 m.s.n.m.. El drenaje de este flanco lo forman ríos de poca importancia que descienden de la sierra serpenteando entre valles centrales hasta desembocar el río Grijalva.

Algunas de estas corrientes son de cause antecedente, datan de épocas geológicas anteriores a los esfuerzos que levantaron, en el curso de millones de años, los estratos de-

rocas sedimentarios que hoy forman las paredes de cañones profundos como son el de la Angostura y el del Sumidero, este último con paredes calcareas verticales de más de 1000 m., de altura.

En algunas épocas se creía que las aguas del Grijalva al pasar por el sumidero se perdian, los antiguos llamaban a este cañón TEPECHIAPAN, que significa "aguas debajo del cerro"

El valle o depresión de Chiapas consiste en una faja de terreno con topografía muy suave y plana que se extiende desde la frontera con Guatemala hacia el noroeste y termina unos 80 Km., antes de alcanzar el límite con el estado de Oaxaca. En esta depresión afloran rocas sedimentarias que varían en edad del Paleozoico al reciente y es aquí en donde el río Grijalva y sus afluentes han modelado un ancho valle en el que destacan grandes afloramientos de rocas más recientes, lo cual indica un caso típico de erosión diferencial.

Hacia el lado norte y bordeando la depresión central, se levantan una serie de serranías y amplios valles, las primeras están constituidas por rocas sedimentarias de la edad cretácica y terciarias, las mesetas o valles altos están cubiertos por sedimentos aluviales recientes y por depósitos gruesos de peroclasticos del cuaternario.

La serranía más elevada que esta constituida por calizas se haya entre San Cristobal de las Casas y Comitán, donde aparecen rocas andesíticas,

El drenaje de este sistema orográfico se vuelve complicado por la propia naturaleza de las rocas, pues muchas veces los arroyos corren parcialmente sobre superficies y otras en cavidades de disolución de las calizas, los cuales aparecen formando cascadas.

1.6. FACTIBILIDAD ECONOMICA.

Para elaborar los estudios de factibilidad económica del proyecto, se tomaron en cuenta dentro del área del aprovechamiento hidroeléctrico, tres alternativas con capacidad de 900, 1800, 2400 mw se considero también un proyecto alternativo consistente en la instalación de una planta termoeléctrica complementada con turbinas de gas y se analizó la construcción de una planta hidroeléctrica de 1800 mw de capacidad sujeta a ampliaciones hasta llegar a los 2400 mw.

Los periodos de vida útil considerados para los diferentes proyectos alternativos, fueron 30 años para la termoeléctrica, 20 años para los diferentes proyectos de turbinas de gas y de 50 y 30 años respectivamente para las obras civiles y electromecánica de la planta hidroeléctrica.

Al analizar los costos de la obra civil para distintas opciones hidroelectricas, se pudo observar que no varian en más de un 10% estando la diferencia de los costos totales en las obras electromecanicas.

Los costos totales fueron 80% y 93% para las plantas de 900 y 1800 mw respecto al costo de la planta de 2400 mw, - resultando más económico el Kw de la planta de 2400 mw en un 23% y 13%.

La primera opción se eliminó por el alto costo del - Kw y la creciente demanda, las dos opciones restantes se compararon con el proyecto alternativo.

Se analizó una primera fase, considerando los precios del combustible vigente en el mercado, llegando a la conclusión de que el costo anual de la planta termoeléctrica es mayor al 40% sobre los proyectos hidroeléctricos.

Como una comprobación adicional, se calcularon las - tasas internas de rendimientos para los proyectos hidroeléctricos y la combinación alternativa llegando a la conclusión siguiente:

Chicoasen de 2400 mw	16.81%
Chicoasen de 1800 mw	16.15%

Combinación alternativa

12.35%.

Por último se analizó las relaciones de beneficio-costo para los diferentes casos de financiamiento y de ello se pudo determinar que a medida que mejoraban los plazos y costos - es mayor el beneficio para la economía en general y en particular para la Comisión Federal de Electricidad.

I.g. HIDROLOGIA.

El régimen pluviométrico establece dos periodos - bien definidos. El primer periodo de precipitación máxima, - que se registran en los meses de julio a noviembre, es producto de las perturbaciones ciclónicas que se generan en el golfo de México y el Mar Caribe, a las cuales se agregan ocasionalmente las del Océano Pacífico; y el segundo periodo comprende entre los meses de diciembre a junio que es el periodo de estiaje.

Para calcular las aportaciones al vaso de Chicoasen, se sumaron las extracciones del vaso de la Angostura con los posibles derrames de su vertedor y las aportaciones de su propia cuenca.

Con los datos resultantes se hicieron simulaciones - del funcionamiento del vaso de Chicoasen con diferentes par-

metros.

El periodo analizado fue de 23 años, con escurrimientos deducidos de enero de 1952 a mayo de 1961, con escurrimientos observados en la estación de Chicoasen (hidrométrica), localizadas aguas abajo del sitio de las obras, de junio de 1961 a diciembre de 1974.

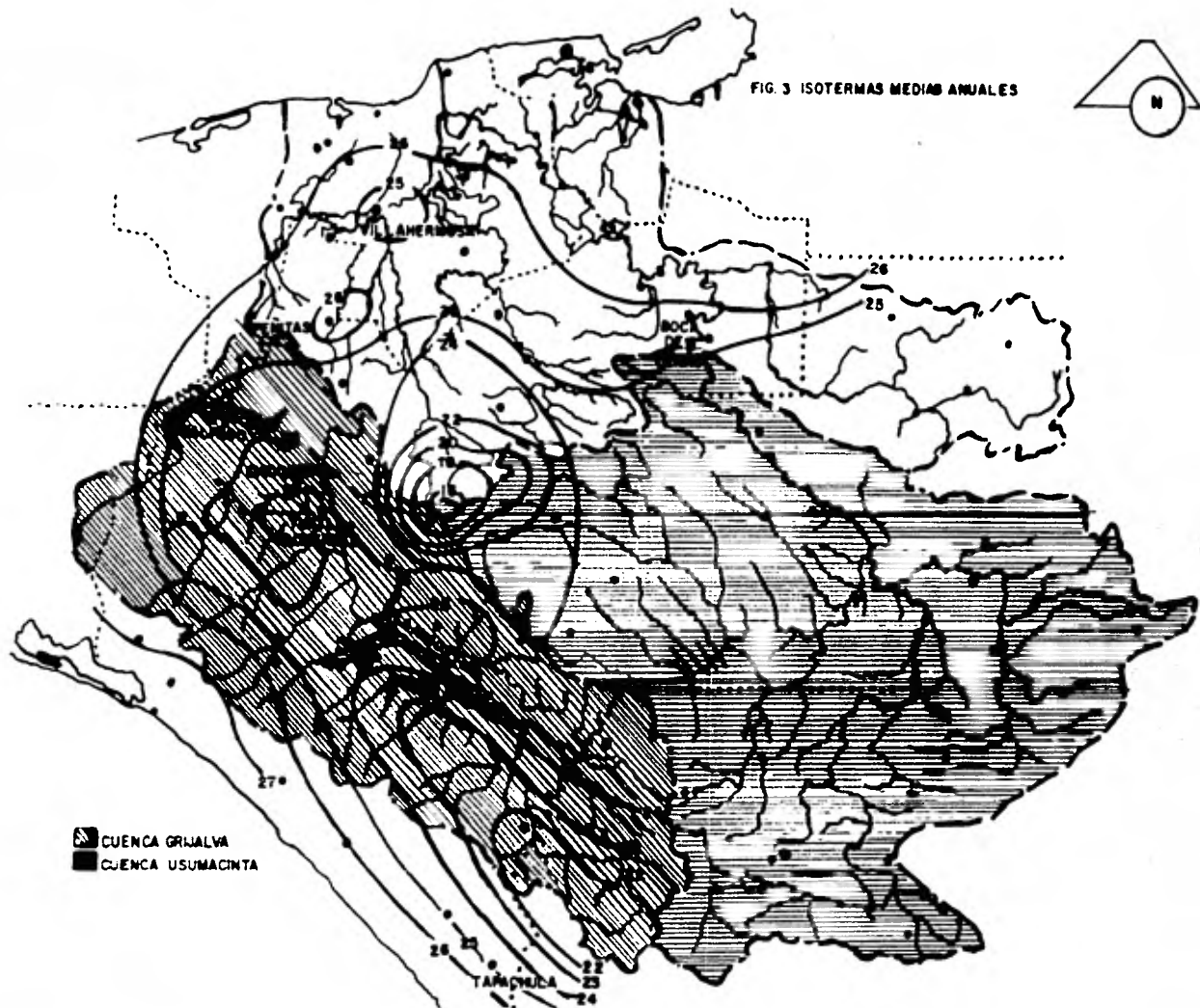
Para elaborar el diseño de la obra de desvío se elaboró un estudio sobre los gastos máximos de la cuenca libre entre Angostura y Chicoasen y con esto se calcularon, con métodos probabilísticos las avenidas para una frecuencia de 20 a 100 años.

El gasto máximo de la avenida de desvío se estimó en 4500 m³/seg. que resultó el probable para una frecuencia de 80 años que tomó en cuenta una aportación de 720 m³/seg. de la Angostura.

La avenida máxima probable para el diseño de la obra de excedencias se determinó comparando los valores obtenidos por varios métodos probabilísticos, estudios hidrometeorológicos y en volvente de Creager, concluyendo por seleccionarse el valor de 17400 m³/seg., como gasto máximo probable.

1.h. CLIMATOLOGIA.

Existen varias estaciones meteorológicas entre ellas



estan; Almandro, Angostura, Bombana, Comalapa, Chicoasen, Ixtapa, Soyalo, y San Pedro.

Temperatura.

Según datos registrados de 1961 a 1973 las temperaturas promedio mensuales fueron; (Fig. 3)

máxima	42.3°C
media	28.2°C
mínima	12.6°C

Evaporación.

La evaporación media anual en el vaso, correspondiente al nivel de aguas máximas de operación a la elevación 392-se estima en 163 mm.

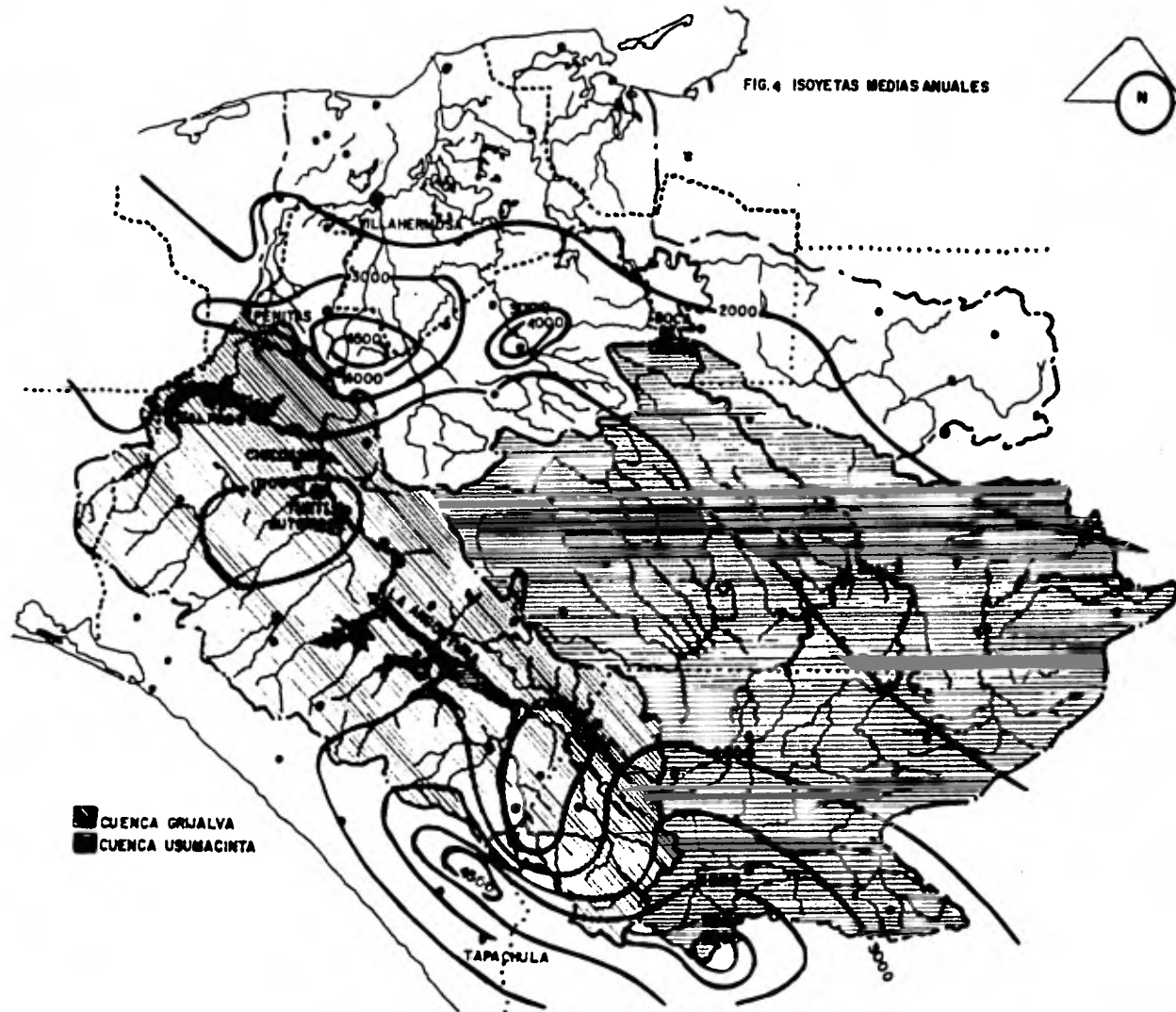
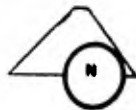
Precipitación.

El promedio anual es 956.9 mm. (Fig.4)

Suspensión de sólidos.

El volumen de asolve se considera en 2.5×10^6 por año para un escurrimiento anual de $13205 \text{ m}^3/\text{seg}$.

FIG. 4 ISOYETAS MEDIAS ANUALES



■ CUENCA GRUALVA
■ CUENCA USUMACINTA

DATOS TECNICOS.

HIDROLOGIA.

Area de la cuenca	26039	Km ²
Escorrentamiento medio anual	11883x10 ⁶	m ³
Caudal medio anual	376.80	m ³ /seg.
Avenida máxima registrada	6214	m ³ /seg.

EMBALSE.

Capacidad total al name.	1680x10 ⁶	m ³
Capacidad útil	285x10 ⁶	m ³
Capacidad control de avenidas	490x10 ⁶	m ³
Area máxima del embalse	3000	Ha
Nivel máximo del embalse	395	m
Nivel normal namo.	392	m
Nivel mínimo	380	m

POTENCIA Y GENERACION.

Capacidad instalada	2400	mw
Generación media anual	5580	Gwh

CORTINA

Tipo de cortina; Enrocamiento

Altura máxima	250	m
Elevación de la corona	450	m
Ancho de la corona	25	m

Longitud de la corona	584	m
Bordo libre	10	m
Volúmen de la cortina	14.51×10^6	m^3
Material impermeable (arcilla)	2.07×10^6	m^3
Filtro	73×10^6	m^3
transición	2.71×10^6	m^3
Enrocamiento	9.00×10^6	m^3

VERTEDOR

Longitud de la cresta	75.60	m
Elevación de la cresta	373	m
Avenida de diseño	17400	$m^3/\text{seg.}$
Capacidad máxima de descarga	15000	$m^3/\text{seg.}$

OBRA DE TOMA.

Número	8 unidades	
Caudal de diseño	1512	$m^3/\text{seg.}$

CASA DE MAQUINAS

Tipo; Subterránea.

Turbinas	8	Francis
Carga neta de diseño	180	m
Caudal de diseño	189	$m^3/\text{seg.}$
Potencia de diseño	416000	c.v.
Carga bruta máxima	189	m
Carga bruta mínima	168.85	m
Velocidad	163.64	rpm.

Capacidad	315750	Kva.
Frecuencia	60	Hz.
Factor de potencia	0.95	cos. ϕ

1.i. GEOLÓGIA DEL VASO.

El embalse de Chicoasen se extiende desde 5 Km., aguas arriba de la entrada del cañón del sumidero y hacia aguas abajo de la cuenca a 2 Km, del poblado de Chicoasen, comprendido en 18 Km de longitud.

La parte alta de aguas arriba del embalse se encuentra en el profundo cañón del sumidero, labrado en una estructura geológica anticlinal inclinada al norte, la parte baja del embalse esta ubicada sobre un terreno formado por anticlinales y sinclinales através de los cuales se formó el cañón de Chicoasen.

Se hicieron estudios analíticos, de acuerdo a la geología regional y datos topográficos, llegando a las siguientes conclusiones. Los datos topográficos permitieron diferenciar dos tipos de relieves.

- a) Un relieve antiguo, representado por superficies de erosión desarrollados durante el cenozoico tardío, levantadas en forma de bloques tectónicos a distintas altitudes, que oscilan entre 1000 y 1700 m.

b) Otro relieve más joven representado por profundos cañones con grandes escarpes de edad cuaternaria, desarrollados durante etapas de levantamiento rápido de las superficies de la erosión, las cuales aún no se representan disectadas por los procesos exogénicos.

Para la correlación de las antiguas superficies de erosión levantadas, partiendo de su configuración, se reconocieron tres bloques:

- a) Sumidero
- b) Chicoasen
- c) Copainalá

I. j. RIESGO SISMICO.

Debido a la alta sismicidad del estado de Chiapas y a la presencia de fallas de Chicoasen-Malpaso y de Muñiz, fue necesario determinar si estos accidentes tectónicos podían originar sismicidad con aceleraciones altas en la obra. Para determinar esto, se procedió con la evaluación de los datos.

- a) históricos
- b) geológicos
- c) tectónicos
- d) sismológicos
- e) etc..

llegando así el factor del riesgo sísmico aplicable a la obra.

Existen construcciones en pie en las cercanías de las fallas que datan de la segunda mitad del siglo XVI, el estado de estas estructuras indican que por lo menos durante los últimos 450 años no han habido sismos que hubieran producido una aceleración mayor de 0.15 g.

También se encontró que las fallas de Chicoasen-Malpaso y de Muñiz, están cubiertas por cenizas volcánicas, de 500,000 años de edad la ausencia de dislocación de las cenizas permitió concluir, que estas fallas no han tenido movimiento en los últimos 500,000 años por lo que se pueden considerar como inactivas.

Estudios fotogeológicos y de campo confirmaron también la ausencia de rasgos geomorfológicos tales como cambeos en los cursos del drenaje, que pudieran atestiguar una actividad moderna.

I.k. RESEÑA HISTÓRICA DEL INICIO DE LA OBRA.

En diciembre de 1975 se inicia la construcción de la obra, cuatro meses antes de lo que se había pensado y cuatro meses después del cierre de la Angostura, con lo cual se cortó el flujo en 60%. En julio 1976 se inicia la operación co-

mercial de la planta hidroeléctrica "BELIZARIO DOMINGUEZ".

En este lapso de tiempo se construyo aceleradamente una brecha de cuarenta Km., desde el poblado de San Fernando a Chicoasen.

Su trayectoria requirio subir desde el desnivel - 750 m. s.n.m., hasta el nivel 1900 m.s.n.m.. Esta brecha se construyo entre los meses de noviembre de 1974 a febrero de - 1975.

Mientras tanto se llegaba a Chicoasen a 7.5 Km aguas abajo de la boquilla por una brecha y en chalan por rlo, en la cual se llevó la maquinaria para la construcción del túnel auxiliar de desvio de 345 m., de longitud y 5 m de diámetro, se inicio en diciembre de 1975 y se termino en enero de 1976. Esta obra permitio encausar el flujo de rlo en epoca de lluvias durante el llenado de la angostura.

Permitio también iniciar la construcción de las atagias.

PRESAS MAS ALTAS DEL MUNDO.

NOMBRE		ALTURA	TIPO
1. ROGUNSKY	URSS.	325	TIERRA
2. NUREK	URSS.	317	TIERRA
3. GRANDS DIXENCE	SWITZERLAND	285	GRAVEDAD
4. INGURI	URSS.	272	ARCO CUPULA
5. CHICOASEN	MEXICO	265	ENROCAMIENTO
6. VAIONT	ITALIA	262	ARCO CUPULA
7. MICA	CANADA	242	ENROCAMIENTO
8. SAYANSKAYA	URSS..	242	ARCO CUPULA

CAPITULO II

ELECCION DEL PROCEDIMIENTO DE ATAQUE

II. ELECCION DEL PROCEDIMIENTO DE ATAQUE

II.a. INTRODUCCION

Considerando la avenida de diseño de $174,000 \text{ m}^3/\text{seg.}$ así como las condiciones y características topográficas y geológicas del sitio se estudiaron diferentes alternativas para la obra de excedencia.

La solución adoptada fue la construcción de tres túneles alojados en la margen izquierda, controladas por compuertas radiales.

El acceso de agua se efectúa a través de un canal excavado a cielo abierto de un ancho variable, con un mínimo de 140 m en la zona de control, de una longitud de 350 m en su eje y de un ancho variable, con un promedio de 170 m de ancho, el volumen por excavar fue de $2000,000 \text{ de m}^3$ aproximadamente. (fig. 5)

Para cada uno de los túneles se instalaron tres compuertas radiales de 8.40 m de ancho y de 19 de altura; los empujes hidrostáticos son transmitidos directamente a la roca.

La cresta del cimacio, tipo Creager se fijó en la elevación 373 m.s.n.m. permitiendo evacuar un gasto de 5,000-

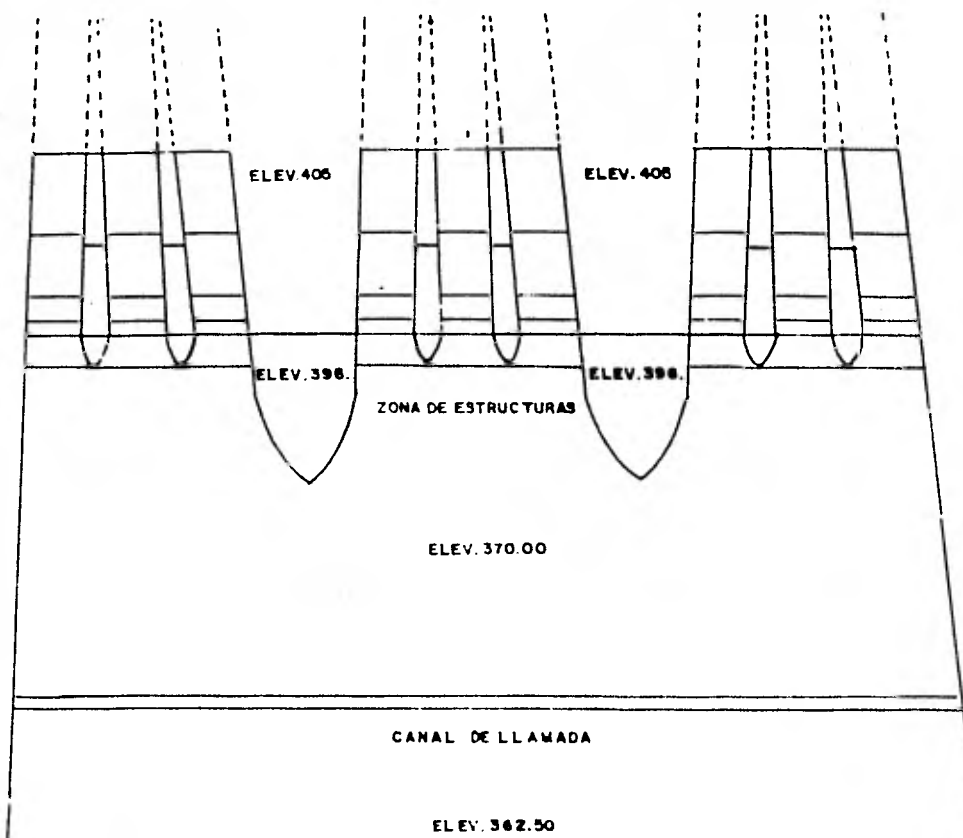


FIG. 5. ESQUEMA DE LAS EXCAVACION DE LA ZONA DE ESTRUCTURAS Y EL CANAL DE LLAMADA

m^3 /seg. por cada túnel, bajo una carga máxima de 22 m (fig. - 6).

El túnel comprende dos secciones, una sección de - - transición comprendida entre la estructura de control (Fig. - 7) y la sección, circular.

Esta sección de transición se le denominó así por estar constituida por secciones del tipo portal (fig. 8) que va ría paulatinamente hasta llegar a la sección circular.

Su longitud es de 180 m y 17 m de altura, la sección circular es de 17 m de diámetro (fig. 9) con una pendiente - - uniforme de 0.0322.

II.b. PLANEACION DE ATAQUE

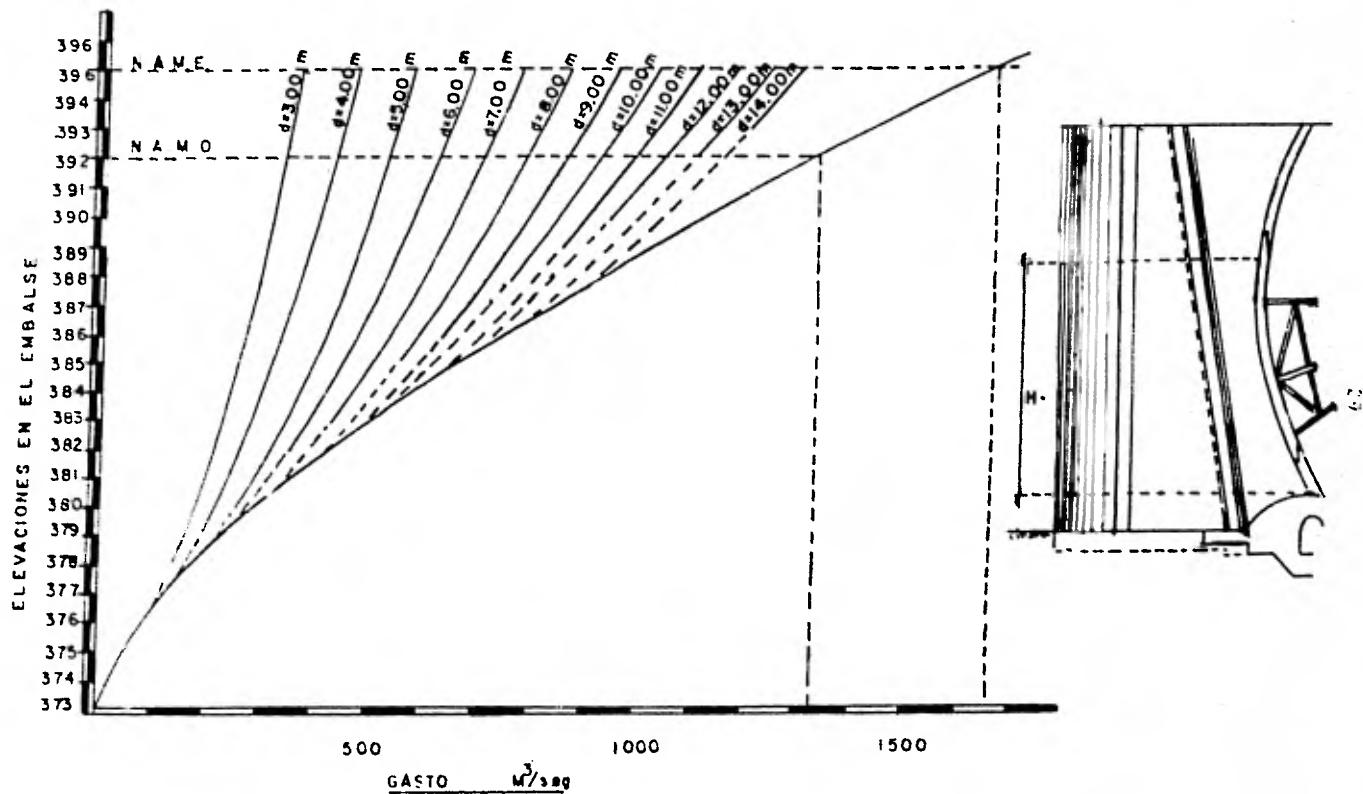
Para la construcción de los túneles se planeó en dos etapas la primera etapa comprendía la excavación y la segunda el revestimiento del mismo.

b.1. Primera etapa: Comprende la excavación de la - estructura, para lo cual se utilizaron dos métodos, con los - cuales se atacó.

b.1.1. Cielo abierto este se utilizó en el canal de-

FIG 6 GRAFICA - ELEVACIONES - GASTOS

VERTEDOR P.H. CHICOASEN



NOTA:
ESTA GRAFICA CORRESPONDE A UN
VAÑO DE LOS TUNELES

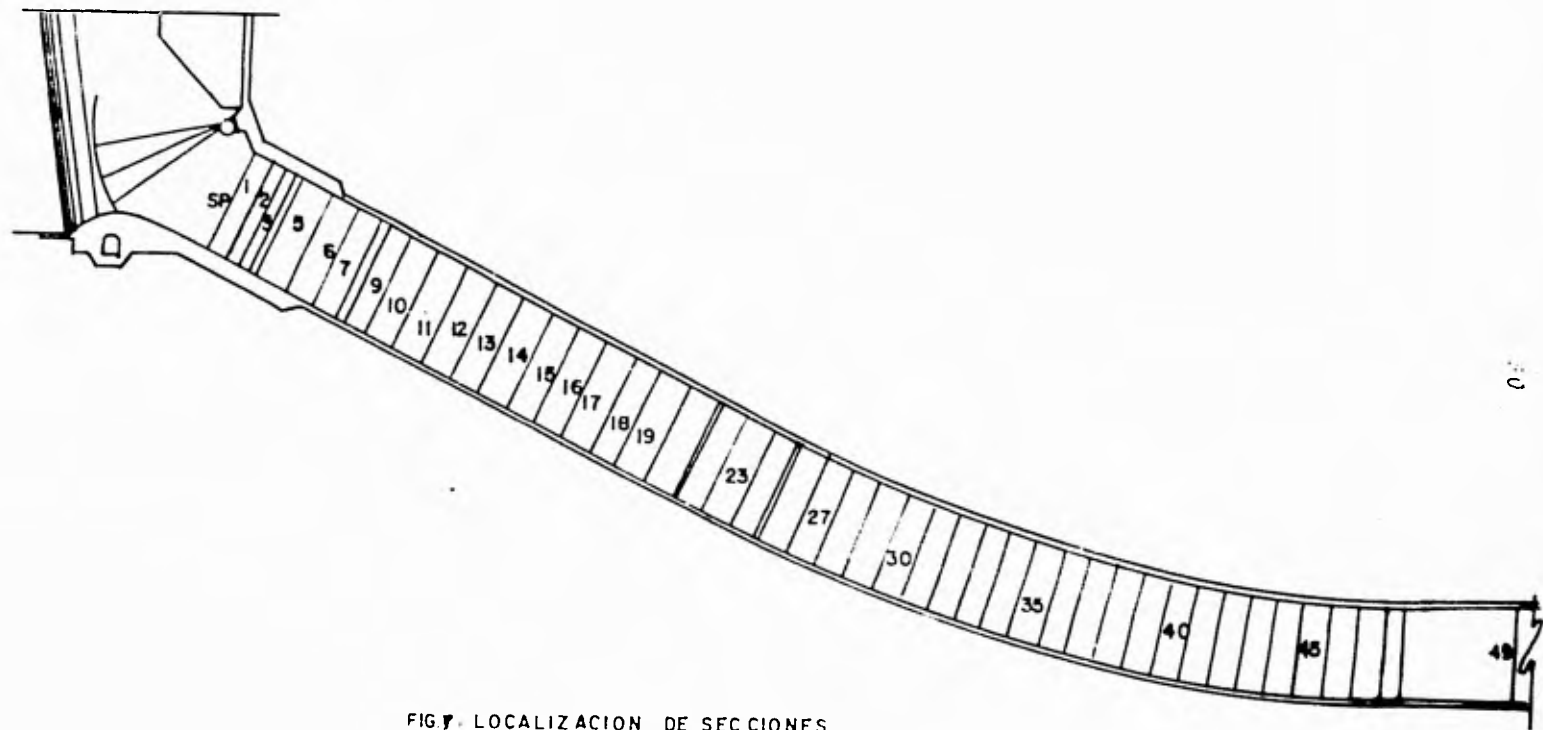


FIG. 7. LOCALIZACION DE SECCIONES

llamada y en la zona de control.

b.1.2. Subterránea este método se utilizó en la sección de transición y en la sección circular.

b.2. La segunda etapa comprende el revestimiento de la estructura, para esta etapa se procedió a dividirse en - - tres zonas:

Zona de control

Zona de transición

Zona de sección circular

II.c. ELECCION DEL METODO DE LA EXCAVACION

Como se habla mencionado en la excavación se emplearon dos métodos; a cielo abierto y subterráneo.

La estructura se dividió en cuatro zonas las que fueron:

Canal de llamada

Zona de control

Sección de transición

Sección circular

N+335.883

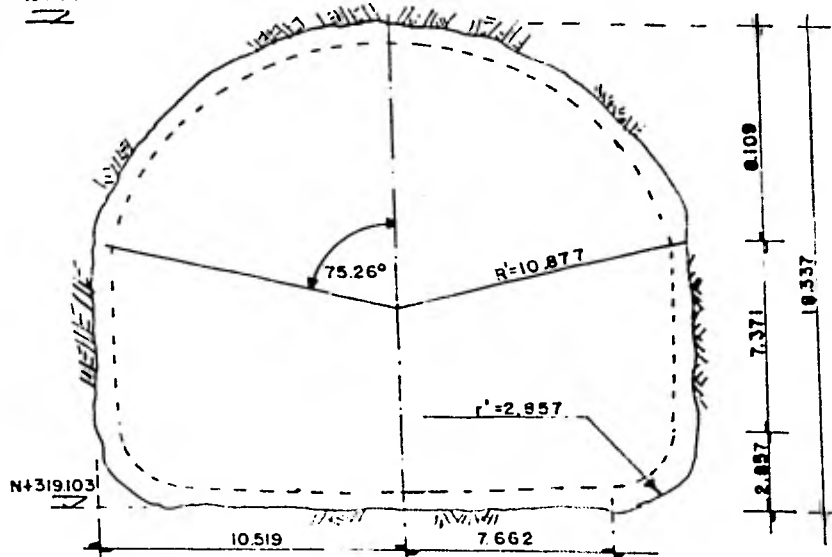


FIG. 8. SECCION EN EL CADENAMIENTO 0+149.718

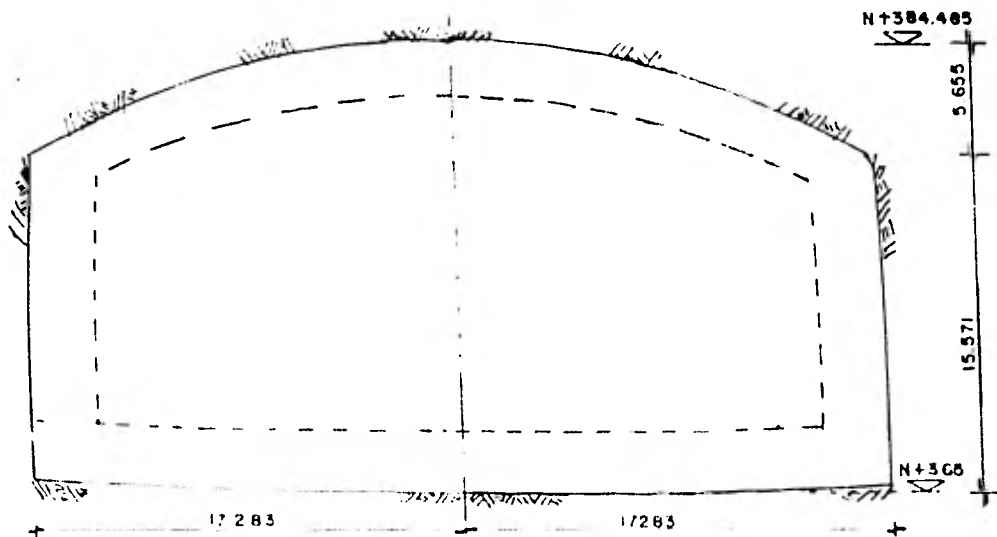


FIG. 8.A. SECCION PORTAL CADENAMIENTO 0+046.874

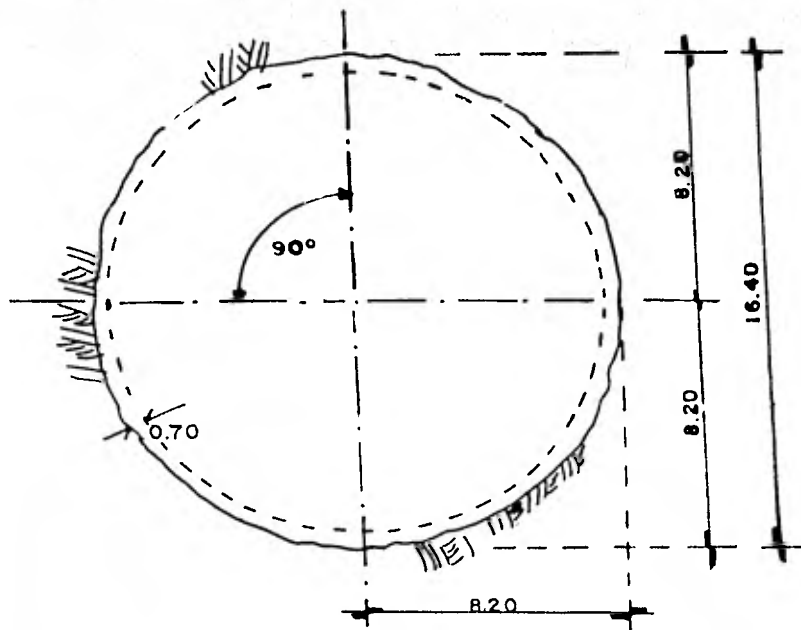


FIG.9. SECCION CIRCULAR

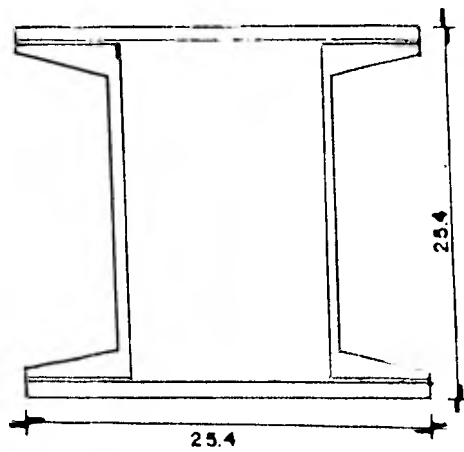


FIG.II. SECCION DEL MARCO

El método empleado en el canal de llamada fue el de cielo abierto con cortes de ó en plataforma, con altura de 12 m y con el uso de precorte para los taludes quedando de esta manera perfilados, toda la barrenación se hizo vertical.

En la zona de estructuras se requirió de mayor precisión, también se utilizó en esta zona el precorte para perfilar los muros y taludes, se hicieron cortes en plataforma de 5 m de altura con barrenación vertical.

Para el ataque de los túneles se pensó en un acceso hacia la zona donde termina la transición y empieza la sección circular de esta forma se podría iniciar el ataque, - - aguas arriba y aguas abajo de los tres túneles.

El procedimiento que se siguió en el ataque fue dividir toda la sección en varias partes; generalmente en excavaciones de túneles las secciones mayores que se atacan a sección completa son menores de 8 m, para secciones mayores como es la de este trabajo se utiliza hacer la excavación en sección; existen varios métodos pero el más utilizado es el del túnel piloto, banqueando el resto de la sección (Figo. 10).

El túnel crucero se excavó para comunicar los túneles en la est. 247.5 de 7.00 m de ancho y de 17.00 m de altura, se realizó en dos partes; se tomó la zona superior como tú

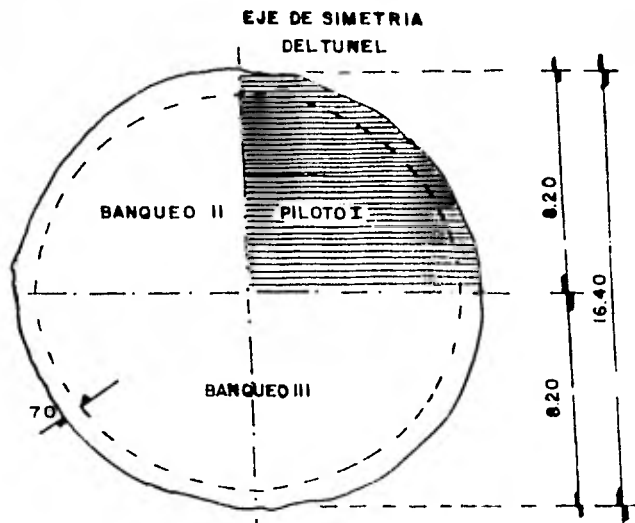


FIG.10. SECCION CIRCULAR ETAPAS DE EXCAVACION

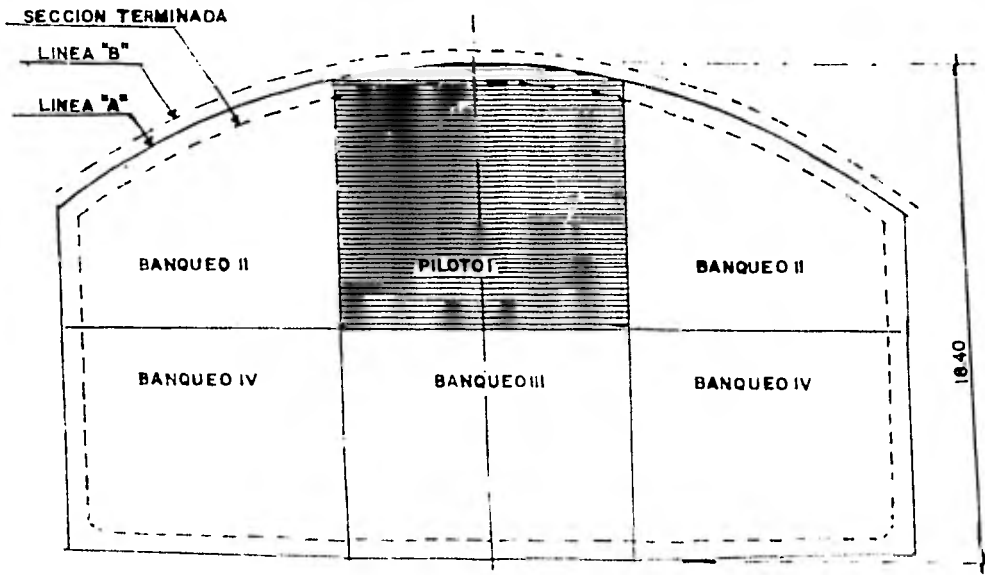


FIG 10 A SECCION DE TRANSICION ETAPAS DE EXCAVACION

nel piloto y la parte inferior como banqueo.

En la sección circular se atacó dividiendo la sección en cuatro, un cuarto de sección sirvió de túnel piloto, banqueándose seguidamente la otra cuarta parte de sección y dejándose la media sección para banquearla completamente después.

En esta fase se utilizó equipo especial, perforadoras montadas en brazos hidráulicos sobre estructuras sobre unidades móviles denominados yumbos, permitiendo mayor maniobrabilidad tanto para poder ejecutar la barrenación la cual se realizó horizontal, y transitar el equipo de un túnel a otro más rápidamente.

Para la excavación se utilizó el método del barrenamiento el cual será explicado en el próximo capítulo.

Se empleó el sistema de precorte para que la excavación quedara perfilada. En la excavación de la transición se utilizó también el método del túnel piloto, aquí por ser una zona cuyos claros eran muy grandes y por existir la posibilidad de falla de roca, pudiendo presentarse desprendimientos se procedió a dividir la sección en seis, se utilizó un sexto superior como túnel piloto banqueando los otros dos sextos inmediatamente.

Una vez que se habla realizado la excavación superior se continuarla con la excavación inferior, en la sección circular y la transición, en la transición se banqueó en tres secciones la media sección inferior en la sección circular media sección completa.

En la transición se utilizó equipo especial de perforadoras con gatos hidráulicos montadas en estructuras las cuales estaban sobre un tractor denominado como "tracto-yumbo" - de esta manera se podía transitar el equipo aguas arriba de la transición la cual tiene una pendiente de 25° (fig. 7).

II.d VENTILACION

El problema que más grave, se presenta en este tipo de excavaciones es el de la ventilación, la renovación de aire contaminado por las voladuras, para resolver este problema se construyeron tres lumbreras una para cada túnel con un ventilador en cada lumbrera, de 2.00 m de diámetro y de 145 m de profundidad sobre la estación 258.00

Esto no fue suficiente pues según se avanzaba se incrementaban los problemas de ventilación, se tomo otra medida.

Para solucionar el problema se empezó la construcción

de un túnel piloto que comunicarla la salida de los túneles - con la excavación que se llevaba, las dimensiones del túnel - fueron de un sexto de la sección alojado en el tercio central-superior.

Con esta construcción se logró la ventilación de los túneles incrementándose el rendimiento de los trabajos.

II.e. PROBLEMAS QUE SE PRESENTARON EN LA EXCAVACION

e.1. El primer problema que se presentó fue el ataque de los túneles el cual se resolvió con la construcción de un túnel crucero que servía de acceso, sus dimensiones fueron de 17 m de altura.

e.2. Otro problema que ya se ha mencionado es el de la ventilación ya se vio anteriormente como se resolvió.

e.3. El tercer problema que se presentó fue el de un caído en el túnel dos, lo que ocasionó que se detuviera la excavación en el túnel dos y en el uno también.

El caldo fue ocasionado por la intersección de la excavación del túnel dos con una cañada, la cual era utilizada para alimentar una planta de trituración (T-1).

Para dar soluciones a este problema fué necesario --
además de acuerdo en los siguientes procedimientos:

El primero consistía en usar cunite con malla

El segundo era utilizar chock-creet.

El tercero la utilización de marcos.

Se determinó que el método más adecuado era emplear marcos metálicos los cuales se anclarón con varillas corugadas de 1" \emptyset , la estructura fue radial de 10" de peralte y patin de 1" (fig. 11), se colocaron a cada 80 cm. y entre la estructura y la roca se relleno de concreto.

Según su ademaba se realiza la excavación.

e.4. En el portal de los túneles se presentó otro - problemas, habla probabilidad de que al excavar toda la área se presentaran desplomes, porque el claro es de 36 m.

La solución que se tomó fué hacer la excavación central (fig. 12), desde la est. 053.00 a la est. 069.00

Con la excavación central se procedió a colar unas - pilas intermedias y la bóveda central para continuar con la - excavación, se colocaron extensiómetros para prevenir la falla de roca, la flexión fue mínima.

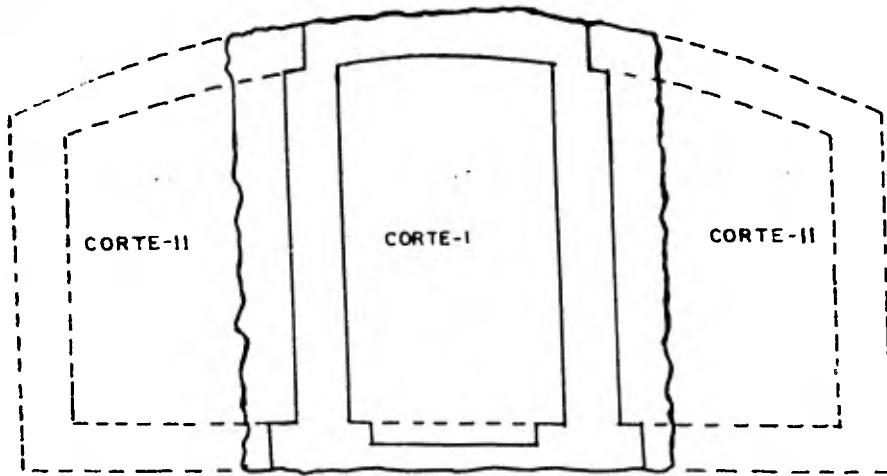


FIG. 12.A SECCION PORTAL (CORTE A-A)

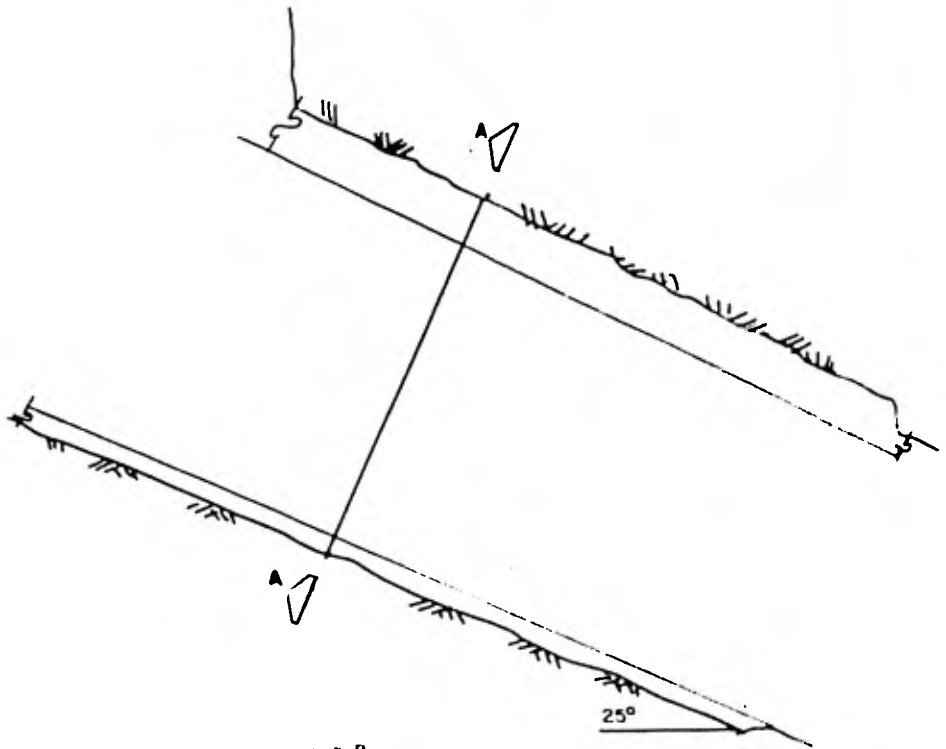


FIG 12. B

Para la excavación de estas denominadas como alas, - se empleo estructuras dalmín donde se colocaban plataformas - de apoyo para el equipo de barrenación, para la voladura de - esta excavación se protegieron las pilas con madera y en me- - dio arena para amortiguar los golpes.

e.5. Un problema grave fué en la zona de Control -- donde se presenta el deslizamiento de un gran block rocoso de 30,000 m³ aproximadamente, causado por las vibraciones de -- las voladuras y la estatigrafía del terreno, en esta parte el -- terreno se presentan capas intermedias de arcilla de 40 a 60 - cm de espesor en medio de bloques rocosos con un ángulo de in -- clinación de 10°, la inestabilidad del macizo rocoso obligó a que se demoliera, igual que el del lado izquierdo por temor a que sucediera lo mismo se optó por demolerlo, estos se susti -- tuyeron por unos de concreto.

II. j. ANCLAJE

El anclaje que se utilizó en el canal de llamada y - en la zona de control fue anclas del tipo B.B.R.V. de 100 tn- de capacidad y de 60 metros de longitud.

El patrón de separación fue de 5x5 m en ambos senti- dos, el diámetro de la barrenación fue de 7.62 cm y se uso le chada de cemento.

El anclaje usado en la zona de transición así como en la sección circular estuvo formado por anclas de tensión de 1" ϕ de acero de grado duro con conchas de expansión. En cada sección transversal se colocaron cinco anclas radiales espaciadas horizontalmente 3 y 3.5 m. La longitud de la ancla fue de seis metros, y trabajarían a tensión a 16 tn.

II.g. ELECCION DEL METODO DE REVESTIMIENTO

Así como se habla mencionado anteriormente la estructura se dividió; en zona de control; sección transición; sección circular.

En la zona de control se procedió, con colados de 2.55 m y de longitud variable, dependiendo de las juntas de dilatación se procedió hacer las juntas de construcción, otras se hicieron por cambio de sección, por falta de proyecto y por requerimiento de la obra.

El método fue muy variado dependiendo de algunos factores como: tipo de cimbra, equipo para la maniobra de cimbrado, equipo para colado, etc.

En la sección de transición establecieron colados perpendiculares al eje del túnel, según la sección se procedió hacer la junta de dilatación, aquí el método dependió del

equipo, del tipo de cimbra y de la sección, de 2.55 m de longitud y de altura o ancho variable se utilizó la misma cimbra para los muros y la bóveda, en la plantilla no se utilizó cimbra, solamente una cercha para la junta fría.

En la sección circular todos los colados se hicieron iguales por haberse empleado una cimbra metálica y porque la sección permanencia constante, se dividió en dos la sección; una sección superior y otra inferior denominadas bóveda y cubeta. Las juntas de construcción se hicieron en función del equipo cada 9.00 m.

II.h. PROBLEMAS QUE SE PRESENTARON EN EL REVESTIMIENTO

El primer problema que se presentó fue el retraso de la excavación, iniciándose primeramente en la zona de control, siguiendo en la transición, y finalmente se inicia en la sección circular.

En el túnel uno fue suspendida la excavación causada por la caída del túnel dos, porque la cañada que se habla interseptado atravezaba al uno, y esta era utilizada como canal para alimentar a la planta trituradora (t-1) la cual producía material para los filtros de la cortina.

El mayor problema fue el retraso de la construcción-

de la estructura, se tuvo que acelerar los trabajos de la zona de control y del túnel dos para que los desvios fueran cerrados, se habla proyectado el llenado del vaso en tres meses pero se llenó en un mes y medio por tal motivo se puso a prueba el vertedor en el túnel dos, así los trabajos continuaran en el túnel uno y en el tres. Para lo cual se tubieron que construir algunas obras auxiliares para suministrar el concreto.

También se dejó maquinaria en el túnel 1 hasta que la obra se termine.

El problema principal fue la falta de materiales como cemento y agregados los cuales eran proporcionados por la C.F.E.

CAPITULO III
EXCAVACION.

III EXCAVACION

III.a GENERALIDADES

Para cualquier construcción se necesita definir y dividir los conceptos en cada una de las etapas que se tendrán que realizar, esto permite definir los procedimientos que se emplearan y al mismo tiempo permite elaborar programas de equipo, de material, de personal.

Las excavaciones se clasifican en dos grupos; excavaciones a cielo abierto y excavaciones subterráneas.

Las etapas constructivas para estos tipos de trabajo son:

Excavación a cielo abierto	<p>Trabajos preliminares; como son accesos, campamentos, oficinas, talleres, almacenes.</p> <p>Ciclo de excavación: desmontes, despalmes, barrenación, poblado, acarreo.</p>
Excavación subterránea	<p>Trabajos preliminares: accesos, campamentos, oficinas, talleres, almacenes.</p> <p>Ciclo de excavación: barrenación, poblado, acarreo</p>

En la excavación a cielo abierto, como primera etapa se necesitara el acceso para llegar a la zona de trabajo y para hacer los acarreos del banco hacia su destino, el sistema empleado consiste en abrir una brecha y ampliarla hasta -- donde sea suficiente para el transito, existen diferentes tamaños de maquinaria la cual determina las dimensiones del camino (ancho, pendientes, curvaturas).

Este tipo de caminos generalmente son revestidos de materiales gruesos como, grava-arena, rezaga, tepetate, etc.- con sus obras auxiliares como, alcantarillas, vados, puentes, cunetas, contracunetas, etc.

El desmonte consiste en el retiro de todos los árboles y arbustos del área de construcción, los cuales pueden -- ser quemados o almacenados.

El despalme consiste en el retiro de la capa de suelo que contiene material orgánico.

Para poder excavar o remover roca es necesario romperla o fraccionarla, esto se logra algunas veces con el arado del tractor, generalmente es poco utilizado este sistema - en la excavación de roca, por lo cual se barrena y se dinamita, fraccionandola para que sea removida.

El sistema que se emplee dependera de algunos factores como; el tamaño de piedra, la profundidad de la excavación, de la naturaleza de la roca, del tipo de la obra, etc.

Existen diferentes tipos de equipos de barrenación y se clasifican de acuerdo a su tamaño o de su peso.

Clasificación

{ taladro de combustión interna
 { taladro neumático de piso
 { taladro neumático de pierna
 { perforadora de vagoneta
 { jumbos.etc.

Para el inicio de una barrenación se requiere de una plantilla con la cual se puede saber el número de barrenos y la separación entre ellos. Existe un gran número de fórmulas; en el libro Técnica moderna de voladuras de rocas, expone algunas fórmulas y tablas en las cuales considerando factores como; el tipo de roca, presión, velocidad, profundidad, tipo de explosivo, diámetro, dan una aproximación en las dimensiones de la barrenación así como el factor de carga; esto no es exacto pero da una idea muy aproximada de como actúan, en su capítulo tres en el primer tema expone algunas relaciones simplificadas y son relaciones entre el diámetro, concentración de carga y línea mínima resistencia.

$l = 0.001 d^2$	l ; es la cantidad de explosivo por metro lineal
	d ; es el diámetro de barrenación (en mm)
$V = 0.046 d$	V ; es el bordo libre
$V_1 = 1.23 V$	V_1 ; es la separación entre barrenos
$S = 0.2 h$	S ; es la sobreexcavación
	h ; es la altura o profundidad del barreno

Estos datos dan una idea aproximada de la separación de entre barrenos en función del diámetro, pero en el campo - se hacen los ajustes necesarios, si se ve que resulta muy - - grueso el material se podrá cerrar mas la separación entre barrenos o incrementarse la carga de fondo y en forma contraria, si resultara muy fina la rezaga se podrá abrir la separación entre barrenos o disminuir la carga de fondo, con el tiempo - se obtiene la experiencia necesaria para determinar las cargas óptimas.

POBLADO O DINAMITADO

Una vez que se tiene la barrenación el siguiente paso en dinamitar o cargar los barrenos con el fin de fraccionar la roca y poder removerla; el dinamitado o carga consiste en vaciar dinamita en el barreno para hacerlo explotar.

Una explosión se ha definido como la manifestación de la energía que resulta de la reacción química del explosi-

vo, en gases a presión de mas de 100,000 atmósferas.

El material utilizado generalmente se le denomina como explosivos y se define como mezclas de solidos o sólido -- con líquidos, los cuales son capaces de una descomposición rápida y violenta. Se clasifican en altos y bajos explosivos, y el ejemplo respectivamente es la dinamita y la polvora.

La dinamita es una mezcla sensible que contiene un compuesto explosivo ya sea como sensibilizador o como el medio principal para desarrollar energía, la mayor parte de las dinamitas contienen nitroglicerina como sensibilizador.

La dinamita comercial se encuentra en varios tamaños y grados.

TABLA DE DENSIDADES DE EXPLOSIVO DU - PONT

Dinamita	Densidad	Agentes explosivos
Gelatina extra	40% 1.57	Mexamón ecc 0.75
" "	60% 1.44	" c 0.85
" "	75% 1.39	" c-LD 0.64
dinamita extra	40% 1.29	Supermexanon D 0.65
" "	60% 1.29	NA/AC 0.85
dinamita especial	45% 1.23	Tovex extra 1.35
Gelamex no. 1	1.28	
no. 2	1.16	
Geomex	40% 1.47	

Duramex G	1.00
Dinamex A	1.23
Toval	1.60

PROPIEDADES DE LOS EXPLOSIVOS.

La potencia del explosivo no radica en el % de nitroglicerina que contenga ya que existen otros elementos que al disminuir también influyen en la potencia, a la cual se ha definido como el contenido de energía o el poder que desarrolla.

Velocidad es la rapidez con que se propaga la onda de detonación a lo largo de una columna de explosivo. Cuando mayor es la rapidez de explosión, mayor es el efecto de quebrantamiento.

Resistencia al agua, en cuanto a esta propiedad --- existe diferencia entre los explosivos, los hay de gran resistencia y de poca, hay que ver cual es el más conveniente, según las condiciones de trabajo.

Gases, los que se originan principalmente son el -- bioxido de carbono, nitrógeno, vapor de agua, monoxido de carbono y oxido de nitrógeno, y es variable dependiendo del explosivo, unos no son recomendados para excavaciones subterra-

neas, debido a que es en este tipo de trabajo donde se presentan más problemas de ventilación.

EXPLOSIVOS Y SUS CARACTERISITICAS.

La dinamita regular contiene nitroglicerina como -- unico material, de elevada velocidad.

Dinamita extra red cross, son amoniacales desde 20% a 60%, de más baja velocidad y baja resistencia al agua, menos inflamable, de gases excelentes, adecuado para trabajos - subterranos.

Gelatina esta formada por algodón azótico y nitro-- glicerina, insoluble en el agua, de diferente potencia de 20% a 90% de gases excelentes, de alta velocidad y alta densidad.

Gelatina especial Esta difiere porque la potencia-- es producida por nitrato de amonio, de 25% a 80% de potencia, de menor velocidad y menor resistencia al agua que la gelatina normal, de buenos gases.

Toval es la dinamita gelatina de más densidad y más económica, en tubos de polietileno, de buena resistencia al - agua y propiedades de gases igual a la gelatina especial.

Gelex de menor velocidad y resistencia al agua que la gelatina especial, da buenos gases.

Agentes explosivos; es un compuesto químico sensible al fulminante sin ingredientes explosivos y se detona con un cebo explosivo de alta velocidad, utilizado para la columna de carga.

Accesorios para voladuras; son los dispositivos empleados para cebar cargas explosivas, suministrar o transmitir la llama que inicia la explosión.

Mecha; consiste en un núcleo de polvora negra especial envuelta en cubiertas de hilaza y sustancias impermeabilizantes, el objetivo es hacer estallar el fulminante, la velocidad es de 131 segundos por metro.

Ignitacord; es un cordón encendedor de mechas, en tres velocidades de 30 seg. por metro, 55 seg. por metro y de 16 seg. por metro, este no sirve de iniciador.

Quarrycord; también encendedor de mechas semejantes al anterior

Primacord; es un cordón detonante cuya función es iniciar la detonación de los explosivos, es flexible y resistente, su velocidad de encendido es de 6700 m/seg. y requiere

de un iniciador o fulminante el iniciador es el mejor de todos.

Fulminantes; son casquillos que contienen cargas -- de explosivo de gran sensibilidad.

Estopines eléctricos; estos se detonan con corriente eléctrica, tienen una carga básica de un explosivo de alta velocidad que sirve de cebo y carga de ignición. Los mas comunes son los de tiempos regular mark V, que poseen un interválo de tiempo entre estopines y existen 10 perlodos de retardo.

Explosor; suministra la corriente necesaria para el disparo eléctrico.

Galvanómetro; permite probar los estopines y determinar si el circuito esta bien y medir su resistencia aproximada.

El dinamitado no consiste unicamente en seleccionar el tipo de explosivo, también requiere conocer el método de - aplicación para cada clase de trabajo, generalmente los resultados optimos se adquieren experimentando con las voladuras.

Existen varios factores que intervienen en una voladura, los que se deben considerar son; el tipo de terreno, el

tipo de equipo, la profundidad, espaciamiento entre barrenos, - control de la vibración, proyección, distribución de tiempos, tamaño del material requerido.

Existen varios métodos, una relación simplificada es la siguiente, considerando la relación del diámetro; (Fig. 13-a).

ACARREO.

Una vez que se tiene fragmentada o que se ha dinamitado la roca el siguiente paso es retirarla, en esta etapa se utiliza equipo de acarreo y equipo de carga como;

Cargadores; de llantas o de orugas.

palas mecánicas.

dragas

Para el equipo de acarreo se utilizan camiones de diferente capacidad y se les puede clasificar por el motor -- (diesel, gasolina), por su número de ejes traseros, etc.

EXCAVACION SUBTERRANEA.

Este tipo de trabajo al igual que las excavaciones a cielo abierto tienen un ciclo el cual es; barrenación, carga o dinamitado, rezaga.

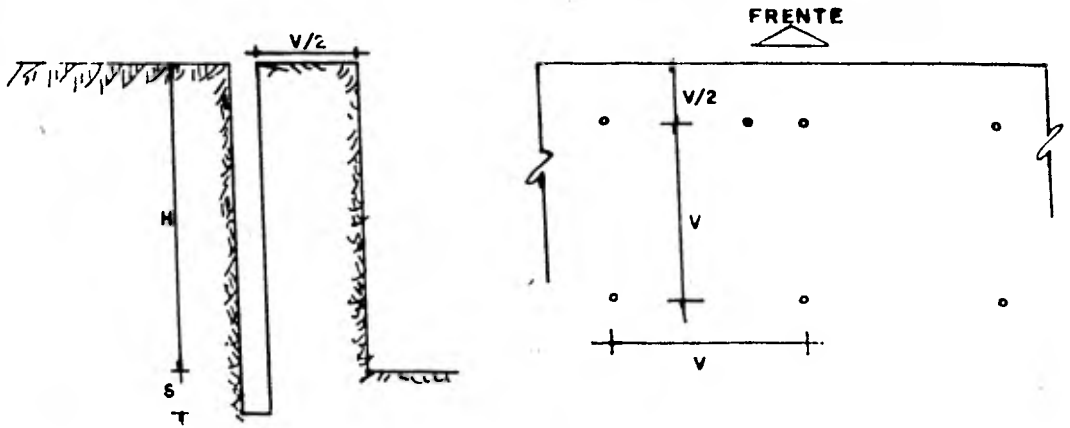


FIG.13. BARKENO (CORTE Y PLANTA)

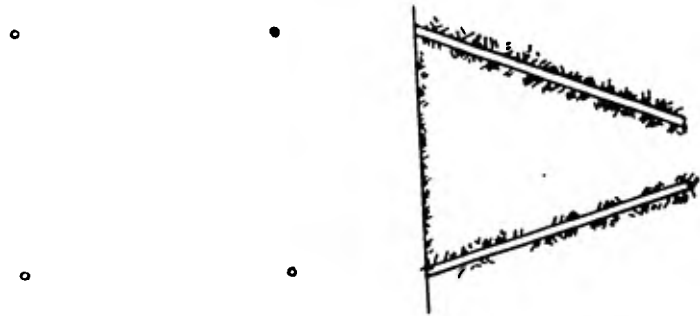


FIG.14. BARRENACION EN CUÑA "V"

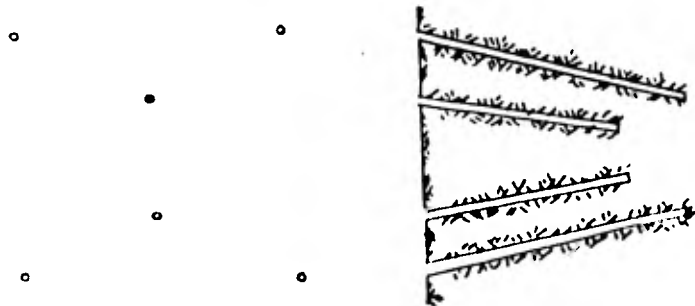


FIG.14. BARRENACION EN DOBLE CUÑA

Las condiciones con las que se trabaja en este tipo de trabajo difiere al anterior, su elaboración requiere de -- instalaciones como son; de agua, de luz, de ventilación, de bombeo, etc.

El sistema seguido requiere de barrenación horizontal, generalmente todo, el equipo usado es o son, taladros de pierna, perforadoras montadas en estructuras, con movimiento o fijas (madera, dalmín, acero, etc.)

SISTEMAS DE ATAQUE.

Existen diferentes sistemas de ataque, entre los -- cuales podemos clasificar considerando las dimensiones de los tuneles;

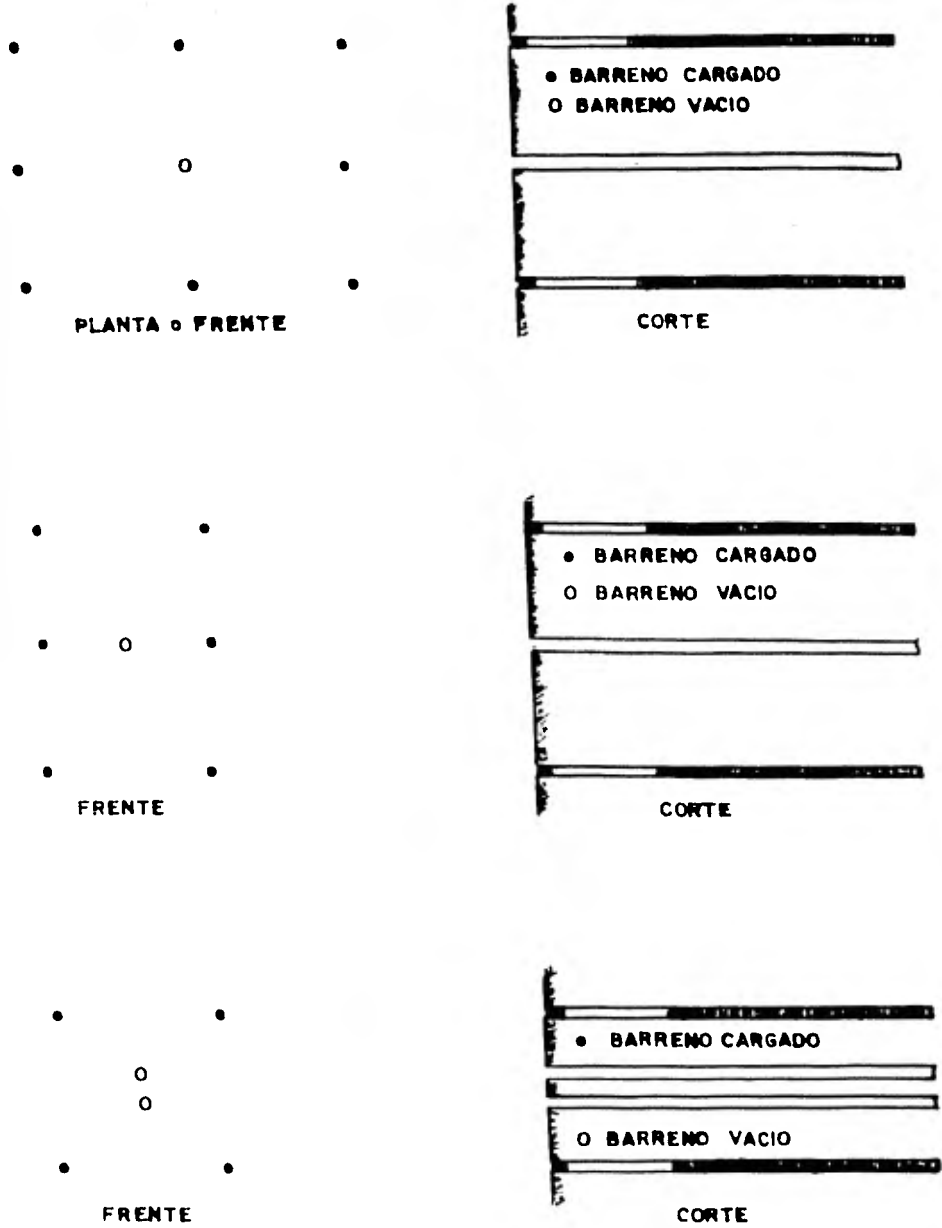
Secciones 8 m. $\left\{ \begin{array}{l} \text{túnel piloto} \\ \text{frente superior y banqueo.} \end{array} \right.$

Sección 8 m. sección completa.

Sistemas de barrenación, existen tres tipos de barrenación y son; la cuña, el barreno quemado, y una combinación de ambas.

Anteriormente la cuña en angulo era la más popular para todos los frentes, consistente en barrenaciones en angu-

FIG.15. TIPOS DE CUÑAS DE BARRENO QUEMADO



lo con el frente para proporcionar libertad a la salida de la roca.

El barrenado quemado consiste en barrenos paralelos, pero no son cargados todos unos quedan vacíos, sirviendo de cara libre, este se puede alojar en cualquier lado de la sección.

Estos tipos de barrenación son la parte más importante de la voladura ya que resto de los barrenos no pueden romper con efectividad a menos que la cuña salga totalmente y sirve para desarrollar una segunda cara libre hacia la cual puede romper el resto del disparo.

Las ventajas de la cuña son; se utiliza menos barrenos y menos explosivo, como desventaja tiene que el avance es menor por el ángulo que toman las barras y requiere de mayor precisión en los ángulos. (fig. 14)

Las ventajas del barrenado quemado son; con este tipo de barrenación se puede incrementar la profundidad de los barrenos, con lo cual se logra un mayor avance por tronada, sus desventajas es que requiere un mayor número de barrenos y se necesita incrementar el factor de carga. (fig. 15)

Existen varios métodos para el diseño de planti ---

llas, en el libro *Técnica Moderna de Voladuras de Roca* en los capítulos 7 y 8, expone unas plantillas utilizadas en varias partes del mundo, también unas tablas que dan idea del uso de explosivos.

Acarreo; este tipo de trabajo requiere algunas veces de equipo especial principalmente cuando las secciones -- son pequeñas como las galerías o socavones, generalmente se utilizan cargadores de orugas de descarga lateral, rezagadoras. Para el acarreo se utilizan camiones volteo de 6 m^3 , de gasolina o diesel.

TRABAJOS PRELIMINARES.

Para la ejecución de una obra, principalmente en -- este tipo de obras las cuales se encuentran aisladas de la civilización, requieren de instalaciones auxiliares las cuales -- son; accesos, campamentos, talleres, oficinas, almacenes, agua luz, etc.

Para lo cual se requiere de inversiones, que se recuperan con el tiempo.

ACCESOS.

Para poder llegar al sitio del proyecto se requiere

hacer un acceso, se construyó uno por la margen derecha y otro por la margen izquierda como se habla mencionado en el capítulo uno. Generalmente los accesos son brechas que se realizan para poder llevar la maquinaria al sitio de la obra, y así poder iniciar los trabajos mientras se construyen caminos definitivos si es que el proyecto los justifica.

La construcción de campamento en las obras son importantes ya sea para los obreros o para el personal técnico, debido a que generalmente el personal es de otras partes o por requerimiento de la obra, etc.

La construcción de oficinas, talleres, y almacenes al igual que los campamentos son necesarios por requerimientos de la obra.

Para llevar el control de materiales, equipo y maquinaria se requiere de los almacenes.

Los talleres son necesarios al principio, durante la obra y al final, generalmente al llegar una maquinaria, al no ser que sea nueva, todas las maquinas requieren de corregir detalles, de armar o de revisarla, en la duración de la obra es importantísima ya que el avance o rendimiento esta en función del mantenimiento que se le de al equipo.

Las oficinas se requieren para atender los problemas administrativos, como son, contratación de personal, control, pagaduría, compras, trabajos de residencias, etc.

METODO DE EXCAVACION EN LA ZONA DE ESTRUCTURAS.

Para la excavación de la sección circular, de la -- transición, y la zona de estructuras, se estableció una estación de compresores, del tipo estacionarios, rotatorios eléctricos y reciprocantes eléctricos, 8 unidades en total en la elevación 430.00. Se establecieron redes de tubería de fierro de 6.00 m de longitud y 6"Ø, acoplados con sujesas de fierro colado, se establecieron dos líneas, una hacia la zona de estructura de aproximadamente 360 m de largo (60 tubos), los cuales se tendieron al rededor de la zona de control sobre la elevación 405. con múltiples tomas de aire de 2"Ø, de ahí se conducía por medio de mangueras de alta presión de 2"Ø el --- aire para los track-drills y pistolas de piso.

También se instalaron lámparas de cuarzo de 240 v - para los trabajos de segundo y tercer turno.

Se construyó una pileta de 60 m³, la cual era alimentada por medio de una bomba desde el nivel 200.00 a la --- 440.00, de la pila se instaló tubería de 4"Ø y de 2"Ø, para conducir agua a los túneles y a la zona de control.

El procedimiento que se utilizo en la excavación -- fue; barrenación vertical, con equipo de track-drill modelo - pr-123, en sistema de terrazas de 5.00 m de altura, y el uso de precorte para que los muros quedaran perfilados, se utilizaron tres track-drills, generalmente dos eran utilizados para la barrenación abierta y uno era utilizado para el precorte, se requirio barrenar 18,970 m lineales de precorte, de -- los cuales; 4,200 m fueron con talud de 25:1 (22%)

560 m fueron con talud de 1:1 (3%)

14,210 m fueron verticales (75%)

$$\text{Duración} = \frac{18.970}{10 \times 0.8 \times 16 \times 25} = 5.93 \text{ meses}$$

Se utilizaron barras de 3.00 m de longitud con broca de 2.25"Ø el precorte se hacia antes de la barrenación --- abierta.

Moneo; como resultado de las voladuras no siempre - la roca se pulveriza algunas veces a causa del agrietamiento de las condiciones de la roca, se desprenden grandes blo---ques, otras veces no truenan todos los barrenos quedando bloques rocosos, algunas veces hay equipo para hacer el acarreo- otras veces son tan grandes o no se cuenta con el equipo y se monea, o sea se barrena, se carga y se truena, reduciendolo - a un tamaño maniobrable.

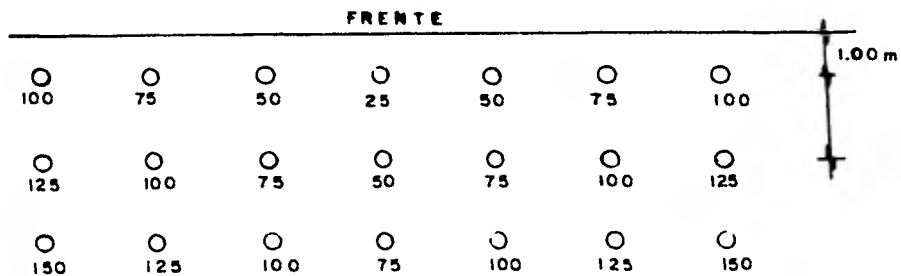


FIG.16. SEIS TIEMPOS m s.

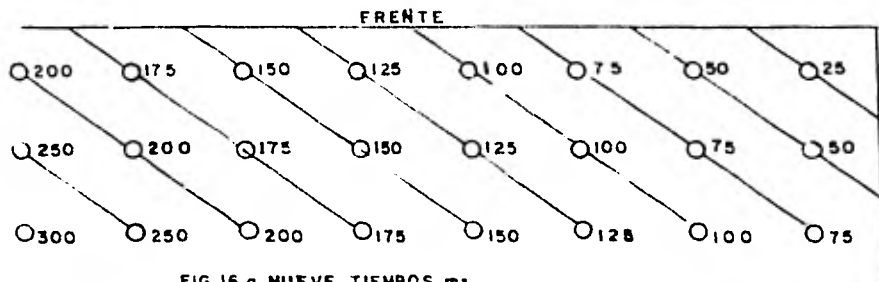


FIG.16 a. NUEVE TIEMPOS m s

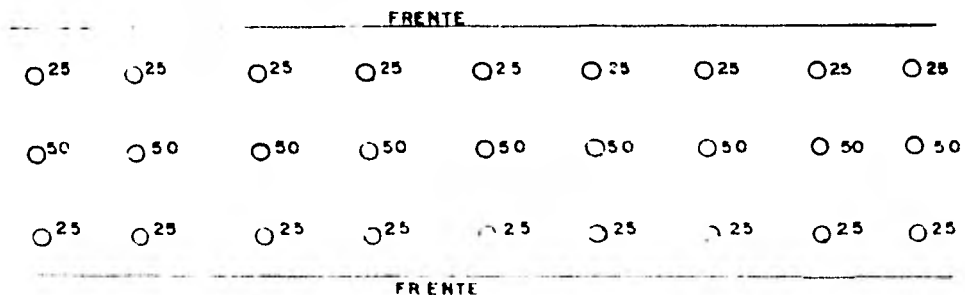


FIG.16.b. TRES TIEMPOS m s.

CARGA O DINAMITADO.

Para el dinamitado de la roca se utilizo las siguientes plantillas, (fig. 16) se barrenaban tres líneas de barrenos de siete u ocho barrenos por línea por turno de ocho horas de seis metros de profundida, cinco metros de banco y un metro para la sobreexcavación, se utilizaban dos barras de tres metros cada una.

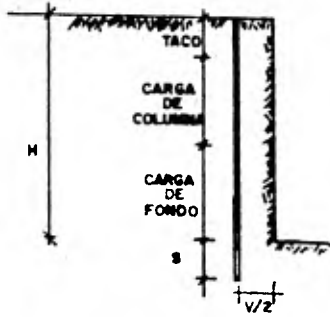
El rendimiento promedio del track-drill fue de 10 m/hr.

$$\begin{aligned} \text{Producción} &= \frac{10 \times 8 \times 0.8}{64 \times 2 \times 2.5} = 64 \text{ m.l.} \\ &= 320 \text{ m}^3 \text{ por cada} \end{aligned}$$

track-drill

En la práctica para las voladuras; hay factores que deben considerarse como son; la inclinación de los barrenos, la colocación de tiempos, el sistema empleado para acoplar, etc. con estos factores se determina la proyección que seguirá la tronada y el volumen.

El material explosivo utilizado fue principalmente el toval este se encuentra en salchichas de 2"Ø y 40 cm de longitud con un peso de 1.78 Kg. c/u, son 14 salchichas por caja de 25 Kg. es el explosivo de más alta densidad (1.60) y-



$\phi = 225 - 6.715 \text{ mm.}$
 $H = 8.00 \text{ mts.}$
 $V = 2.00 \text{ mts.}$
 $B = 2.80 \text{ mts.}$
 $S = 20\% H = 1.60 \text{ m.}$
 $F = 0.69 \text{ Kg/m}^3$
 $L = 3.098 \text{ Kg/ml.}$

FIG.17 CARGA TIPO DEL BANQUEO

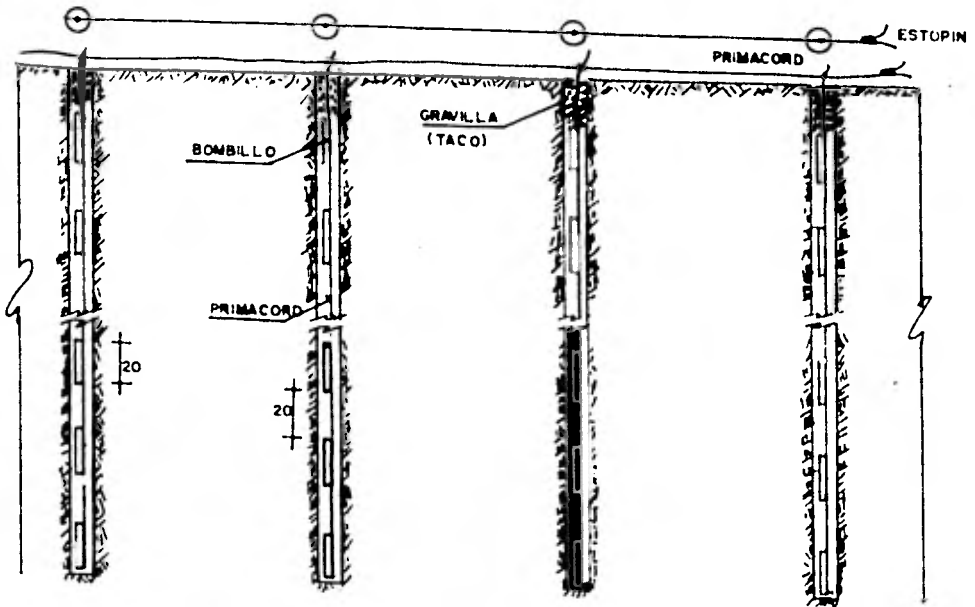


FIG 17A SISTEMA EMPLEADO EN EL PRECORTE

es el más barato en el mercado.

Como agente explosivo se utilizó el supermexamón. - Los estopines utilizados fueron ms de 5 m. La plantilla utilizada fue (fig. 17).

El volumen en banco de excavación fue de $512 \text{ m}^3/\text{turno}$, cuando se utilizaban dos track-drill; cuando se empleaban tres la producción era de $768 \text{ m}^3/\text{turno}$, el volumen por excavar era de $450,000 \text{ m}^3$, el tiempo empleado fue de catorce meses.

Producción de seis mese con dos track-drills

$$P = 512 \times 2 \times 25 \times 6 = 153,600 \text{ m}^3, \text{ en banco}$$

Producción con tres track-drills en ocho meses

$$P = 768 \times 2 \times 25 \times 8 = 307,200 \text{ m}^3 \text{ en banco}$$

Rendimiento promedio diario: $1,265 \text{ m}^3$ en banco

Precorte.

Se utilizó barrenación a cada 0.80 m y se cargaba con gelamex, dinamex o dinamita, el procedimiento que se utilizaba consistía en cebar un cartucho, el del fondo, con primacord y se colocaban un cartucho a cada 20 cm a lo largo del

barreno sujeto con cinta aislante al primacord, el cordón salía del barreno y se amarraban a otro cordón el cual en un extremo se le colocaba un iniciador (estopón) (fig. 17)

El retacado se realizaba con gravilla de 3/4"

ACARREO.

En esta fase, el material se cargaba con traxcavo - 917 de 2.5 yd³ y una pala mecánica de 3.5 yd³.

Con la ayuda de un tractor se recogía y se amontonaba la rezaga, también servía para limpiar las patas de los bancos, limpiar el terreno para barrenarlo, balconear los bancos de almacenamiento, etc.

Se usaron quince camiones y al perderse eficiencia se introdujeron tres camiones caterpillar y luego se cambiaron por terex nuevos.

Pronto se vio bajar el rendimiento de los camiones, los factores que influyeron fueron; ponchaduras por el tipo de material sobre el que se rodaba, los camiones eran golpeados constantemente por tratarse de roca, mala operación, cambios de turno, etc.

Con la introducción de terex nuevamente se logro un alto rendimiento, el ciclo de acarreo era de doce minutos, el rendimiento por unidad y por turno era de;

$$R = (60/12) \times 4 \times 8 \times 0.8 = 128 \text{ m}^3/\text{turno}$$

de quince camiones y de dos turnos de ocho horas fue;

$$R = 128 \times 15 \times 2 = 3840 \text{ m}^3 \text{ en banco/día}$$

La plantilla de personal que se utilizo fue la siguiente:

Categoría	1er. turno	2do. turno	3er. turno	total
Encargado	1 (doce hrs)	1 (doce hrs)	-	2
Sobrestante	1 (doce hrs)	1 (doce hrs)	-	2
Op. track	3	3	-	6
Ayudantes	3	3	-	6
Cargadores	2	2	-	4
Ayudantes	2	2	-	4
Perforador de piso	2	2	2	6
Op. traxeavo	1	1	1	3
Op. pala	1 (doce hrs)	1 (doce hrs)	-	2
Ayudantes	1	1	1	3
Choferes	15	15	15	45
Borderos	1	1	1	3
Op. tractor	1	1	1	3
Ayudante	1	1	1	3
Op. terex	3	3	-	6
Llanteros	1	1	1	3

EXCAVACION EN LA SECCION CIRCULAR.

La excavación de la sección circular y de la transición, se atacaron a la vez, el sistema empleado consistió en dividir la sección en dos etapas, primero se excavaría la parte superior y después la inferior.

EXCAVACION DE LA SECCION CIRCULAR.

Para iniciar esta excavación se construyó un túnel de acceso de 180 m de largo y de sección variable, comunicaba al exterior con la zona donde se inicia la sección circular y termina la sección de transición, para su excavación se utilizó un yumbo, debido a que la barrenación tenía que ser horizontal, el cual consistía en una estructura metálica de ángulo, la cual se encontraba montada en un camión euclid, de esta estructura por medio de brazos, los cuales tenían perforadoras neumáticas con columna, las cuales contaban con movimiento vertical y horizontal, las perforaciones eran modelo D-93 y PR-123.

El túnel de acceso se inició con una sección de 7x7 m y en la parte donde interceptaba a los túneles se amplió a 17 m de altura, para su excavación se utilizaron compresores tipo móviles de motor diesel, para alimentar al yumbo, con broca de 17/8" ϕ , se empleo gelatina de 7/8" en manojos de ---

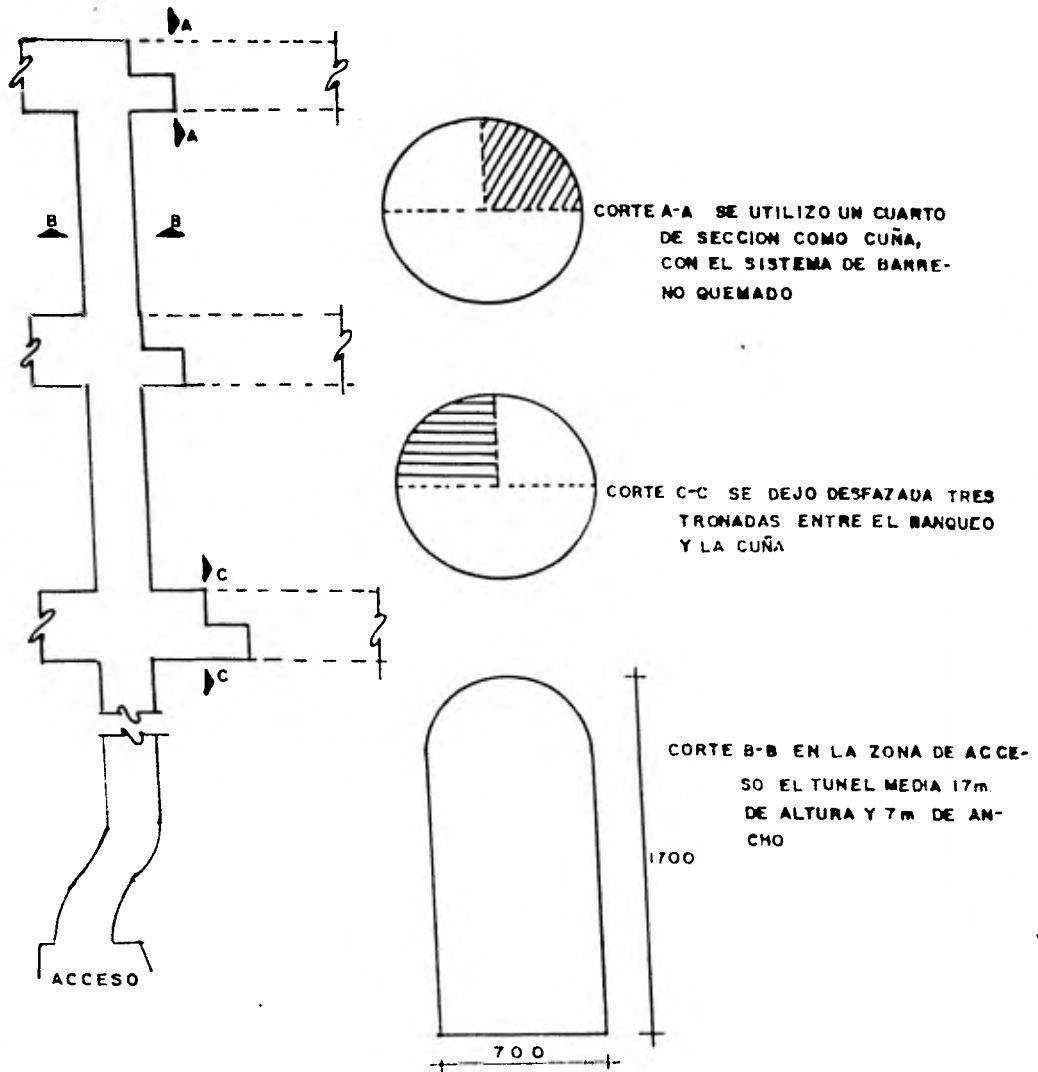


FIG 10

tres, con tiempos de estoplín de retardo o mark \bar{V} , se instaló un ventilador de abanico, se utilizó el método del barreno quemado de 3.5"Ø.

Para la excavación de los túneles, se construyeron tres lumbreras, una para cada túnel de 145 m de profundidad para suministrar aire, y un barreno de 6"Ø para suministrar aire a compresión y agua, según se avanzaba en la excavación se instalaban las tuberías de agua y de aire de 6m de largo cada una y a una distancia de 30 m del frente para que la tronada no la dañara.

El método de excavación consistió en atacar un cuarto de la sección circular, la cual se atacó como cuña, se barrenó con un yumbo con cuatro perforadoras, empleándose el sistema de barreno quemado de 3.5"Ø, mientras el otro yumbo barrenaba la otra cuarta parte de sección como excavación abierta, se dejó un desfase de tres tronadas entre las dos secciones para que se pudieran atacar después al mismo tiempo (fig. 18) se estableció un ciclo en los tres túneles, mientras que en uno se barrenaba en otro se cargaba para tronar y en el tercero se rezagaba, para evitar el polvo de la barrenación se aplicaba agua.

Las plantillas utilizadas fueron (fig. 19)

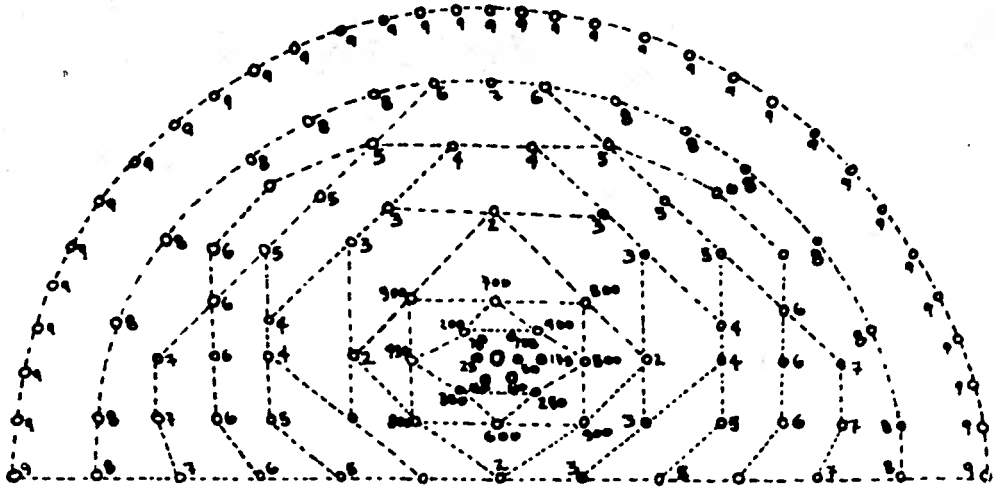


FIG.19. PLANTILLA UTILIZADA AL INICIO DE LA EXCAVACION

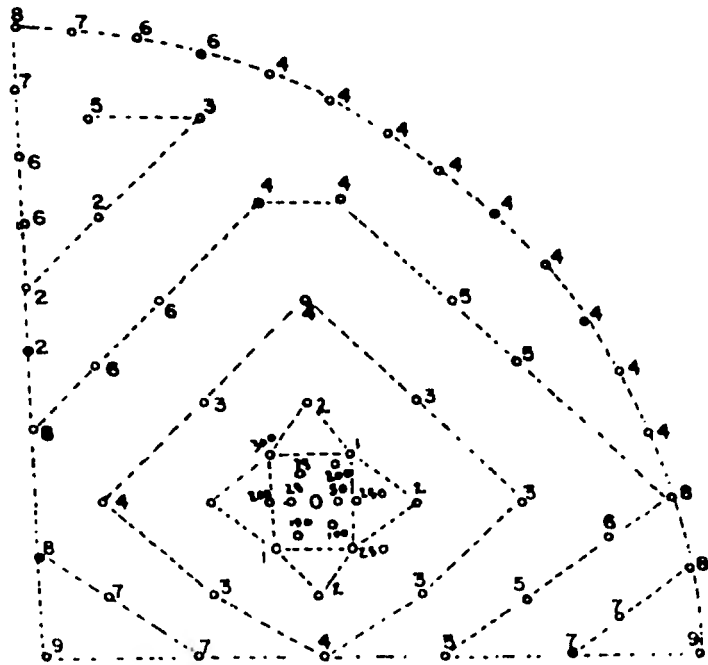


FIG.19 PLANTILLA UTILIZADA COMO CUÑA

Cálculo de la carga.

$$V = \frac{0.785 \phi^2 S}{10 \text{ Kg/cm}} ;$$

$$V = \frac{0.785 \times 4.76^2 \times 1.29}{10 \times 0.6} = 1.96$$

$$\phi = 1 \text{ } 7/8''$$

$$V_p = 0.8 \times 1.96 = 1.56 \text{ m}$$

$$S = 1.29 \text{ (gelatina 40\%)}$$

$$\text{Kg/cm} = 0.60$$

$$E = 1.20 \times 1.56 = 1.87$$

En las excavaciones existen factores que influyen - en el avance, principalmente en las excavaciones subterráneas, generalmente el avance que se dinamita no reditúa el 100%, en la excavación de los túneles se presentaba un avance de 80% - de la barrenación, por lo que se tomaron medidas que lograran un avance mayor, inicialmente se hizo una supervisión mas rigurosa para detectar los factores que intervenían en la reducción del avance; lo primero que se hizo fue ver que la barrenación fuera total, así como su distribución indicada en la - plantilla, un vez que se había barrenado se procedió a sople- -tear todos los barrenos antes de cargarlos, así se limpiaban y se aseguraban que no quedarán obstruidos por los restos de la barrenación.

Se vio que el cargado o dinamitado fuera el indica- -do, cuidando principalmente el retacado el cual se hacía con-

cartón mojado, obteniendo como resultado un avance promedio - de 2.90 m.

Las instalaciones eléctricas que se hicieron fueron colocar alumbrado a lo largo de los tuneles consistente en -- focos a cada cuatro metros y alumbrado en el frente para tener visibilidad, se usaban lamparas de cuarzo de 240 volts.

Los rendimientos de las perforadoras eran:

D-93; 12 min./barreno de 3 m. y 17/8" \emptyset

PR-123; 7 min./barreno de 3 m. y 17/8" \emptyset

PR- 123; 12 min./barreno quemado y 3" \emptyset

El dinamitado consistia; para la preparación de cada barreno, se hacia un cebado de tres bombillos de gelatina - con un estoplín de retardo o ms.

Para el precorte se preparaban chorizo consistentes en tubos de polietileno con cartuchos de duramex cada veinte- cm. con separadores de carrizo o varas como se indica en la - fig. 20. los cuales se colocaban en el perimetro.

En la rezaga se utilizaron cargadores de orugas de- descarga frontal y lateral, de acarreo se utilizaron camiones de motor diesel de 6 m³, fue una flotilla de doce camiones.

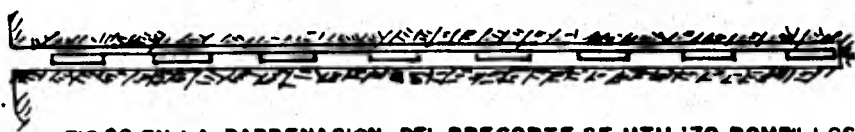


FIG.20. EN LA BARRENACION DEL PRECORTE SE UTILIZO BOMBILLOS CADA 20 cm. CON SEPARADOS DE CARRISO O VARAS.

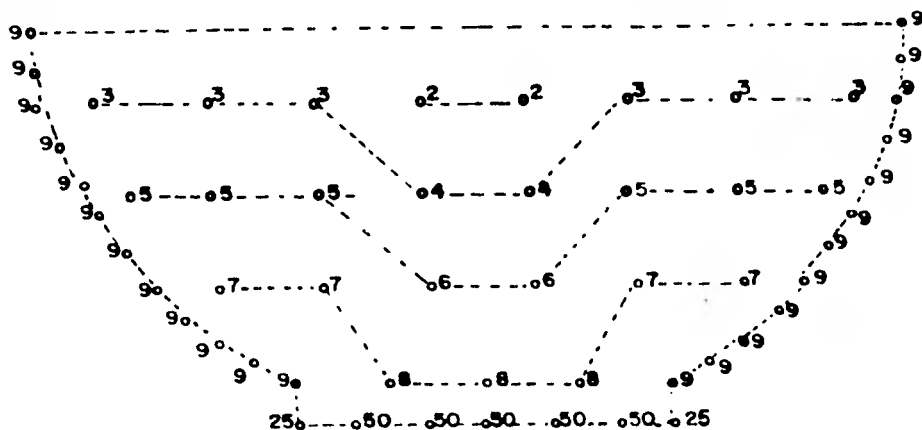


FIG.21 PLANTILLA UTILIZADA EN EL BANQUEO

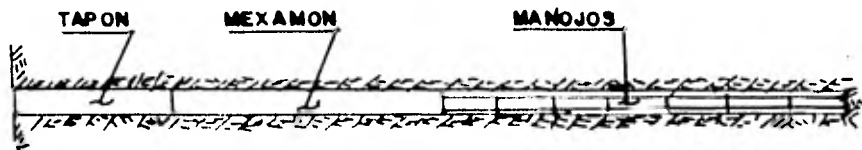


FIG.22 LOS BARRENOS ERAN CARGADOS CON SIETE MANOJOS DE TRES BOMBILLOS, MEXAMON Y UN TAPON DE CARTON

La excavación de la parte superior se efectuó de la estación 247 a la estación 1,050, donde se produjo el caído, debido a esto y los problemas de la ventilación se procedió a iniciar la excavación inferior, esta se barrenaba completa y se utilizó la sig. plantilla. (fig. 21)

En la excavación de la media sección inferior también se utilizaron los jumbos, los dos al mismo tiempo, también se utilizó agua para evitar el polvo producto de barrenación, la cual era sacada con ayuda de un becerro neumático en una pipa, se utilizó barras de tres metros de largo y broca de $1\frac{7}{8}$ " \emptyset , con avance de 2.90 m

Los rendimientos fueron:

Barrenación	3 hrs.	30'
Carga	2 hrs.	45'
Rezaga	3 hrs.	17'

También se realizó un ciclo, las tres actividades, una en cada túnel, y los tiempos muertos eran empleados por los cargadores para preparar el cebado y los chorizos del pre corte, el volumen teórico de la excavación fue de 300 m^3 como con la longitud del avance esta se incrementaba, de acuerdo con la longitud de tránsito, y el tiempo, se optó por construir unos túneles que comunicaban a los tres túneles en la

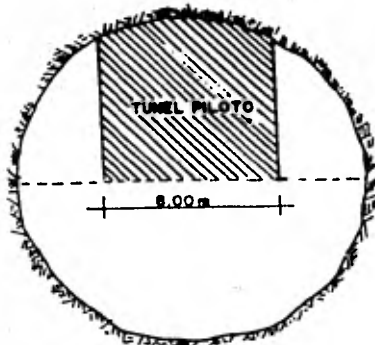


FIG. 23 TUNEL PILOTO QUE PERMITIO LA VENTILACION DE LOS TUNELES SE INCREMENTARA

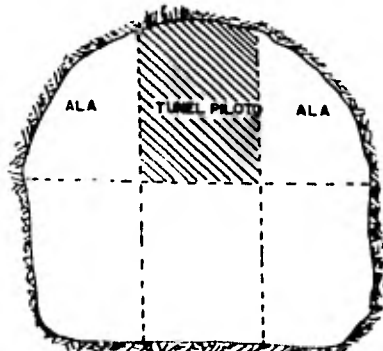


FIG. 24. DIVISION DEL FRENT DE ATAQUE EN LA ZONA DE TRANSICION

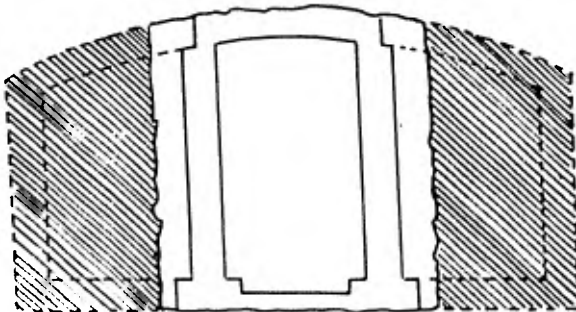
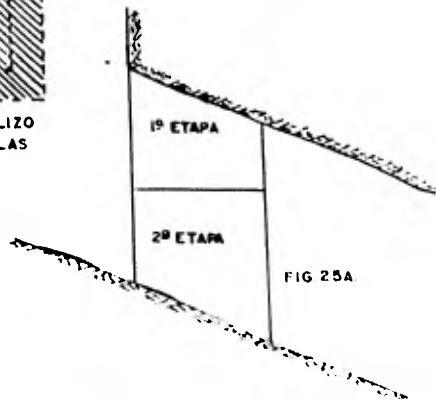


FIG. 25. LA EXCAVACION EN LA ZONA DEL PORTAL SE REALIZO EN DOS ETAPAS UNA VEZ QUE SE CONSTRUYERON LAS PILAS INTERMEDIAS



estación 960.

Los problemas de ventilación se incrementaban según se avanzaba en la excavación, aumentándose los tiempos muertos después de cada tronada o tiempos de espera para rezagar, se tomaron medidas como, regar la rezaga inmediatamente después de cada tronada evitando el polvo y disminuyendo los gases, también se iniciaron a la salida de los tuneles; la excavación de un túnel piloto para cada túnel, para ayudar a la ventilación, se utilizó un yumbo el cual era alimentado con dos compresores móviles, de motor diesel de un sexto de sección como indica la figura (23).

EXCAVACION DE LA ZONA DE TRANSICION.

Esta zona estaba sobre una pendiente de 25°, para lo cual se uso un tractor con un yumbo con cuatro perforadoras, la sección se dividió en seis partes (fig. 24).

Se utilizó barras de tres metros y broca de 17/8" Ø. Una vez que terminaba la barrenación se iniciaba la carga para la cual se empleaban escaleras y el tracto-yumbo para alcanzar los barrenos y cargarlos, una vez que se cargaban los barrenos se tronaba y la rezaga era bajada con dos tractores, uno con la cuchilla al revés, hasta el túnel crucero de donde se rezagaba, con traxcavo y camiones de motor diesel.

En la excavación inferior la parte central se realizó con track-drill con broca de 2 1/4"Ø, con barrenación de 2 x 2.5 m, utilizando el mismo sistema que en la zona de estructuras. El resto se hizo con el tracto-yumbo, dejándose solo las alas a la entrada de los tuneles en la sección portal, esta se realizó en dos etapas (fig. 25).

La excavación en esta zona se realizó con equipo de pistolas de pierna y tubería dalmín para construir unas torres, desde donde se barrenaba, el sistema que se empleó no fue el de excavación de bordo libre, sino que se utilizó una cuña en la parte inferior del frente, dándole salida a la voladura hacia el frente y no hacia los lados, esto se hizo con el fin de no dañar las pilas, las cuales se recubrieron con tablones y un colchón intermedio de arena, para el cargado de los barrenos se utilizaban escaleras; para la rezaga en la primera etapa se rezagó hacia aguas arriba, con tres camiones de 6.00 m³ de capacidad, que eran cargados con un traxcavo.

La segunda etapa se barreno con track-drill, barrenación vertical de 2.5"Ø con salida a la voladura hacia aguas abajo. En esta etapa el rezagado se hizo hacia abajo, acarreando la rezaga a lo largo de la transición hasta el túnel-crucero de donde se acarreo. Se utilizaron dos tractores uno con la cuchilla al revés. Mientras se suspendían, los trabajos de revestimiento durante el rezagado.

Plantilla de personal de la zona de transición

<i>Categoría</i>	<i>1ero.</i>	<i>2do.</i>	<i>3ero.</i>
<i>Jefe de turno</i>	1	1	1
<i>Operador de yumbo</i>	2	2	2
<i>Ayudante</i>	2	2	2
<i>Jefe de cargadores</i>	1	1	1
<i>Cargadores</i>	2	2	2
<i>Ayudantes</i>	2	2	2
<i>Op. de tractor</i>	2	2	2
			<i>Total 36</i>

*Para los demás trabajos se utilizarón el personal -
de la sección circular.*

Plantilla de personal de la sección circular.

Categoría	1ero.	2do.	3ero.
Sobrestante	1	1	1
Encargado	1	1	1
Jefe de turno	1	1	1
Perforo de yumbo	4	4	4
Op. de yumbo	2	2	2
Ayudantes	2	2	2
Perforo de pierna	1	1	1
Ayudante	1	1	1
Tubero	1	1	1
Ayudante	2	2	2
Eléctricista de línea	1	1	1
Ayudante	1	1	1
Jefe de cargadores	1	1	1
Cargadores	3	3	3
Ayudantes	3	3	3
Op. de yumbo	1	1	1
Flotilleros	1	1	1
Choferes	14	14	14
Op. de traxcavo	2	2	2
Bordero	1	1	1
Regador	1	1	1
Llantero	1	1	1
Ayudante	1	1	1
Mecánico de gas	1	1	1
Ayudante	1	1	1
Mecánico diesel	1	1	1
Ayudante	1	1	1
Soldador	1	1	1
Ayudante	1	1	1
Bodeguero	1	1	1
Maniobrista	1	1	1
Ayudante	1	1	1

Total. 168 personas.

CAPITULO IV

REVESTIMIENTO

IV. REVESTIMIENTO

IV.a INTRODUCCION

La mayoría de las obras hidráulicas son revestidas para lograr que su vida útil sea mayor, logrando con ello un mayor aprovechamiento de las mismas. En este tipo de procedimiento los conceptos que intervienen son cimbra, acero de refuerzo y concreto, cada uno de ellos involucra un gran número de actividades.

Cimbras. Existe una gran variedad en lo que a ellas se refieren, para hacer una clasificación se puede considerar por el tipo de material que se compone, los cuales pueden ser de madera o metálicas; otra clasificación que puede hacerse es por su funcionalidad, por el tipo de fabricación, etc.

En la etapa de revestimiento el concepto que requiere mayor erogación es el referente a las cimbras, tanto por la mano de obra como por el material utilizado, el cual no tiene valor de rescate. Por lo que se requiere diseñar cimbras que resulten económicas, algunos factores que intervienen en su diseño y su vida útil son.

- a) Determinar el número de veces utilizada, para hacer una cuantificación y escoger el material más económico.

- b) Determinar el tipo de acabado que se requiere, para determinar el tipo de madera.
- c) Construir módulos que sean fácil de maniobrar
- d) Reducir el número de formas irregulares y hacerlas de tamaño uniforme.
- e) Determinar la rigidez para que las formas conserven sin - deformarse.
- f) Darles mantenimiento (limpieza y aceitado), etc.

Para esta etapa de revestimiento, la obra tuvo como norma las especificaciones técnicas de la sección tercera en sus once capítulos del contrato de obra civil. En los cuales se indican, lo siguiente:

Cap. I. Reglamentación general, se definen las funciones y responsabilidades que tendrá la compañía constructora, encargada de la fabricación del concreto en el proyecto.

Cap. II. Materiales para concreto, trata de las normas de calidad, procesamiento y utilización, aplicables a los diferentes materiales que intervienen en la elaboración del - concreto.

Cap. III. Características y requisitos de los concretos. Expone los requisitos que deberán satisfacer los concretos que se emplearán.

Cap. IV. Producción y control del concreto. Define las características generales que deberán poseer el equipo -- que el contratista proponga a la comisión para dosificar y -- mezclar el concreto y se establecen las medidas de control -- que deben implantarse durante la producción.

Cap. V. Transporte y colocación del concreto. En este capítulo se describe todos los aspectos relacionados con el transporte del concreto desde la planta de dosificar y mezclado hasta el sitio de colado y su colocación dentro de las cimbras.

Cap. VI. Cimbras. En este capítulo se describen -- las características que deberán poseer las cimbras.

Cap. VII. Acabados y tolerancias. En este capítulo se describen los requisitos así como tolerancias que se les da rán a las diferentes zonas de la estructura.

Cap. VIII. Curado, protección e impermeabilización. Este capítulo define los diferentes tipos de curado que se -- utilizaran, así como la protección que requiere este tipo de obra.

Cap. IX. Tratamiento de juntas. En este capítulo -- se expone los requisitos que se requiere para cada colado y --

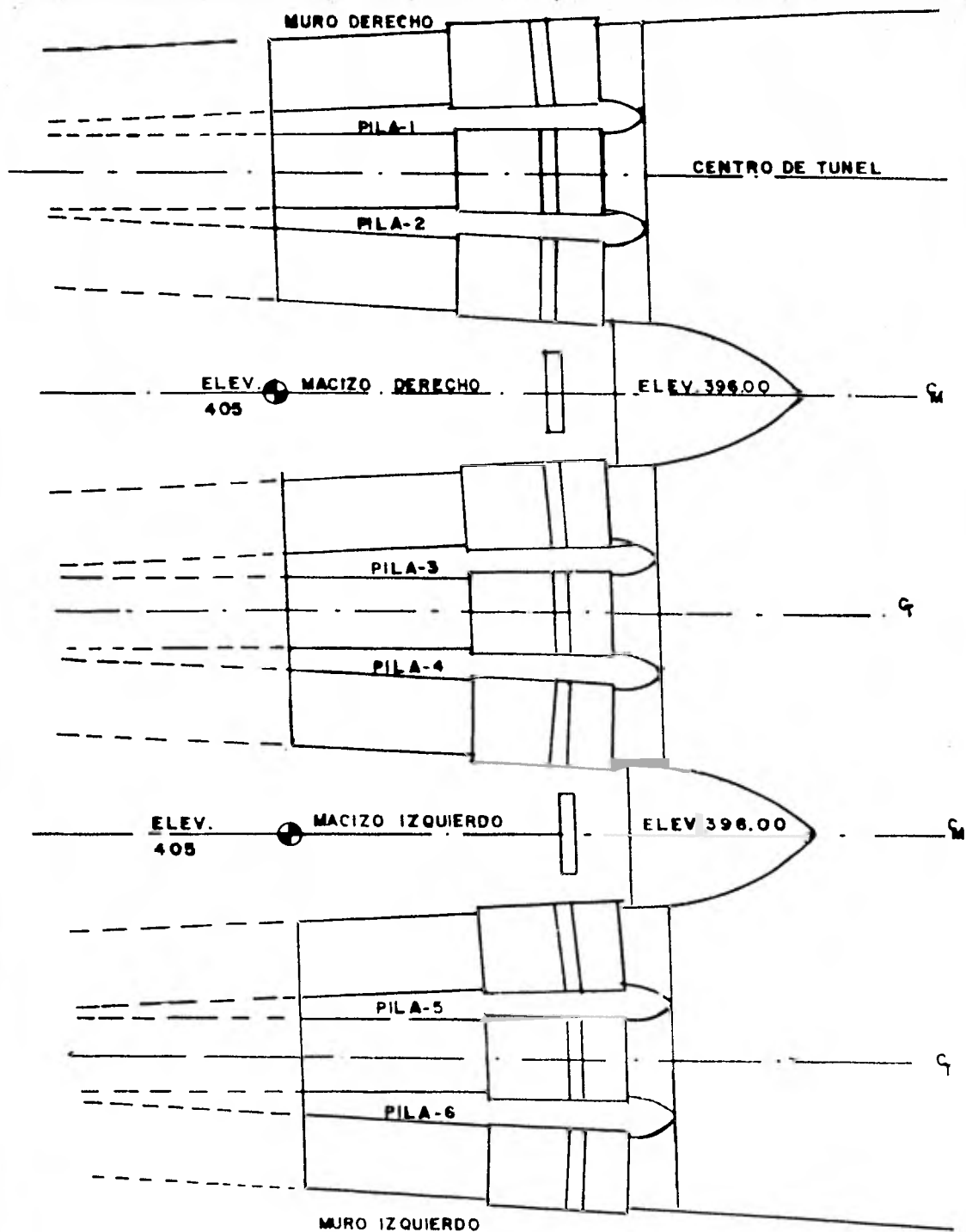


FIG. 26. PLANTA DE LA ZONA DE ESTRUCTURA

el inicio de otro.

Cap. X. Reparación del concreto. Aquí se define - los requerimientos necesarios para la reparación del concreto causado por diferentes acciones como son; mal compactación, - fracturado, por otros defectos, etc.

Cap. XI. Acero de refuerzo. En este capítulo se cu bren todos los requisitos que deben de cumplir todo el acero- de refuerzo, incluyendo manejo, almacenamiento, corte, dobla- do y colocación tanto de las barras de refuerzo como de las - mallas de alambre soldadas.

Procedimiento seguido en el revestimiento

En esta etapa se dividió la estructura en tres zonas las cuales son;

Zona de estructura

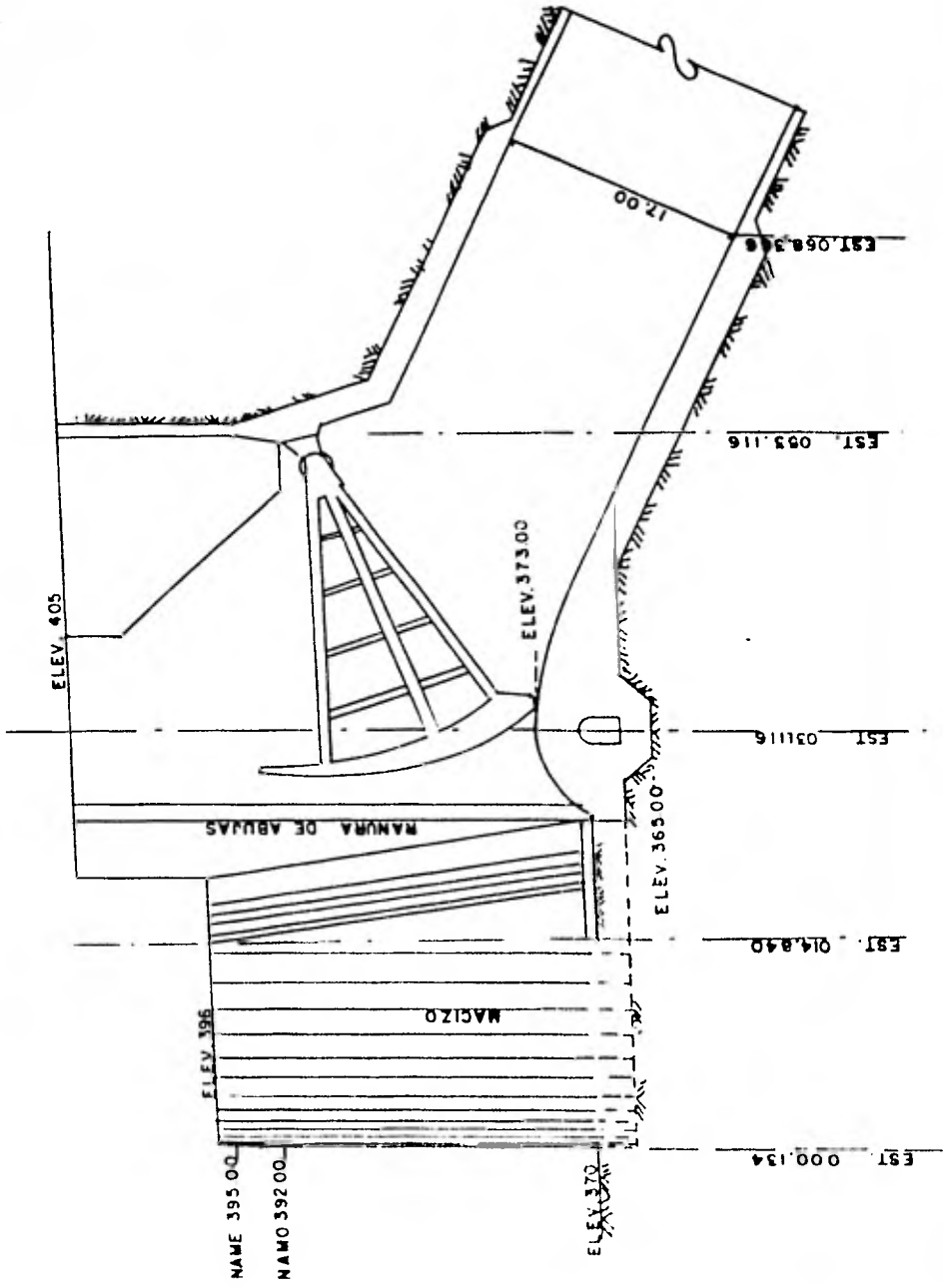
Sección de transición

Sección circular

REVESTIMIENTO DE LA ZONA DE ESTRUCTURA

En esta zona fue donde inicialmente se empezaron los trabajos (fig. 26).

FIG. 27 CORTE EN EL EJE DEL TUNEL



El tipo de cimbra que se utilizó fue cimbra industrial, la cual consistía en marcos metálicos de 2" de ancho (ángulo) y de 1/8" de espesor forradas de triplay de 5/8" de espesor, de diferentes medidas;

60 x 240 cm.	45 x 240	30 x 240	20 x 240
60 x 180	45 x 180	30 x 180	20 x 180
60 x 150	45 x 150	30 x 150	20 x 150
60 x 120	45 x 120	30 x 120	20 x 120
60 x 90	45 x 90	30 x 90	20 x 90
60 x 60	45 x 60	30 x 60	20 x 60

Estas cimbras fueron fabricadas para poder ser ensambladas con tornillos y formar un módulo igual al que se utiliza (fig. 28)

Revestimiento en los muros.

Para los muros se armaron cimbras de 9.6 x 2.70 m. - de los cuales se utilizaban 25 cm. de traslape dejando una altura efectiva de 2.45 m la cimbra trabajaba a cantiliber, la maniobra para levantarla era ejecutada con una grúa de orugas con un alcance de 26 m, como la altura de la estructura era de 35 m. se ejecutó en dos etapas una por abajo, de la cota 370.00 m hasta la cota 396.00 m. y la segunda etapa por la parte de arriba de la cota 405.00 m.

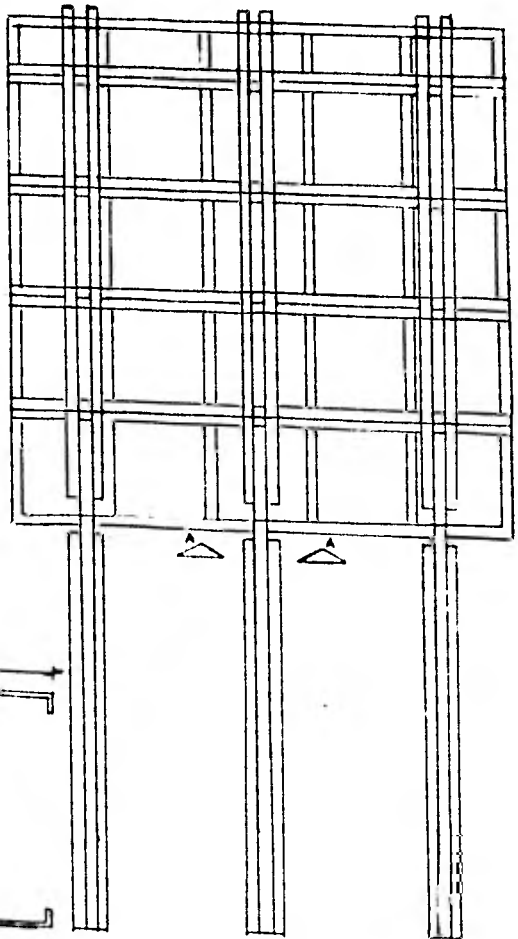
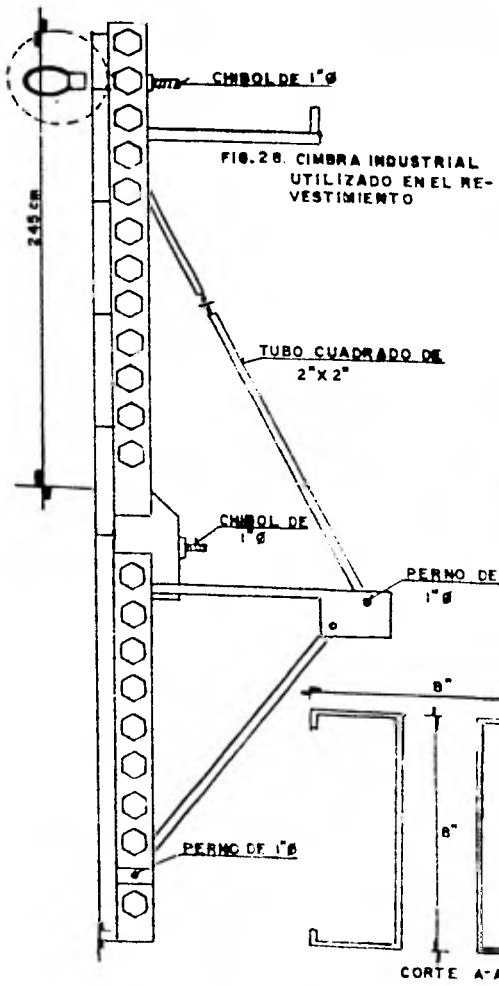
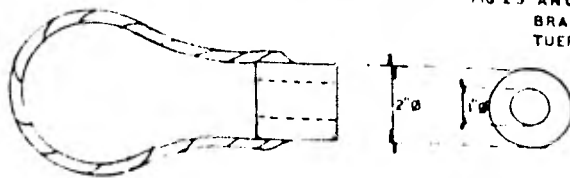


FIG 29 ANCLAJE PARA LA CIMBRA POR MEDIO DE UNA TUERCA Y UNA VARILLA



La cimbra era anclada con tornillos de 1" ϕ y 30" de largo, con una separación de 60 cm. El peso aproximado de la cimbra es de 150 Kg/m².

Las juntas frías se ejecutaron cada 40.00 m. utilizando todas las juntas de dilatación como juntas frías en sentido longitudinal y a cada 2.45 m. en sentido vertical.

Con la altura de los colados hubo problemas de maniobra por lo que los módulos de la cimbra se redujeron, inicialmente se habían construido de 9.60 m. y se redujeron a 2.40 m.

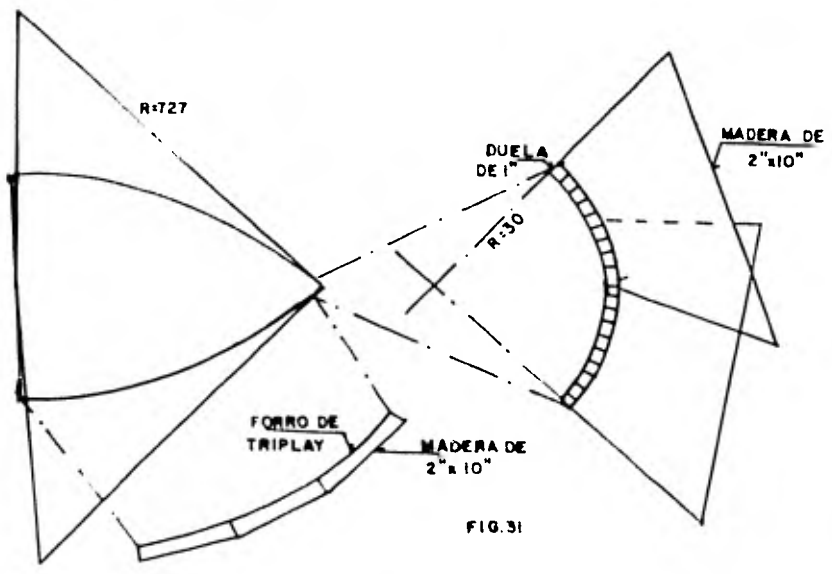
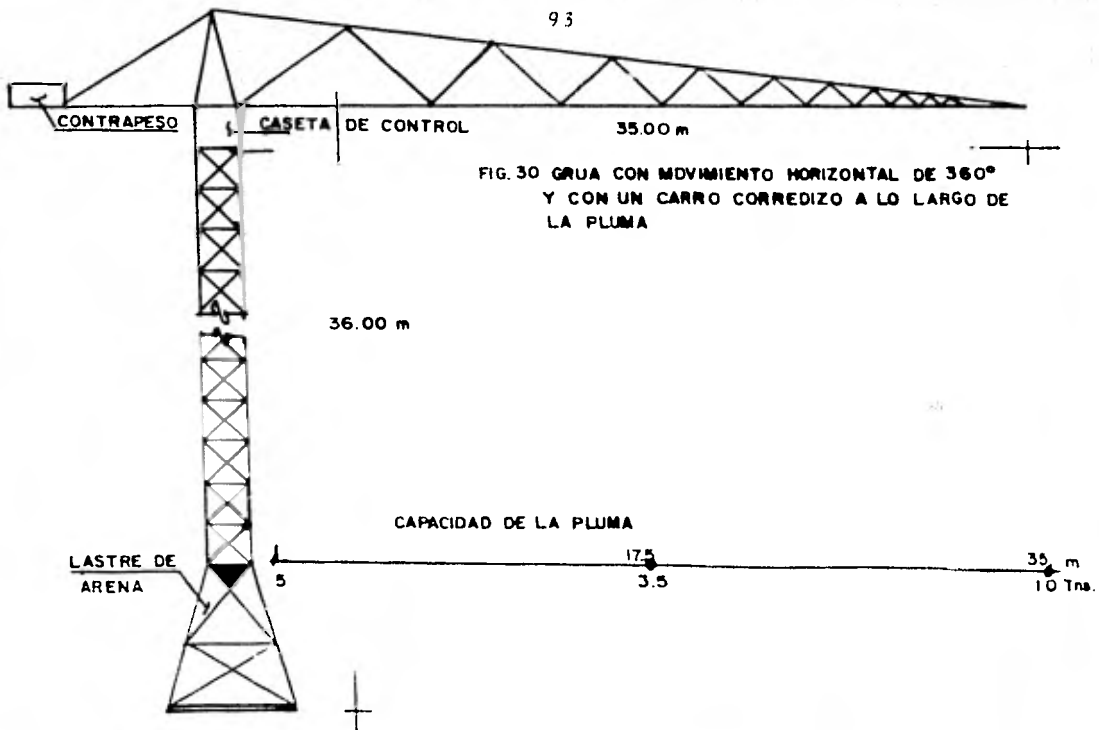
Para el anclaje se dejaba una preparación que consistía en una tuerca de 1" ϕ de diámetro interior, con una varilla de 1/2" ϕ (Fig. 29).

Para la maniobra de la cimbra se utilizó también una grúa estacionaria y una grúa neumática de 20 tn. de capacidad.

La grúa estacionaria tenía un alcance de 35 m. de diámetro con una altura de 40 m. y una capacidad de carga en el extremo de 1 tn. (fig. 30).

Revestimiento de pilas.

En esta zona fue empleada cimbra industrial en la --



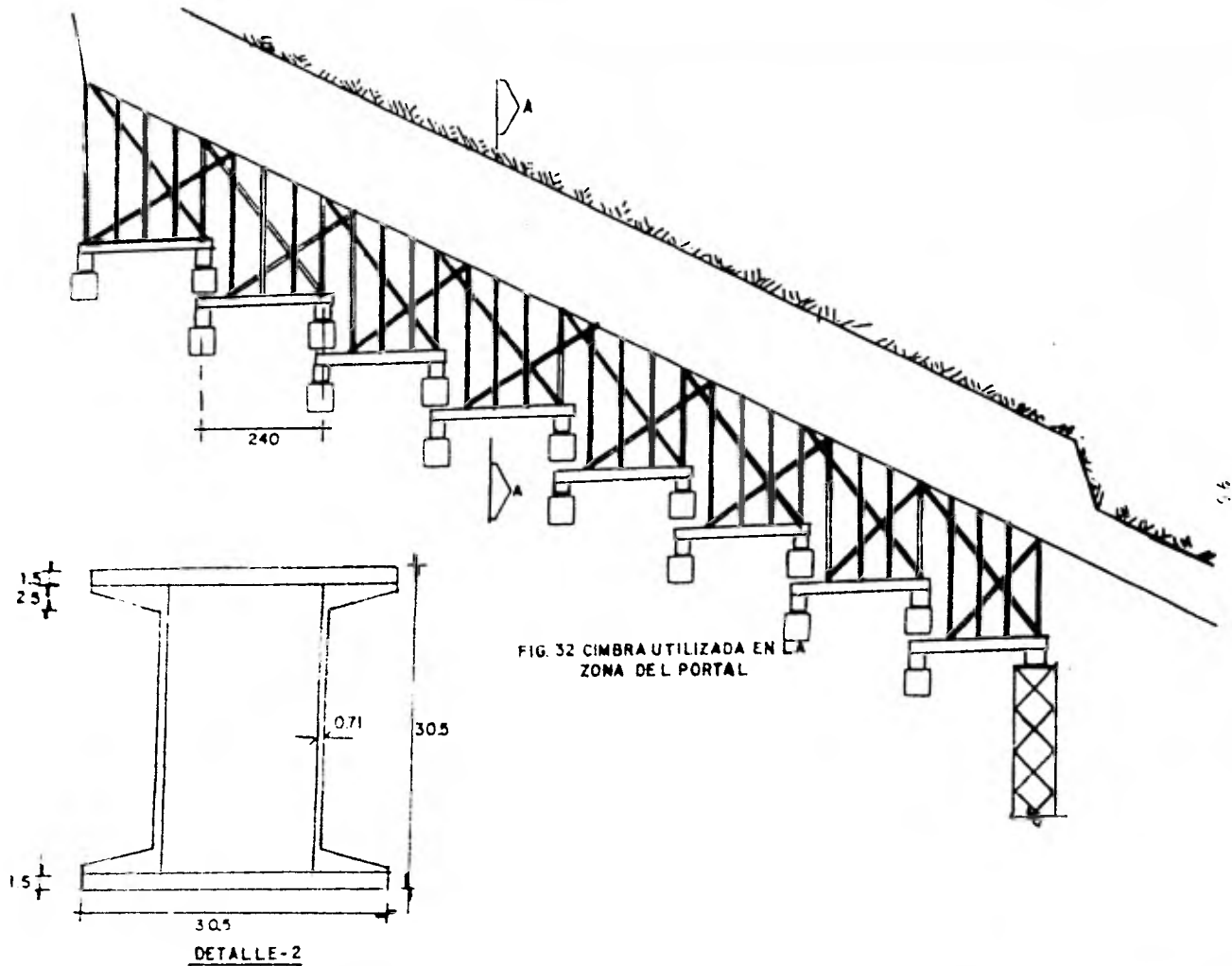
parte vertical y en la zona del tajamar se construyeron cimbras especiales para cada colado debido a que la sección cambiaba con la altura, esta se desplantaban en la cota 370.00 m y terminaban en la cota 396.00 m. La parte recta terminaba en la cota 405.00 m por lo que se atacó en dos partes, como en los muros. La cimbra utilizada en los tajamares se construyó de madera y triplay de forro, (fig. 31).

Revestimiento en los macisos.

Aquí se utilizó el mismo sistema de los muros y pilas, debido a que estos tenían un radio de 28.36 m se empleó cimbra industrial de 90 cm. la cual satisfizo el radio, en la zona del tajamar el cual tenía un radio de 1.75 m, se utilizó una cimbra metálica, la parte recta se utilizó el sistema empleado en pilas y muros.

Revestimiento en las bóvedas.

Esta zona que comprendía de la est. 054.30 a la est. 075.50 se utilizaron dos sistemas. El primero consistía en una obra falsa de madera y cimbra de madera. La altura existente era de 18.76 m. en esta zona la plantilla se encontraba con una pendiente de 25° , como la altura era grande se pensó en una obra falsa por medio de vigas metálicas de sección compuesta (fig. 32) las cuales se colocaron a una altura de - -



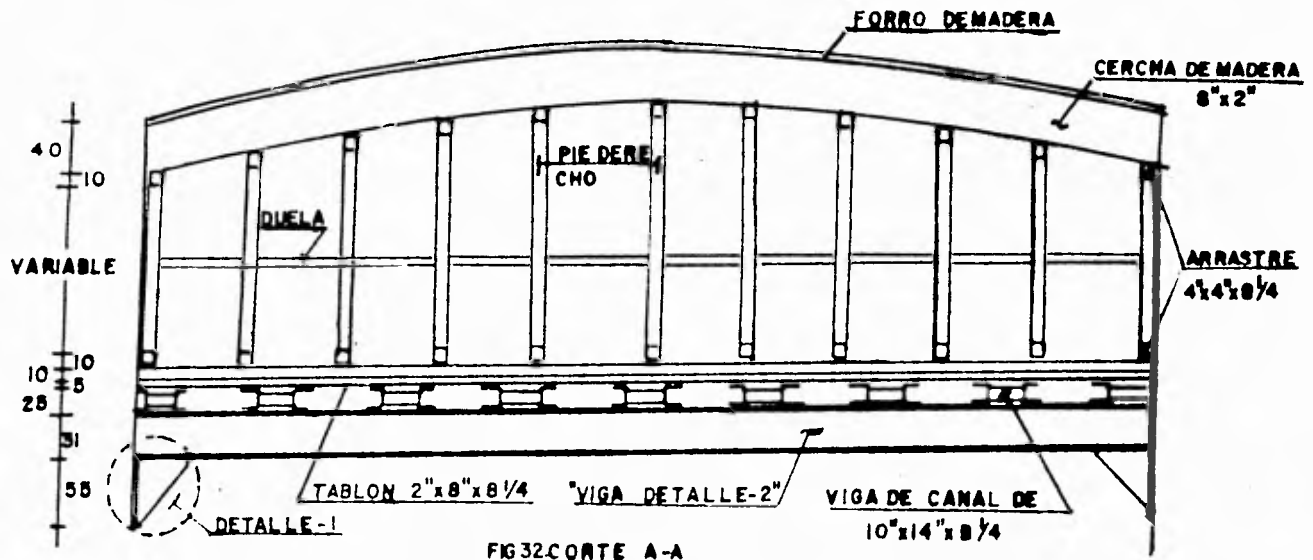


FIG 32 CORTE A-A

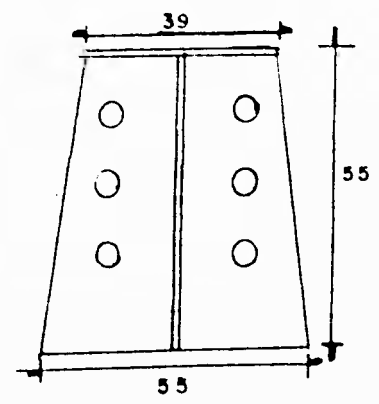
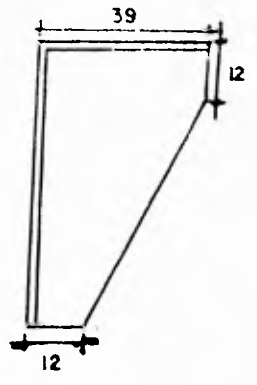


FIG 33 DETALLE-1



DETALLE-1

15.30 m del piso, estas se colocaron apoyadas sobre unas mensulas las cuales se anclaron en el concreto por medio de tornillos de 1 1/4"Ø, seis en total (fig. 33).

Las vigas se colocaron para formar plataformas de -- 2.40 m. de ancho en escalón (fig. 32).

El segundo sistema consistió en utilizar cimbra industrial reforzada la cual se hacia trabajar en cantiliver, con juntas longitudinales cada 2.40 m. y de un metro el espesor del colado, dejándose la preparación por medio de una tuerca de 1 1/4"Ø, la cual servía de anclaje en el colado siguiente, una vez que se terminaba de colar toda la longitud de la bóveda se procedía a rellenar la parte superior de la sección en una fase, este sistema se empleo debido principalmente a que resultaba más económico que el anterior el cual empleaba mucha madera.

El sistema consistía en utilizar cimbra industrial de 2.40 x 0.60, la cual se unía con tornillos o con candados, con un peso promedio de 140 Kg. la maniobra era realizada por medio de gente o con malacates.

Los colados eran a cada 2.40 m. se utilizaba madera de desperdicio principalmente para los tapones de las juntas frías, el tiempo promedio de cada bóveda erade dos meses, con

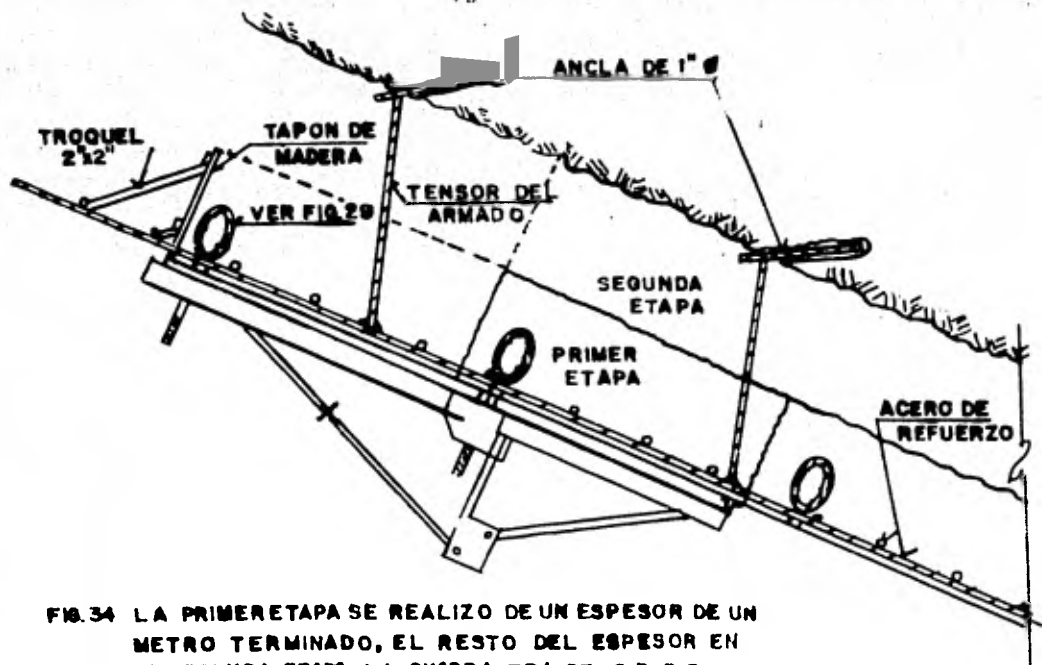
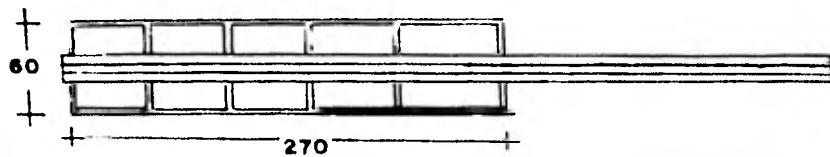


FIG. 34 LA PRIMERA ETAPA SE REALIZO DE UN ESPESOR DE UN METRO TERMINADO, EL RESTO DEL ESPESOR EN LA SEGUNDA ETAPA, LA CIMBRA ERA DE 0.6x2.7m



cualquier de los dos sistemas.

El sistema se empleó en cinco de nueve bóvedas (fig. 34).

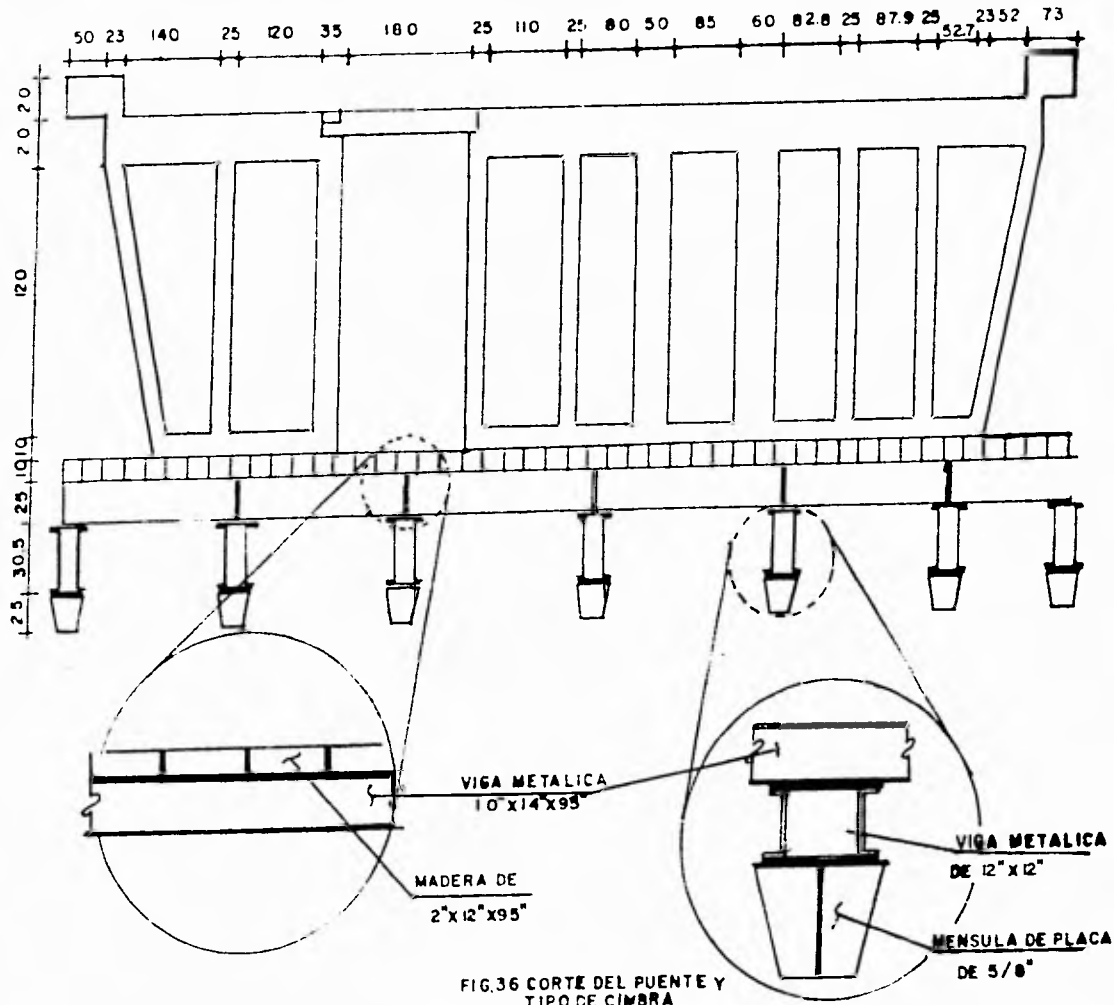
Arranque de un colado.

Existen varios métodos o formas de hacer un arranque veremos dos formas comunes de estos.

El primero consiste en dejar una preparación para el colado siguiente se hacen los tapones del colado solo cuando lo requiere este y se hace un pequeño artificio el cual es -- costoso y resultaría mas económico no realizarlo (fig. 35) en la construcción existen varios problemas según se va desarrollando el trabajo, la labor de uno es ver si este es bueno y económico, en caso de que el sistema empleado no resulte bueno hay que ver otros comparandolos y obteniendo resultados, -- hay ocasiones en que no se distinguen los errores y se toman decisiones chuscas y demasiadas complicadas, resultando que -- las soluciones son las más simples y comunes.

Cimbrado en zona de puentes

Esta zona se encontraba a una altura de 33.50 m. por lo cual se optó por construir una obra falsa por medio de vi-



guetas en forma similar al método empleado en la zona de bóvedas (fig. 36).

Procedimiento de colocación de concreto

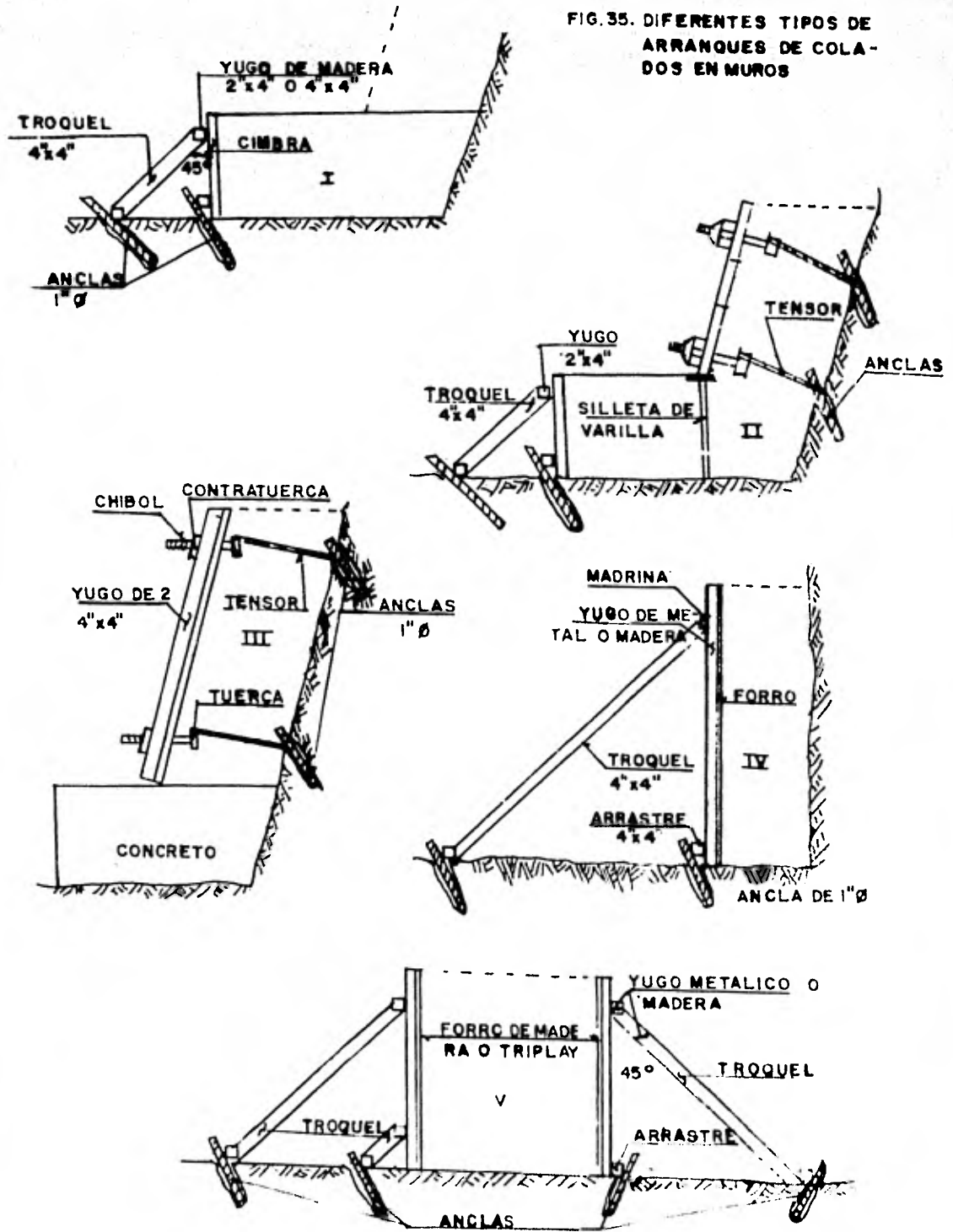
Para un determinado procedimiento en la colocación de concreto, existen varios factores que determinan dicho sistema, como son altura, espesor del colado, tipo de cimbra, topografía, rendimiento de la planta dosificadora, equipo de acarreo, equipo de colocación, equipo de compactación, tipo de acabado, etc.

El procedimiento que se siguió en la zona de estructuras fue variado según el sitio.

Sistema de colocación en la zona de muros

El desplante de muros se hizo a tiro directo, consistiendo en vaciar directamente del equipo de acarreo a la zona de colado el concreto algunas veces se requiere el auxilio de canalones o trompas de elefante los canalones son medios tambos y son usados para conducir y guiar el concreto, las trompas de elefante consisten en conos y se utilizan para caídas de concreto evitando que este se segregue. La compactación se realizó con vibradores neumáticos de 7000 rpm.

FIG. 35. DIFERENTES TIPOS DE ARRANQUES DE COLADOS EN MUROS



Se continuó con el sistema de bachas, consistente en bote metálico con forma de pirámide rectangular con compuerta en la parte inferior para dar salida al concreto, el sistema de izaje se ejecutó con grúa de diferentes capacidades, grúa neumática con capacidad de 20 tn. y una grúa de orugas con capacidad de 50 tn. Para este tipo de grúa su capacidad esta en función del ángulo de posición de la pluma así como de la longitud de esta.

Otro sistema de colocación que se utilizó fue con -- bomba móvil, que tiene como característica, ser autopropulsable y contar con una pluma de tres extensiones con una longitud promedio de 26 m. la salida de la tubería fue de 6"Ø y en la descarga fue de 5"Ø y con manguera lo que facilitaba la colocación del concreto, siendo esta de gran versatilidad debido a su alcance en distintos niveles y distintas longitudes, así como su rápido tránsito, con este sistema se atacaron los muros desde la plataforma de la 370 hasta la elevación 392, - sin ninguna dificultad, cambiando el sistema de ataque de la elevación 392 a la 405, desde la plantilla 405 utilizando donde se atacó en una segunda etapa empleando los mismos sistemas mencionados.

Los requisitos que se deben satisfacer para la continuación o inicio de otro colado son:

*escarificado del colado anterior
lavado de la zona de colado*

*Contar con la aprobación por parte de residencia de-
que los niveles y las líneas de la cimbru son las especifica-
ciones en planos.*

*La limpieza del fierro, el cual debe estar libre de-
cualquier tipo de materia orgánica como, aceite, grasa, morteo,
etc.*

*Las superficies deberán estar de acuerdo al acabado-
que se requiera.*

*Contar con el equipo necesario, de colocación, com-
pactación, acarreo, dosificación, etc.*

*Estas recomendaciones son algunos de los requisitos-
que se establecen en el contrato, para que el constructor rea-
lice, obligatoriamente.*

Sistema de colocación en macizos

*Los sistemas que se emplearon en esta parte o zona -
fue similar al empleado en los muros con algunas variaciones.*

*En el desplante de este se utilizó los tres sistemas,
tiro directo con el auxilio de canalones en la zona perime-
tral, su forma era una elipse con una profundidad de tres me-*

tros, dieciocho metros de largo y catorce metros de base, en el cual se colocó mil metros cúbicos de concreto, otra parte se colocó por medio de bachas de dos metros cúbicos de capacidad, con el auxilio de una grúa de orugas de 45 tn. de capacidad. Como este fue hueco con paredes o diagragmas de dos metros de espesor en los muros perimetral y los intermedios de un metro, para su colado se utilizaron dos sistemas, el primero consiste en la emplear una bomba por un lado y una grúa de orugas por el otro lado, con una combinación de dos bombas, - una de cada lado, otro sistema consistente en una bomba estacionaria con el auxilio de tubería de aluminio y codos para los cambios, este sistema de una bomba estacionaria por resultar muy laborioso en comparación de las otras dos combinaciones las cuales resultan fáciles sin ningún problema no fue -- muy utilizado.

Sistema de colocación en la zona de pilas

Se puede decir que los sistemas empleados en la colocación de concreto en toda la zona de estructuras fueron similares con algunas variantes por la condición en que se encontraban los colados, se atacó desde la plataforma de la 370 -- por medio de las bombas móviles (con dos simultáneas) desde el desplante (365) hasta la elev. 392, y por la parte de arriba desde la plataforma de la 405 se terminaron los colados -- con el auxilio de una torre en donde se descargaba la bomba, y de-

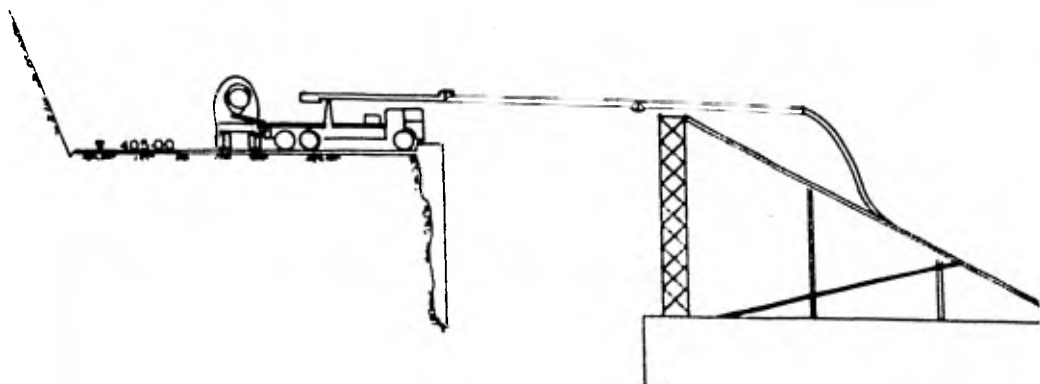


FIG.37 SISTEMA EMPLEADO PARA LA COLOCACION DEL CONCRETO DESDE LA PLATAFORMA DEL NIVEL N+400.00 A LA ZONA DE ESTRUCTURAS

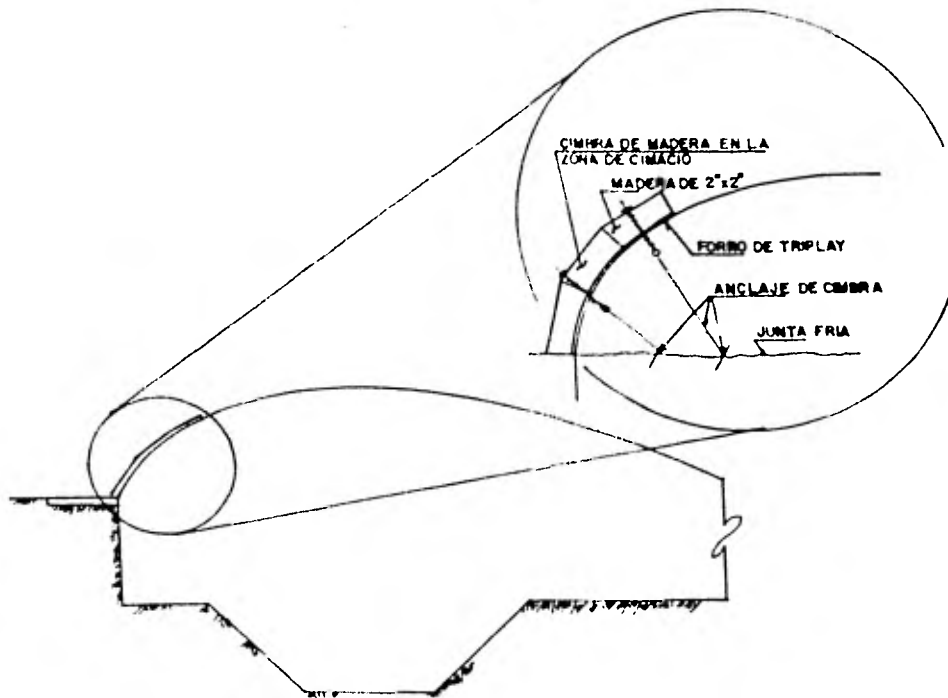


FIG.38 TIPO DE CIMBRA UTILIZA EN LA ZONA DE ESTRUCTURAS

ahí se conducía el concreto por medio de canalones, el empleo de canalones es recomendable utilizarlos con una pendiente de 30°, así permite que el concreto fluya y al mismo tiempo evite la segregación (fig. 37).

Sistema de colocación en la zona de bóvedas

El sistema empleado fue con el auxilio de bomba estacionaria en un 50% y estuvo en función del sistema de cimbras así como el acceso, en las bóvedas donde el cimbrado fue total se utilizó la bomba estacionaria con el auxilio de tubería de aluminio en un 100%, en las bóvedas donde se hizo por parte se utilizó la bomba estacionaria para la parte media inferior y la segunda etapa o el relleno se realizó desde la parte de arriba (405) por medio de la bomba móvil la cual descargaba en una tolva a la entrada de la bóveda, la tolva tenía un codo y la bomba tenía en el extremo una manguera de 5"φ -- con lo cual se evitó la segregación, el concreto fue conducido por medio de canalones a lo largo de la bóveda, el empleo de este sistema fue causado por el cierre de la presa y el llenado del vaso lo cual ocasionó que los accesos fueran cerrados buscando otros sistemas para la colocación del concreto en las tres zonas. El sistema de sellado se realizó con la bomba móvil y el auxilio de mangueras de 5"φ.

Sistema empleado en la zona de cimacios

En esta zona se utilizó la bomba móvil, por encontrarse en la parte de zona húmeda requería que fuera pulida (fig. 38) se colocó una cimbra de madera en la parte de la cresta con una altura de $\frac{3}{4}$ la altura del cimacio, la cual era retirada para que esta zona quedara pulida y desapareciera la burbuja que se forma como resultado de la vibración, se daba un promedio de 45 min. antes de quitar la cimbra, la zona de plantilla era tratada como se mencionó anteriormente.

Segundos y tercer colados

Estos fueron ocasionados por los aditamentos de las compuertas, y son para las guías radiales, las guías verticales, vigas de apoyo, chumaceras, rieles, etc.

La preparación consistió en dejar huecos con anclas para la colocación de los aditamentos, el colado del concreto se realizó con la bomba móvil. Con material de tamaño máximo $\frac{1}{2}$ " y resistencia 350 Kg/cm^2 .

Colocación en la zona de puentes

Este se realizó por medio de la bomba móvil.

REVESTIMIENTO ES LA ZONA DE TRANSICION

En el sistema de ataque de esta zona se procedio a -
dividir la estructura en tres partes: muros, clave, y planti-
lla.

Como se habla mencionado anteriormente la geometria-
de la seccion cambiaba, de la seccion portal paulatinamente a
seccion circular, siendo las secciones perpendiculares a la -
plantilla, la cual estaba a una pendiente de 25° hasta la sec
cion circular donde cambiaba a una pendiente de 0.001.

Los trabajos se iniciaron con la reposición de ro-
ca en la zona de la plantilla, el procedimiento consistia en-
hacer limpieza del sitio a colar, lavando el sitio y sopletean-
dolo, contar con los equipos de fabricación del concreto, - -
acarreo de concreto, colocación, compactación, y sistema de -
colado. En este procedimiento la cimbra utilizada era solo -
un tapón inicial, debido a que eran colados continuos solo --
se requería de un corte al terminar un colado, tratar la junta
fria o de construcción.

Sistema de colado en la zona de muros

Cimbrado de muros; Para el cimbrado se utilizó cim-
bra industrial, mencionada anteriormente, esta cimbra fue más

reforzada debido a que se hizo trabajar en cantiliver con una fuerte presión (fig. 34) las juntas de construcción se realizaron perpendiculares a la plantilla a cada 2.40 mts. el sistema empleado consistía en construir tapones los cuales eran radiales a lo largo del muro, marcada la topografía, las líneas y los niveles, con lo cual se recortaban, colocando el armado posteriormente, esperando solo a que fraguara lo suficiente el concreto para que se recorriera, con esto se tenla-cimbra preparada suficiente para colar, los tableros fueron de 2.40 x 0.60 medidas que permiten dar el radio de la curvatura del muro.

Los tapones radiales eran quitados durante el tiempo de fraguado tratándose la junta de construcción consiste en el escafrificado del concreto viejo, picando la superficie de liga con el concreto nuevo.

Los tableros tienen un peso promedio de 144 Kg. y -- eran desplazados por medio de malacates eléctricos de 4 tn. - de capacidad. Estos tableros eran unidos entre si con tornillos de 3/8" ϕ o con piezas especiales de montaje rápido denominados candados.

Colocación de armado, como se habla mencionado esta zona de los muros era de forma radial por lo que inicialmente se colocaron anclajes de 1" ϕ de las que son colocadas las varillas-

maestras sobre las cuales se va amarrando el armado, el que -
 consiste en dos parrillas, colocando la interior primeramente -
 y esperando a que se cortaran los tapones para colocar la pa-
 rrilla superior. En un principio se usaba una grúa para ha-
 cer el barrenado de las anclas, e iniciar el armado, este sis-
 tema era un poco caro y con el avance resultó inoperante, se-
 empezó a usar estructuras dalmin como obra falsa para anda-
 mio. El barrenado se hacia con pistolas de piso usando ba-
 rras integrales de 7/8"Ø, el habilitado de acero se hacia en
 el sitio.

Cimbra en la zona de clave; En esta zona también -
 se utilizó cimbra industrial, tableros de 2.40 x 0.60, los --
 cuales se trabajaban a cantiliver. Esta zona se encontraba -
 a una altura de la plantilla de 19 m. por lo que fué necesaa-
 rio construir una obra falsa de esta altura para que sirviera-
 de andamio, se utilizó estructura dalmin.

La sección es de tipo radial dandole la curvatura --
 con la cimbra, se hicieron los anclajes con varilla de 1"Ø.

En la zona de la plantilla la cimbra consistió en un
 tapon inicial en forma similar al de la reposición de roca.

Haciendo un corte vertical en donde se dejaba el co-
 lado sirviendo este como junta fría, el corte era de 10 a - -

20 cm. a lo largo del colado, para el nivel del colado se utilizaron tubos de 1 1/2" ϕ sobre los que se apoyaban los albañiles para reglear, así como en el pulido; se utilizaron andamios formados de varilla de 5/8" ϕ y tablones de 2" x 8" x 8 - 1/4" las varillas se colocaban sobre un ancla de 1" ϕ , cuya -- cuerda quedaba ahogada en el concreto con su tuerca que era -- soldada a la parrilla, de esta manera se evitaba el contacto -- del personal con el concreto. La separación de las varillas -- era de 2.00 m en ambas direcciones.

Sistemas de colocación de concreto

Colado en la zona de muros, para la colocación del -- concreto se empleó una bomba estacionaria, con tubería de aluminio, con descarga en la parte superior del muro, bajaba por -- medio de embudos de lámina llamados popularmente trompas de -- elefante, logrando que el concreto no se segregara y llegara -- en perfectas condiciones en el sitio de su colocación. Los -- tiempos de colado eran lentos debido a que la cimbra quedaba -- con grandes presiones.

La presión esta en función de la altura del colado, -- este es un parámetro importante en el diseño de cimbras, cuando la cimbra ha sido comprada como fue el caso, se requiere -- cuantificar los tiempos de colado, determinar la altura máxima para evitar deformaciones en ella o en la estructura, siendo

do costosa su reparación y los tiempos perdidos para su arreglo.

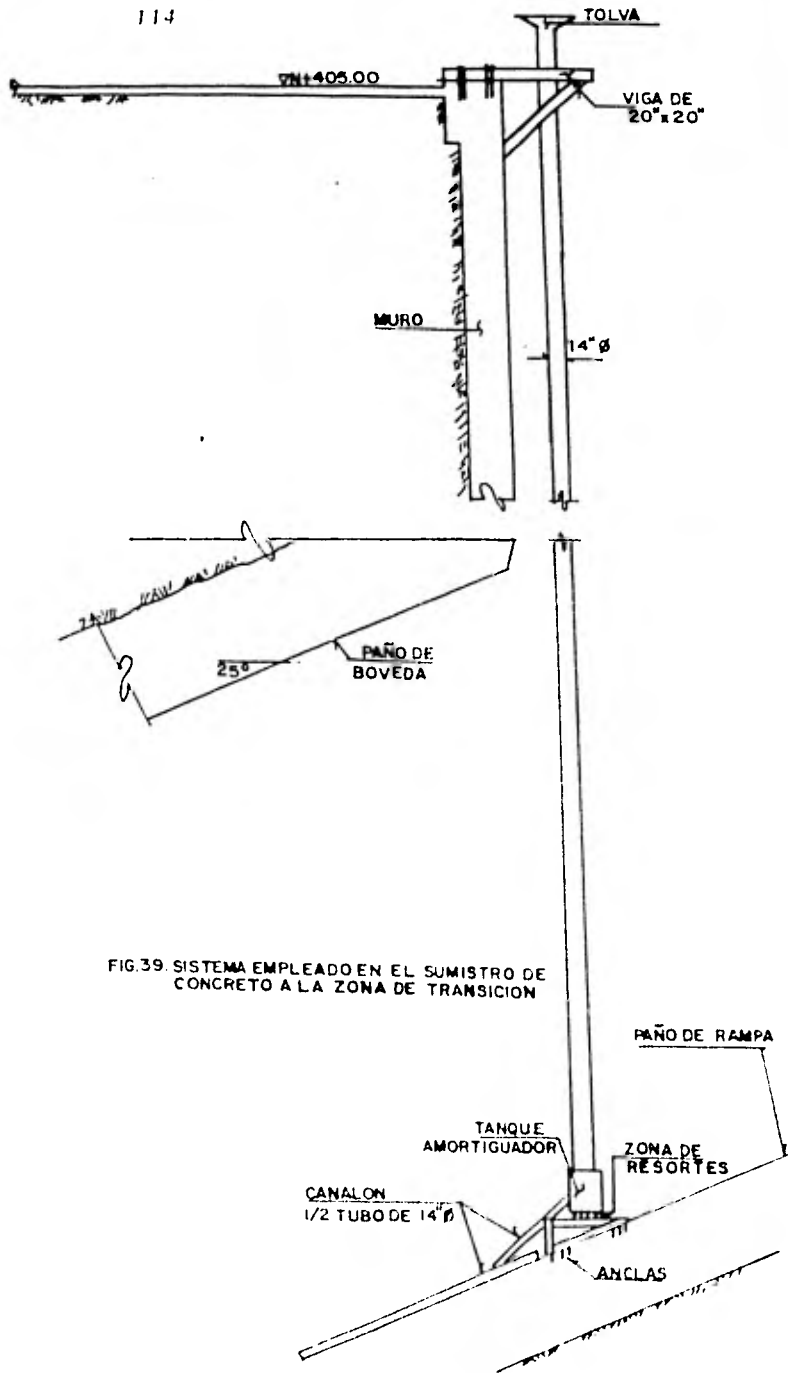
La bomba se instaló en tres zonas convenientes para los colados a lo largo del túnel.

Colado de la bóveda.

En esta zona también se utilizó el sistema empleado en los muros con algunas modificaciones, se empleó la misma bomba empleada en los colados de los muros, la tubería se troqueló a la estructura de dalmín la cual se había colocado para andamio, la tubería se conectaba con abrazaderas de presión, la tubería se guiaba al centro del colado y de ahí se descargaba para ambos lados por medio de un codo de 90°, y con prolongación de tubería unida con abrazaderas rápidas y según -- avanzaba el colado la tubería era desalojada, cada 16 m³, la compactación era realizada por medio de vibradores neumáticos de 2 1/2" ϕ y de 7000 rpm.

Colocación de concreto en la plantilla

Se utilizaron dos sistemas de ataque, el primero con sistente en un ataque de la parte inferior a la superior por medio de bombeo, el que terminó en la parte media de la plantilla, iniciando la segunda parte del ataque por la parte su-



perior por medio de canalones en tiro por gravedad el concreto era vaciado desde la zona de estructuras sobre canalones de medios tambos hasta el sitio del colado y cuando fué preciso cerrar los túneles a causa del llenado del vaso se instaló una calda de concreto de 35 m. consistente en tubería de 14" ϕ , colocando en parte de arriba una tolva para el vaciado, en la parte inferior una instalación consistente en un tanque sobre resortes para que la calda de concreto fuera amortiguada evitando que este sufriera segregación, el tanque contaba con una salida por medio de un tubo que descargaba en los canalones.

Este sistema es más rápido en la colocación de concreto (Figo. 39).

El sistema de colocación consiste, una vez vaciado el concreto este se extiende y se compacta por medio de vibradores neumáticos, una vez que se ha compactado se procede a reglear al concreto para dar una superficie plana esperando a que el concreto inicie el fraguado y este sea afinado por medio de llanas de madera dándole a la superficie una capa de materiales finos que permiten alcanzar una superficie pulida una vez que el concreto está en la etapa final de fraguado -- más o menos de una a dos horas y viendo que no continúe el -- sangrado este se llanea hasta alcanzar una superficie pulida o sea brillante y de textura uniforme y plana. En el pulido-

se utiliza llanas metálicas y en el proceso del regleado se requiere niveles, para lo cual se utilizan tubos de 1 1/2 pulgadas.

REVESTIMIENTO DE LA SECCION CIRCULAR

La geometría de la sección circular fue de 15.00 m. de diámetro interior y de 17.00 m. de diámetro a línea B, excavado en roca maciza (caliza), el revestimiento consistió con concreto simple con resistencia de 350 Kg/cm^2 , y agregado de tamaño máximo de 1 1/2".

Cimbra; el sistema de cimbra empleado consistió en un yumbo metálico provisto de gatos hidráulicos, motores, polipastos, por medio de los cuales éste tenía movimiento propio.

El sistema empleado fue dividir la sección en dos partes, media sección inferior denominada cubeta, y media sección superior denominada, clave.

La longitud del colado era de nueve metros, los cuales se cubrían mediante tres secciones de tres metros cada una, colocando tapones en la sección de junta fría.

La cimbra o yumbo como comunmente se le llama consis

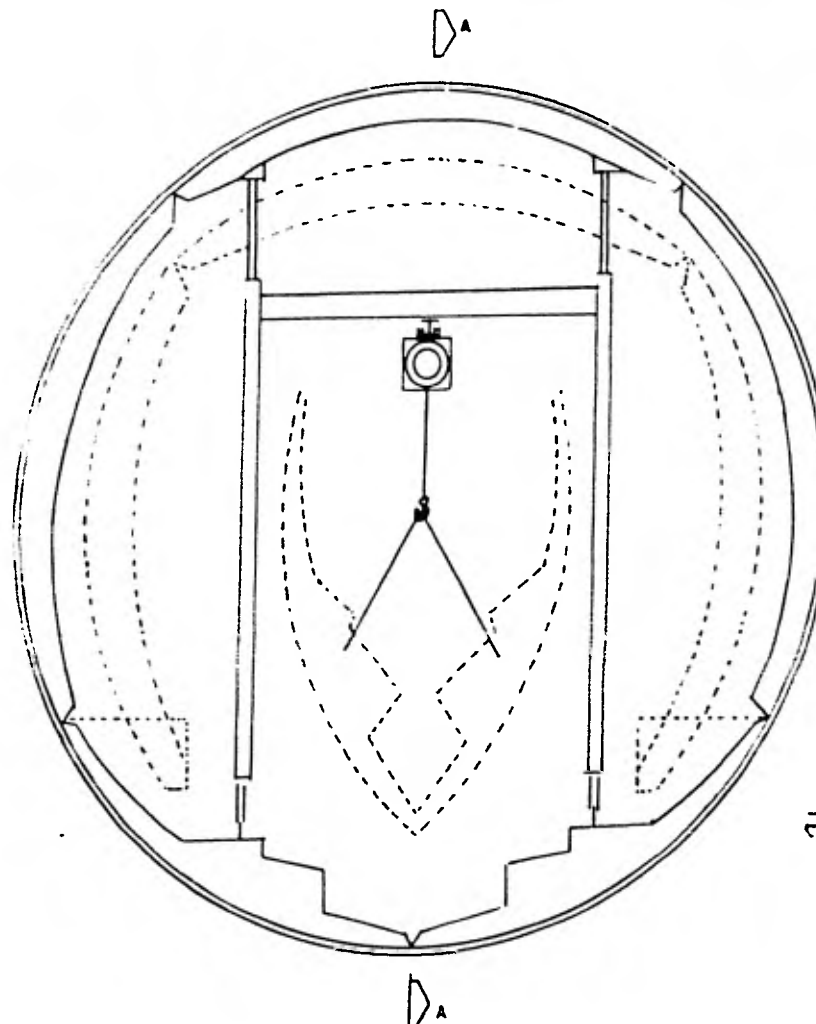
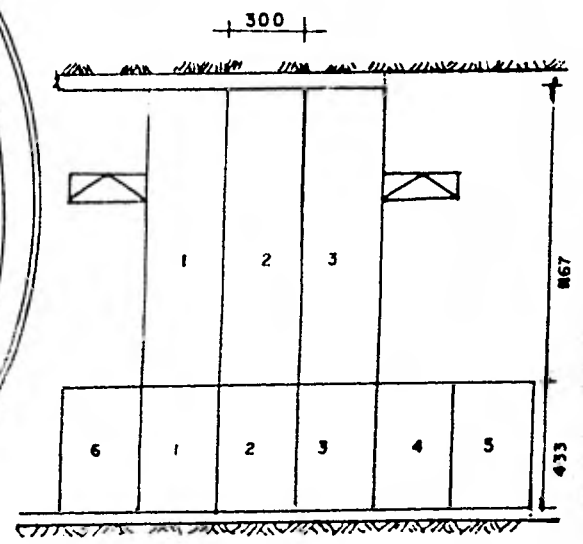


FIG.40. CIMBRA USADA EN LA SECCION CIRCULAR
 ----- POSICION DE CIMBRA EN MOVIMIENTO
 ——— POSICION DE CIMBRA EN EL COLADO



CORTE A-A

tía en una estructura metálica de sección circular, alojado en el centro una estructura cuadrada metálica la que contaba con motores para su movimiento horizontal, esta se transitaba sobre rieles alojados sobre la misma sección de la cubeta, esta sección era transittada por mediode polipastos, con los cuales era levantada y transitada hacia adelante y colocada para el nuevo colado.

Para el movimiento de la clave se contaba con gatos-hidráulicos por medio de estos era retirada la cimbra del colado al mismo tiempo que servíade sosten para su tránsito hacia el nuevo colado, esta cimbra era llevada con la estructura, la cimbra de la cubeta cuenta con cinco módulos de tres metros cada uno y la cimbra de la clave era de tres módulos - (Fig. 40), al colocar la cimbra se hacia por medio de gatos - hidráulicos tanto en horizontal como vertical.

La cimbra cuenta con articulaciones, una en la zona de la cubeta y dos en la zona de la clave.

La cimbra tiene ventanas por medio de las cuales se introduce el concreto y en la sección de la cubeta se colocan unos tubos que servían para sostener la cimbra y para nivelar la, estos son de sección cóncova circulares. Con rosca por me dio de la cual se le da la altura deseada.

Sistema de colocación de concreto

Inicialmente para la colocación se emplean dos bombas móviles con tubería propia con las cuales se coloca el concreto en distintas posiciones a diferentes alturas etc, este método fue empleado tanto en la cubeta como en la clave.

En la cubeta hubo un cambio, debido al gran volumen y por los problemas que existen en las máquinas que son las descomposturas repentinas y por la importancia y las especificaciones en la colocación de concreto, en los cuales las juntas frías no son permitidas porque ocasiona grandes trabajos en su tratamiento. Fue así como se empleó otro tipo de maquinaria, en la zona de la cubeta se cambió una bomba móvil por una banda, de esta manera se hacía el colado quedando otra bomba de reserva por cualquier falla que ocurriera.

En la zona de la clave se sustituyeron las dos bombas móviles por una bomba estacionaria de mayor capacidad, con tubería de aluminio y con un codo en la parte central de la clave para alimentar las dos secciones de la clave, el concreto bajaba en la zona de las alas por medio de trompas de elefante y al final para el llenado o cierre de la clave se utilizaba un cañón neumático, o sea que se le inyectaba con aire al concreto a una presión de 90 lbs. (Fig. 11).

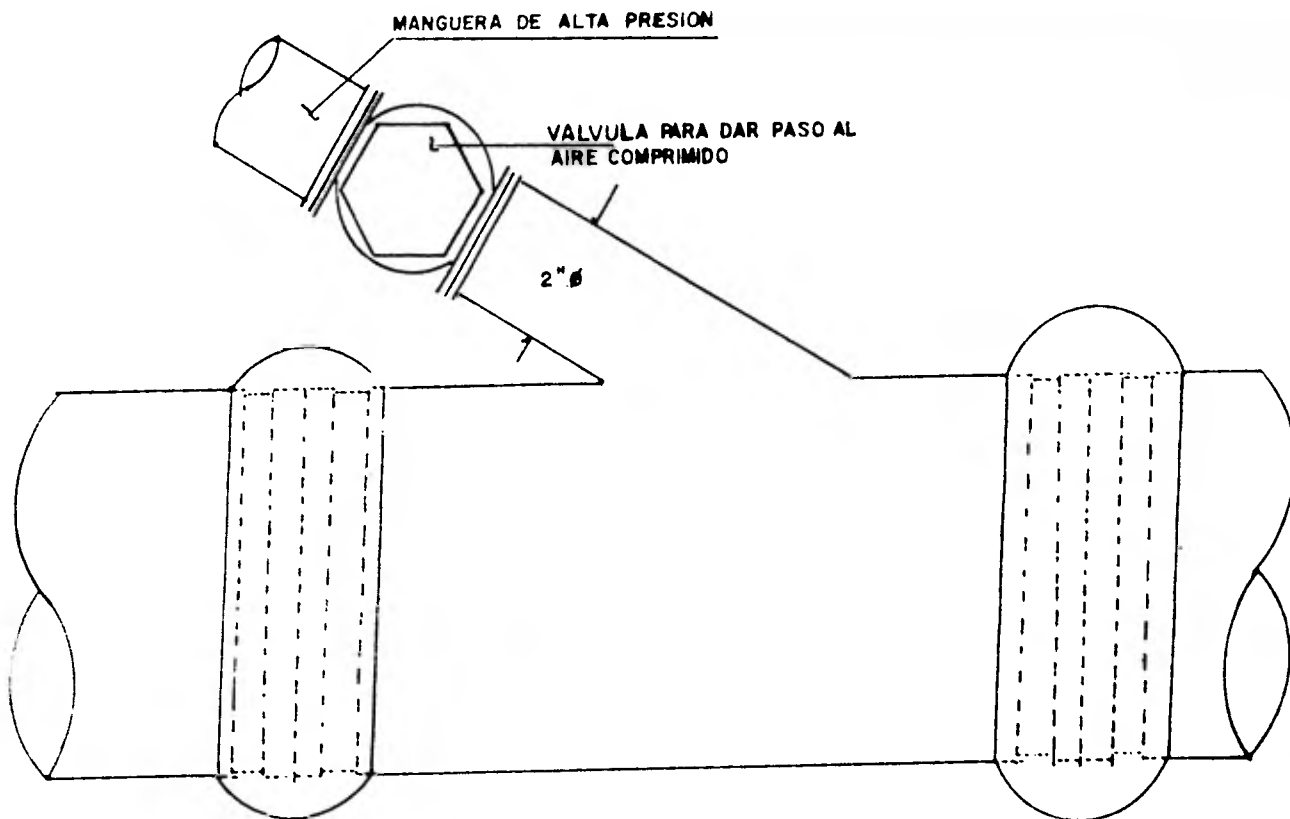


FIG. 4. CAÑÓN NEUMÁTICO PARA CONCRETO

Todo el concreto fue compactado con vibradores neumáticos de dos y media pulgadas. Las juntas eran tratadas antes de otro colado.

El concreto era transportado en ollas revolvedoras y fabricado en una planta con capacidad de $36 \text{ m}^3/\text{hr}$.

Procedimiento que se efectuó por el cierre de la presa

Como consecuencia del cierre, para el llenado del vaso, los accesos del vertedor quedaron obstruidos, por lo cual se requirió construir obras auxiliares que permitieran la culminación de los trabajos.

Para la zona de estructuras, los trabajos se continuaron desde la plataforma de la 405, realizando maniobras -- desde esta y realizando la colocación de concreto con el auxilio de la bomba móvil, a la cual se le colocó dos tramos de manguera de 5" ϕ y cinco metros de longitud cada una, los trabajos se concluyeron sin ningún problema.

En lo que respecta a la zona de transición, esta se atacó de la plataforma de la 405, con la construcción de tres caídas de concreto, una para cada túnel consistente en tubería de 14" ϕ (Fig. 39) con una longitud promedio de 35 m. con una tolva a la entrada de la tubería, un tanque en la parte -

inferior que permite que el concreto no se segregue y por un sistema de resortes en la parte de abajo del tanque que permite absorber el impacto por la caída, el concreto se conduce por medio de canalones y aprovechando la pendiente del túnel la cual es de 25° , este llegaba a una bomba estacionaria que por medio de tubería de aluminio de 6" ϕ para que finalmente fuera depositado en los muros, bóveda, y plantilla.

En el túnel # 1 los trabajos habían sido suspendidos para que los túneles dos y tres tomaran mayor fuerza y terminarlos en el tiempo indicado.

Los trabajos de estos quedaron concluidos en el tiempo estipulado, quedando el túnel # 1 por concluir, para el -- ataque de este túnel se realizó en dos secciones, un ataque de la parte media superior con la suministración desde la 405 como se había indicado antes y otro ataque desde la parte inferior (túnel crucero) donde se instaló otra calda utilizando la lumbrera que había servido de ventilación, aquí también se instaló una tubería de 14" ϕ con un tanque amortiguador similar al empleando aguas arriba, con una estructura metálica -- la cual permitía que entrara por la parte de abajo una olla -- revolvedora, para acarrear el concreto, la caída era de -- -- 145 m. los trabajos continúan en esta zona programados para -- su terminación en el mes de septiembre del año en curso. Para la realización de este trabajo se tuvo que dejar equipo y-

maquinaria la cual consistió en cuatro bombas estacionarias, dos ollas revolvedoras, malacates, etc. este equipo se fue retirando según se concluían los trabajos.

En la zona de sección circular, los trabajos en lo que respecta a los túneles dos y tres se concluyeron a tiempo, en el túnel número uno se presentaron mas problemas las cuales contribuyeron en la detención de los trabajos. Una de las causas fue dar mayor fuerza a los trabajos de los otros dos túneles y otra razón fue la intersección de una cañada la cual era utilizada para conducir material engreña a la planta trituradora uno la cual estaba encargada del abastecimiento de los materiales de filtro para la cortina, por esta causa la excavación del túnel uno fue suspendida hasta que la cortina quedó concluida lo cual permitió continuar con los trabajos de excavación y al mismo tiempo los del revestimiento.

Las lluvias y en el retraso de los trabajos en la zona de la casa de máquinas, tuvo como consecuencia que, al llenarse el vaso antes del tiempo programado, se utilizó el vertedor en el túnel dos y en el túnel tres, esto causó que los accesos que existían para el túnel uno fueran destruidos, originando que se construyeran obras auxiliares al igual que en la zona de transición, se construyó una lumbrera de 55 m de longitud, de 14"φ, con tanques amortiguador, y una estructura que permitía que entrara una olla revolvedora a cargar

el concreto.

El equipo que se dejó en esta zona consistió en dos ollas revolventoras dos bandas para colocar concreto, una bomba estacionaria con la que se realizaban los colados de la clave, las bandas eran utilizadas en la colocación de concreto de la cubeta, un traxcavo para realizar la carga de la rezaga producto de la excavación y tres camiones volteo que realizaban el acarreo del material.

CAPITULO V
COSTOS HORARIOS DEL EQUIPO

COSTOS HORARIOS DEL EQUIPO.

Una obra puede ser ejecutada mediante diversos procedimientos de construcción y empleando diferentes equipos para su ejecución, pero siempre existe un determinado procedimiento y un determinado equipo por medio de los cuales las operaciones resulten las óptimas.

En el mercado de la construcción existen proveedores de diferentes marcas, tamaños, y tipos; algunos tienen características especiales que los hacen ser distintos a los demás, pero los factores que más influyen para el constructor son: - la facilidad de pago, precio en el valor de rescate, especialmente el servicio de refacciones y rendimiento.

Existen algunos factores que se deben considerar al comprar un equipo y son:

- a) La vida útil de la máquina
- b) La vida económica del equipo
- c) El valor de rescate.

a) La vida útil de la maquinaria se ha definido como el periodo en el cual la máquina puede mantenerse en condiciones de operar y producir trabajo en forma económicamente ventajosa para su poseedor; la vida útil depende de múltiples y complejos factores, como puede ser falla de fabricación, fal-

ta de protección contra agentes atmosféricos, desgastes por su uso normal, vibraciones y fricción de sus partes móviles, manejo de diferentes operadores, irresponsabilidad de los operadores, etc..

b) Vida económica de la maquinaria, es el período durante el cual esta opera en forma eficiente, realizando un trabajo económico, satisfactorio y oportuno, siempre y cuando la máquina se le de un mantenimiento adecuado.

Se dice que una máquina ha llegado a su fin en su vida económica cuando las erogaciones de su mantenimiento como los tiempos muertos a causa de descomposuras son mayores que la producción que realiza.

El criterio que se utiliza en la determinación de la vida económica es el estudio estadístico, debido a que la mayor parte de la maquinaria que se utiliza en México es del país vecino, se utilizan las estadísticas de ellos.

Una vez que se considera que un equipo a llegado al fin de su vida económica esta tiene un valor de rescate el que generalmente se ha considerado el 10% para uso de cálculos

COSTO HORARIO DE OPERACION DE MAQUINA

Existen diferentes formas de arrendamiento de las máquinas: -

a) Por administración; el arrendatario paga por Hr. semana o mes, paga el operador y todas las erogaciones como - lubricantes, aceite, etc.

b) Por precio unitario; el arrendatario paga por unidad de trabajo que realice la máquina.

El costo horario por equipo es el que se deriva del- uso correcto del equipo adecuado y para la ejecución de los -- conceptos de trabajo conforme a lo estipulado en las especificaciones y el contrato; se integra mediante los siguientes -- cargos.

- a) Cargos fijos
- b) Cargos por consumo
- c) Cargos de operación

Calculados por hora efectiva de trabajo.

Los cargos fijos son los que se derivan de:

- a.1. cargos por depreciación
- a.2. cargos por inversión

- a.3. cargos por seguros
- a.4. cargos por almacenaje
- a.5. cargos por mantenimiento

a.1) Los cargos por depreciación es el resultado, -- la disminución el valor original de la maquinaria, como consecuencia de su uso durante el tiempo de su vida económica, el método empleado es el sistema lineal y se consideran cinco -- años, con un veinte % de depreciación anual.

D ; depreciación por hora efectiva de trabajo

$$D = \frac{V_a - V_r}{V_e}$$

V_a ; valor de adquisición

V_e ; vida económica de la maquinaria expresada en horas.

V_r ; valor de rescate de la maquinaria

a.2) Los gastos de inversión; al comprar una maquinaria, se adquiere fondos necesarios en los bancos o en los mercados de capital, pagando por ello los intereses correspondientes, en otras ocasiones el dueño paga de su capital haciendo la inversión directamente así se define el cargo equivalente a los intereses correspondientes al capital invertido en la maquinaria y se representa como.

I ; cargo por inversión por hora efectiva de -- trabajo.

V_a ; valor inicial de la maquina

$$I = \frac{V_a + V_r}{2H_a} i$$

V_r ; valor de rescate

H_a ; número de horas efectivas durante el año

i ; tasa de interes

a.3.) Cargos por seguros; siempre es necesario cubrir los riesgos a que esta sujeta la maquinaria durante su vida económica por accidentes, esta se puede hacer con una compañía de seguros o un autoaseguramiento y se representa como.

S ; cargos por seguros por hora efectiva

V_a ; valor adquisición

$$S = \frac{V_a + V_r}{2H_a} \delta$$

V_r ; valor de rescate

H_a ; número de horas efectivas durante el año

δ ; prima anual promedio expresado en %

a.4) Cargos por almacenaje, generalmente las máquinas usadas en construcción requieren sean vigiladas o guardadas durante los períodos de su vida económica, incluyen todos los gastos que se realizan por este motivo como renta de bodegas, patios de almacenamiento, vigilancia, se representa.

$A = KD$

A ; cargo por almacenaje por hora efectiva de trabajo.

K ; es un coeficiente promedio de todas las erogaciones

D ; es la depreciación de la maquina.

a.5.) Cargos por mantenimiento son las erogaciones que se realizan para conservar la maquinaria en buenas condiciones y se define como.

M ; cargo por mantenimiento mayor y menor por hora efectiva de trabajo

$M = QD$

Q ; representa un coeficiente que incluye tanto el mantenimiento mayor como el menor, se calcula con base estadística.

D ; representa la depreciación de la maquina.

a.6) Cargos por consumo, generalmente las maquinas usadas en construcción son accionadas por motores de combustión interna, de gasolina o de diesel, para lo cual se requiere combustibles y lubricantes.

El consumo de combustible esta en función de la potencia de la maquina los cargos por consumo son los que se derivan de las erogaciones por el uso de:

b.1.) combustibles

- b.2) lubricantes
- b.3) otras fuentes de energía
- b.4) llantas

b.1.) Cargos por consumo de combustibles, son las erogaciones originadas por los consumos de gasolina o de diesel, estan representadas por

E ; es el cargo por consumo de combustibles -- por hora efectiva de trabajo.

e ; representa la cantidad de combustible necesaria por hora efectiva, se determina en función de la potencia del motor, del factor de operación de la máquina y de un coeficiente determinado por la experiencia.

$$E = ePc$$

Pc ; representa el precio del combustible.

$$*e = 0.24 \times \text{Hp op/hr} \quad (\text{gasolina})$$

$$e = 0.20 \times \text{Hp op/hr} \quad (\text{diesel})$$

b.2.) lubricantes, el cargo de este concepto es el derivado por las erogaciones asignadas por los consumos y cambios periódicos de aceites y se representa.

L ; es el cargo por consumo de lubricantes por hora

a ; representa la cantidad de aceite necesaria por hora efectiva, esta determinada por la capacidad de los recipientes, los tiempos de cambios, la potencia del motor, factor de operación de la máquina y un coeficiente determinado por la experiencia.

$$L = a P_e$$

$$a = c/t + 0.003 \times \text{Hp op.} \quad (P < 100 \text{ Hp})$$

$$a = c/t + 0.0035 \times \text{Hp op.} \quad (P \geq 100 \text{ Hp})$$

c ; capacidad del cárter en litros

t ; número de horas transcurridas entre dos -- cambios de aceite

Hp.op. potencia de operación

P_e ; precio del lubricante

b.4.) Cargo por consumo de llantas, son las erogaciones que resultan por el uso de estos, están representados por.

L; representa el cargo por consumo de llantas por hora efectiva de trabajo

V; representa el valor de adquisición de las llantas, considerando el valor para llantas nuevas

$$L = \frac{V}{Hv}$$

Hv; representa las horas de vida económica de las llantas, se determina de acuerdo con la experiencia, considerando factores como, velocidad condiciones de camino, climas, posición en la maquinaria.

b.5.) Cargos por operación. Es el que se deriva de las erogaciones que hace el contratista por concepto de pagos de salarios.

O; cargo por operación del equipo por hora efectiva de trabajo

$$O = \frac{St}{H}$$

St; representa los salarios por turno, comprende salario base, cuotas patronales por seguro social, impuestos, días festivos, vacaciones y aguinaldos

H; representa las horas efectivas de trabajo dentro del turno.

Cuando se trabaja la maquinaria por administración -

CONSTRUCTORA:	Máquina: <u>TRACTOR</u>	Hoja No. _____
	Modelo: <u>DBE</u>	Cálculo: _____
	Datos Adic.: <u>BULLDOZER y RIPPER</u>	Revisó: _____
OBRA:		Fecha: _____

DATOS GENERALES.		Fecha cotización: <u>OCTUBRE 1980</u>
Precio adquisición:	\$ <u>6'133,226.00</u>	Vida económica (Ve): <u>9800</u> años
Equipo adicional:	<u>797,582.50</u>	Horas por año (Ha): <u>1400</u> hr/año
		Motor: <u>DIESEL</u> de <u>300</u> HP
Valor inicial (Vo):	\$ <u>6'930,808.50</u>	Factor operación: <u>0.75</u>
Valor rescate (Vr): <u>10</u> %	\$ <u>693,080.85</u>	Potencia operación: <u>225</u> HP op
Tasa interés (i): <u>15</u> %		Coefficiente almacenaje (K): <u>0.02</u>
Prima seguros (s): <u>3</u> %		Factor mantenimiento (Q): <u>0.75</u>

I.- CARGOS FIJOS.		
a) Depreciación:	$D = \frac{V_o - V_r}{V_e} = \frac{6'930,808.50 - 693,080.85}{9800}$	636.50
b) Inversión:	$I = \frac{V_o + V_r}{2 Ha} = \frac{6'930,808.50 + 693,080.85}{2800} \times 0.15$	408.42
c) Seguros:	$S = \frac{V_o + V_r}{2 Ha} = \frac{6'930,808.50 + 693,080.85}{2800} \times 0.03$	81.68
d) Almacenaje:	$A = KD = 0.02 \times 636.50$	12.73
e) Mantenimiento:	$M = QD = 0.75 \times 636.50$	477.38
SUMA CARGOS FIJOS POR HORA		\$ <u>1616.71</u>

II.- CONSUMOS.		
a) Combustible: E = e Pc		
Diesel: E = 0.20 x <u>225</u> HP op x \$ <u>1.80</u> /ll.		81.00
Gasolina: E = 0.24 x _____ HP op x \$ _____ /ll.		
b) Otras fuentes de energía:		
c) Lubricantes: L = a Pe		
Capacidad cárter: C = <u>33</u> litros		
Cambios aceite: t = <u>100</u> horas		
$a = C/t + \frac{0.0035}{0.0030} \times 225$ HP op = <u>1.12</u> ll/hr.		
$\therefore L = 1.12$ ll/hr x \$ <u>31.18</u> /ll		34.90
d) Llantas: $Ll = \frac{Vll \text{ (valor llantas)}}{Hv \text{ (vida económica)}}$		
Vida económica: Hv = _____ horas		
$\therefore Ll =$ _____ horas		
SUMA CONSUMOS POR HORA		\$ <u>125.90</u>

III.- OPERACION.		
Salarios: S		
operador: \$ <u>762.32</u>		
<u>AYUDANTE</u> : <u>326.43</u>		
Sal/turno-prom: \$ <u>1158.60</u>		
Horas/turno-prom: (H)		
H = B horas = <u>0.75</u> (factor rendimiento) x <u>6.0</u> horas		
Operación: $O = \frac{S}{H} = \frac{1158.60}{6}$ horas		\$ <u>193.10</u>
SUMA OPERACION POR HORA		\$ <u>193.10</u>

COSTO DIRECTO HORA-MAQUINA (HMD)	\$ <u>1715.79</u>
---	-------------------

conviene considerar los cargos por operación aparte porque generalmente consideran las horas efectivas de trabajo y al operador se le paga completo.

TRACTORES.

Existen dos tipos de tractores, de llantas y de orugas, el más utilizado es el orugas con diversos aditamentos - como la hoja empujadora la cual existe en diferente tamaño y se utiliza para excavar, desmontar, o empujar, de diferente forma; recta, en U, angulable.

Otro elemento es el arado o desgarrador el cual en los últimos años ha revolucionado en las excavaciones de roca o de materiales del tipo duro, los cuales generalmente requieren de barrenación y el uso de explosivos, algunas veces se pueden realizar con el ataque del desgarrador.

El arado se coloca en la parte posterior del tractor y consiste en una viga horizontal la cual tiene uno o varios - vastagos verticales con un casquillo en su punta el cual se - entierra en el material para aflojarlo.

El bulldozer tiene diversas aplicaciones y es una - máquina muy eficiente para excavar, tiene limitaciones como; - es mas económica en acarreos cortos, se emplea generalmente -

CONSTRUCTORA: _____	Máquina: <u>CAEGADOR FRONTAL</u>	Hoja No.: _____
	Modelo: <u>977 L</u>	Calculo: _____
OBRA: _____	Datos Adic.: _____	Revisó: _____
		Fecha: _____

DATOS GENERALES.

Precio adquisición:	\$ <u>4'211,944.00</u>	Fecha catización:	<u>OCTUBRE 1980</u>
Equipo adicional:-	_____	Vida económica (Ve):	<u>7,000</u> años
	_____	Horas por año (Ha):	<u>2,000</u> hr/año
Valor inicial (Va):	\$ <u>4'211,944.00</u>	Motor:	<u>DIESEL</u> de <u>190</u> HP.
Valor rescate (Vr):	<u>10</u> % = \$ <u>421,194.40</u>	Factor operación:	<u>0.15</u>
Tasa interés (i):	<u>15</u> %	Potencia operación:	<u>142.5</u> HP op
Prima seguros (s):	<u>3</u> %	Coefficiente almacenaje (K):	<u>0.02</u>
		Factor mantenimiento (Q):	<u>0.15</u>

I.- CARGOS FIJOS.

a) Depreciación:	$D = \frac{Va - Vr}{Ve} \times$	$\frac{4'211,944 - 421,194.40}{7000} \times$	$=$	<u>541.54</u>
b) Inversión:	$I = \frac{Va + Vr}{2 Ha} \times$	$\frac{4'211,944 + 421,194.40}{4000} \times 0.15 =$	$=$	<u>173.74</u>
c) Seguros:	$S = \frac{Va + Vr}{2 Ha} \times$	$\frac{4'211,944 + 421,194.40}{4000} \times 0.03 =$	$=$	<u>34.75</u>
d) Almacénaje:	$A = KD$	$= 0.02 \times 541.54$	$=$	<u>10.83</u>
e) Mantenimiento:	$M = QD$	$= 0.15 \times 541.54$	$=$	<u>81.23</u>

SUMA CARGOS FIJOS POR HORA \$ 1,167.02

II.- CONSUMOS.

a) Combustible: E = e Pc			
Diesel: E = 0.20 x	$\frac{142.5}{11} \text{ HP. op.} \times$	$\frac{1.80}{11} =$	$=$ \$ <u>51.30</u>
Gasolina: E = 0.24 x	_____ HP. op x	_____ / 11 =	
b) Otras fuentes de energía:	_____		
c) Lubricantes: L = o Pc			
Capacidad Carter: C =	$\frac{27.4}{100}$ litros		
Cambios aceite: t =	$\frac{100}{100}$ horas		
o: C/t +	$\frac{0.0035}{0.0030} \times$	$\frac{142.50}{11} \text{ HP. op.} =$	$\frac{0.77}{11} \text{ lit/hr.}$
∴ L =	$\frac{0.77}{11} \text{ lit/hr} \times$	$\frac{31.16}{11} =$	$=$ \$ <u>24.08</u>
d) Llantas: Li =	$\frac{VII \text{ (valor llantas)}}{Hv \text{ (vida económica)}}$		
Vida económica: Hv =	_____ horas		
∴ Li =	\$ _____		

SUMA CONSUMOS POR HORA \$ 79.38

III.- OPERACION.

Salarios: S			
operador:	\$ <u>753.57</u>		
Sal/turno-prom:	\$ <u>753.57</u>		
Horas/turno-prom.: (H)			
H = B horas x	$\frac{0.75 \text{ (factor rendimiento)}}{6} =$	$\frac{6}{6} =$	$=$ <u>6</u> horas
Operación: O =	$\frac{S}{H} =$	$\frac{753.57}{6} =$	$=$ \$ <u>125.59</u>

SUMA OPERACION POR HORA \$ 125.59

COSTO DIRECTO HORA-MAQUINA (HMD) \$ 1,167.99

en:

desmontes, desenraíces, despalmes
 limpias de los sitios de construcción
 construcción de caminos, cortes y terraplenes
 afloje de material, afine de talúdes
 excavaciones de zanjas y rellenos
 empujador de motoescrapas, compactación y extendido del mate-
 rial.

La capacidad de un tractor esta en función de su potencia y de su peso, la potencia nos determina la fuerza tractiva disponible en el gancho o barra de tiro y esta afectada por la altura, la temperatura, la resistencia al rodamiento de la superficie, y por la pendiente, el peso de la máquina multiplicado por el coeficiente de tracción.

CARGADORES.

Podemos hacer una clasificación de acuerdo en la forma de rodamiento; de llantas y de orugas.

Los cargadores son equipos de excavación, carga y acarreo, por esta causa es mas conveniente en algunos casos que la pala mecánica.

CONSTRUCTORA:	Máquina: <u>GRUA HIDRAULICA</u>	Hoja No. _____
	Modelo: <u>OMEGA 20</u>	Cálculo: _____
OBRA:	Datos Adic.: <u>4 LLANTAS</u>	Revisó: _____
		Fecha: _____

DATOS GENERALES.

Precio adquisición: \$ 4'597,769.00 Fecha catización: OCTUBRE 1980
 Equipo adicional: 139,924.80 Vida económica (Ve): 14400 años
 Horas por año (Ha): 1600 hr/año
 Motor: DIESEL de 155 HP.
 Valor inicial (Vo): \$ 4'597,844.20 Factor operación: 0.75
 Valor rescate (Vr): 10 % = \$ 445,784.47 Potencia operación: 116.25 HP.op
 Tasa interés (i): 15 % Coeficiente almacenaje (K): 0.02
 Prima seguros (s): 3 % Factor mantenimiento (Q): 0.15

I.- CARGOS FIJOS.

a) Depreciación: $D = \frac{V_o - V_r}{V_e} = \frac{4'597,844.20 - 445,784.47}{14400} = \$ 278.62$
 b) Inversión: $I = \frac{V_o + V_r}{2 Ha} = \frac{4'597,844.20 + 445,784.47}{3200} \times 0.15 = 229.86$
 c) Seguros: $S = \frac{V_o + V_r}{2 Ha} = \frac{4'597,844.20 + 445,784.47}{3200} \times 0.05 = 95.97$
 d) Almacenaje: $A = KD = 0.02 \times 278.62 = 5.57$
 e) Mantenimiento: $M = QO = 0.15 \times 278.62 = 208.97$

SUMA CARGOS FIJOS POR HORA \$ 768.99

II.- CONSUMOS.

a) Combustible: $E = a P_c$
 Diesel: $E = 0.20 \times 116.25 \text{ HP.op.} \times \$ \frac{1.80}{\text{lit.}} = \$ 41.85$
 Gasolina: $E = 0.24 \times \text{HP.op.} \times \$ \frac{\quad}{\text{lit.}}$
 b) Otras fuentes de energía: _____
 c) Lubricantes: $L = a P_e$
 Capacidad corte: $C = \frac{7}{\quad}$ litros
 Cambios aceite: $f = 100$ horas
 $e = C/f + \frac{0.0035}{0.0030} \times 116.25 \text{ HP.op.} = 0.98 \text{ lit/hr}$
 $\therefore L = 0.98 \text{ lit/hr} \times \$ \frac{31.16}{\text{lit.}} = 14.96$
 d) Llantas: $L_i = \frac{V_{ll} (\text{valor llantas})}{H_v (\text{vida económica})}$
 Vida económica: $H_v = 2000$ horas
 $\therefore L_i = \frac{\$ 139,924.80}{2000 \text{ horas}} = 69.96$

SUMA CONSUMOS POR HORA \$ 226.77

III.- OPERACION.

Salarios: S
 operador: \$ 922.66
 Snt/turno-prom: \$ 922.66
 Horas/turno-prom.: (H)
 $H = 8 \text{ horas} \times 0.75 (\text{factor rendimiento}) = 6 \text{ horas}$
 Operación: $O = \frac{S}{H} = \frac{922.66}{6} \text{ horas} = \$ 153.77$

SUMA OPERACION POR HORA \$ 153.77

COSTO DIRECTO HORA-MAQUINA (HMD) \$ 1,144.53

Su movilidad es superior pues esta puede moverse fuera del área de la voladura rápidamente y con seguridad y --- antes de que el polvo de la explosión se disipe, el cargador puede estar recogiendo la roca regada y preparandola para su acarreo.

Los cargadores de llantas son de carga y descarga -- frontal, equipados con cuatro llantas.

Los cargadores de orugas o traxcavos son de carga -- frontal y su descarga puede hacerse frontal, lateral o hacia-atras, su sistema de transito consiste en una cadena con zapatas, logrando mayor estabilidad para los acarreos pesados y - con mayor area de sustentación, mayor empuje y mayor tracción que los neumáticos.

Las ventajas y desventajas de los cargadores son:

Los cargadores neumáticos se utilizan cuando; es importante el acarreo de material en tramos cortos los materiales estan sueltos y pueden atacarse facilmente con el cucharón.

donde el uso de orugas es perjudicial al terreno

donde el terreno es duro y seco

su radio de giro es mayor que el de orugas, mayor facilidad -

CONSTRUCTORA: _____	Máquina: <u>DEAGA</u>	Hoja No.: _____
	Modelo: <u>36-B</u>	Calculo: _____
OBRA: _____	Detos Adic.: _____	Revisó: _____
		Fecha: _____

DATOS GENERALES.

Precio adquisición: \$ 9'644,587.49 Fecha cotización: OCTUBRE 1980
 Equipo adicional: _____
 Vida económica (Ve): 11 200 años
 Horas por año (Ha): 1 400 hr/año
 Motor: DIESEL de 145 HP.
 Valor inicial (Vo): \$ _____
 Factor operación: 0.75
 Valor rescate (Vr): 10 % = \$ _____
 Potencia operación: 108.75 HP.op.
 Tasa interés (i): 15 %
 Coeficiente almacenaje (K): 0.01
 Prima seguros (s): 3 %
 Factor mantenimiento (Q): 0.15

I.- CARGOS FIJOS.

a) Depreciación: $D = \frac{V_o - V_r}{V_e} = \frac{9'644,857.49 - 964,485.75}{11200} = 775.03$
 b) Inversión: $I = \frac{V_o + V_r}{2 Ha} = \frac{9'644,857.49 + 964,485.75}{2800} = 568.36$
 c) Seguros: $S = \frac{V_o + V_r}{2 Ha} = \frac{9'644,857.49 + 964,485.75}{2800} = 113.67$
 d) Almacenaje: $A = KD = 0.02 \times 775.03 = 15.50$
 e) Mantenimiento: $M = QD = 0.15 \times 775.03 = 581.27$

SUMA CARGOS FIJOS POR HORA \$ 2,053.83

II.- CONSUMOS.

a) Combustible: $E = e P_c$
 Diesel: $E = 0.20 \times 108.75 \text{ HP.op.} \times \$ \frac{1.80}{\text{lt.}} = 39.15$
 Gasolina: $E = 0.24 \times \text{HP.op.} \times \$ \frac{\quad}{\text{lt.}} = \quad$
 b) Otras fuentes de energía: _____
 c) Lubricantes: $L = o P_e$
 Capacidad cárter: $C = 26.5$ litros
 Cambios aceite: $t = 100$ horas
 $a = C/t + \frac{0.0035}{0.0030} \times 108.75 \text{ HP.op.} = 0.65 \text{ lt./hr.}$
 $\therefore L = 0.65 \text{ lt./hr.} \times 31.16 \text{ /lt.} = 20.25$
 d) Llantas: $Ll = \frac{Vll}{Hv} (\text{valor llantas})$
 Vida económica: $Hv = \quad$ horas
 $\therefore Ll = \frac{\$}{\quad} \text{ horas}$

SUMA CONSUMOS POR HORA \$ 59.40

III.- OPERACION.

Salarios: S
 operador: \$ 782.32
AYUDANTE: 526.75
 Sal/turno-prom: \$ 1,154.80
 Horas/turno-prom. (H)
 H = 8 horas $\times 0.75$ (factor rendimiento) = 6 horas
 Operación: $O = \frac{S}{H} = \frac{\$ 1,154.80}{6 \text{ horas}} = \$ 193.13$

SUMA OPERACION POR HORA \$ 193.13

COSTO DIRECTO HORA-MAQUINA (HMD) \$ 2,246.96

de desplazamiento y obteniendo mayor rendimiento en acarreos largos

Los cargadores de oruga son utilizados en:

Terrenos flojos, cuando las condiciones del terreno requieran de buena tracción y amplio apoyo; donde no hay necesidad de hacer movimientos frecuentes y rápidos cuando los materiales son duros y no se puede excavar fácilmente cuando la fragmentación de la roca puede causar daños a los neumáticos.

PALAS MECANICAS.

Se utiliza principalmente para excavar tierra y materiales flojos excepto roca fija, actualmente se encuentran -- montadas sobre orugas; de baja velocidad en su tránsito, de orugas anchas lo que permite transmitir presiones pequeñas, -- siendo útiles en terrenos blandos.

Los factores que afectan a las palas son:

El tipo de material, profundidad del corte
ángulo de oscilación, tamaño de las unidades de acarreo
condiciones de la obra, habilidad del operador
condiciones de la máquina.

Se han realizado estudios comparativos entre palas y

CONSTRUCTORA: _____	Máquina: <u>COMPRESOR</u>	Hoja No. _____
	Modelo: <u>SP-600</u>	Calculo: _____
OBRA: _____	Datos Adic.: <u>9 LLANTAS</u>	Revisó: _____
		Fecha: _____

DATOS GENERALES.

Precio adquisición:	\$ <u>1'644,500.00</u>	Fecha cotización: <u>OCTUBRE 1980</u>
Equipo adicional:	<u>9,950.40</u>	Vida económica (V _e): <u>11,200</u> años
		Hores por año (H _a): <u>1,600</u> hr/año
Valor inicial (V _o):	\$ <u>1'634,549.60</u>	Motor: <u>DIESEL</u> de <u>230</u> HP.
Valor rescate (V _r):	<u>10</u> % = \$ <u>163,454.96</u>	Factor operación: <u>0.75</u>
Tasa interés (i):	<u>15</u> %	Potencia operación: <u>172.50</u> HP.op
Prima seguros (s):	<u>3</u> %	Coefficiente almacenaje (K): <u>0.02</u>
		Factor mantenimiento (Q): <u>0.15</u>

I.- CARGOS FIJOS.

a) Depreciación:	$D = \frac{V_o - V_r}{V_e} = \frac{1'634,549.60 - 163,454.96}{11200} = \$$	<u>131.65</u>
b) Inversión:	$I = \frac{V_o + V_r}{2 H_a} = \frac{1'634,549.60 + 163,454.96}{3200} \times 0.15 =$	<u>84.28</u>
c) Seguros:	$S = \frac{V_o + V_r}{2 H_a} = \frac{1'634,549.60 + 163,454.96}{3200} \times 0.03 =$	<u>16.85</u>
d) Almacenaje:	$A = K D = 0.02 \times 131.65 =$	<u>2.63</u>
e) Mantenimiento:	$M = Q D = 0.15 \times 131.65 =$	<u>98.51</u>

SUMA CARGOS FIJOS POR HORA \$ 333.63

II.- CONSUMOS.

a) Combustible: E = a P _c		
Diesel: E = 0.20 x 172.5 HP. op. x \$ 1.80 /ll.	= \$	<u>62.10</u>
Gasolina: E = 0.24 x _____ HP. op x \$ _____ /ll.	=	
b) Otras fuentes de energía:		
c) Lubricantes: L = a P _e		
Capacidad cárter: C _c = <u>25</u> litros		
Cambios aceite: t = <u>100</u> horas		
$e = C/t + \frac{0.0035}{0.0030} \times 172.5 \text{ HP. op.} = 0.85 \text{ ll/hr.}$		
$\therefore L = 0.85 \text{ ll/hr} \times \$ 31.16 / \text{ll.}$	=	<u>26.60</u>
d) Llantas: $Ll = \frac{V_{ll} (\text{valor llantas})}{H_v (\text{vida económica})}$		
Vida económica: H _v = <u>2000</u> horas		
$\therefore Ll = \frac{\$ 9960.40}{2000 \text{ horas}}$	=	<u>4.98</u>

SUMA CONSUMOS POR HORA \$ 94.68

III.- OPERACION..

Salarios: S		
operador: \$ <u>462.67</u>		
Sal/turno-prom: \$ <u>462.67</u>		
Hors/turno-prom.: (H)		
H = 8 horas x <u>0.25</u> (factor rendimiento) = <u>6</u> horas		
Operación: O = $\frac{S}{H} = \frac{462.67}{6} \text{ horas} =$	\$ <u>77.11</u>	

SUMA OPERACION POR HORA \$ 77.11

COSTO DIRECTO HORA-MAQUINA (HMD) \$ 504.42

cargadores neumáticos donde se ha visto mayores rendimientos de los cargadores con menores costos, y menor inversión.

Una máquina como estas puede tener otros usos, dependiendo del equipo; se puede utilizar como draga o como grúa, - lo cual la hace más versátil; como grúa se puede utilizar en maniobras, etc. y como draga principalmente se utiliza en dragados de ríos, excavaciones de canales, etc.

COMPRESORES.

Los compresores pueden clasificarse de acuerdo a su fuerza motriz, por su funcionamiento o por su manejabilidad, etc.

Por su movilidad se puede clasificar en; estacionarios y móviles.

Los compresores estacionarios, generalmente se utilizan en instalaciones en donde se necesita aire comprimido por largos períodos de tiempo, estos pueden ser reciprocantes o rotatorios, pueden obtener su fuerza motriz por medio de vapor, de motores eléctricos o de combustión interna.

Los compresores portátiles se utilizan cuando es necesario mover el equipo o cuando sean períodos cortos su uti-

CONSTRUCTORA:	Máquina: <u>BOMBA DE CONCRETO</u>	Hoja No.:
	Modelo: <u>ESTACIONARIA - 120</u>	Calculo:
	Datos Adic.: <u>4 LLANTAS</u>	Revisó:
OBRA:		Fecha:

DATOS GENERALES.

Precio adquisición: \$ 4'182,878.44 Fecha cotización: OCTUBRE 1980
 Equipo adicional: 166,838.88 Vida económica (Ve): 6,600 años
 Valor inicial (Va): \$ 4'016,039.56 Horas por año (Ha): 1,320 hr/año
 Valor rescate (Vr): 10 % = \$ 401,603.94 Motor: DIESEL de 200 HP.
 Tasa interés (i): 15 % Factor operación: 0.75
 Prima seguros (s): 3 % Potencia operación: 150 HP.op.
 Coeficiente almacenaje (K): 0.02
 Factor mantenimiento (Q): 0.76

I.- CARGOS FIJOS.

a) Depreciación: $D = \frac{V_0 - V_r}{V_e} = \frac{4'016,039.56 - 401,603.94}{6,600} = 547.64$
 b) Inversión: $I = \frac{V_0 + V_r}{2 \cdot H_a} = \frac{4'016,039.56 + 401,603.94}{2 \cdot 1,320} \times 0.15 = 251.00$
 c) Seguros: $S = \frac{V_0 + V_r}{2 \cdot H_a} = \frac{4'016,039.56 + 401,603.94}{2 \cdot 1,320} \times 0.03 = 50.20$
 d) Almacenaje: $A = K \cdot D = 0.02 \times 547.64 = 10.95$
 e) Mantenimiento: $M = Q \cdot D = 0.76 \times 547.64 = 416.81$

SUMA CARGOS FIJOS POR HORA \$ 1,270.52

II.- CONSUMOS.

a) Combustible: $E = e \cdot P_c$
 Diesel: $E = 0.20 \times 150 \text{ HP.op.} \times \frac{1.80}{11} = 54.00$
 Gasoleno: $E = 0.24 \times \text{HP.op.} \times \frac{\quad}{11} = \quad$
 b) Otras fuentes de energía: $\quad = \quad$
 c) Lubricantes: $L = a \cdot P_e$
 Capacidad Carter: $C = 25$ litros
 Cambios aceite: $\uparrow = 100$ horas
 $e = C/\uparrow + \frac{0.0035}{0.0030} = 150 \text{ HP.op.} = 0.78 \text{ lit/hr.}$
 $\therefore L = 0.78 \text{ lit/hr} \times 31.16 = 24.15$
 d) Llantas: $L_i = \frac{V_{ll}}{H_v} \text{ (valor llantas) / (vida económica)}$
 Vida económica: $H_v = 3,000$ horas
 $\therefore L_i = \frac{166,838.88}{3,000} = 55.61$

SUMA CONSUMOS POR HORA \$ 133.76

III.- OPERACION.

Salarios: S
 operador: \$ 724.27
AYUDANTE: 376.43
 Sal./turno-prom: \$ 1,101.20
 Horas/turno-prom. (H)
 $H = 8 \text{ horas} \times 0.75 \text{ (factor rendimiento)} = 6 \text{ horas}$
 Operación: $O = \frac{S}{H} = \frac{1,101.20}{6} = 183.53$
 SUMA OPERACION POR HORA \$ 183.53

COSTO DIRECTO HORA-MAQUINA (HMD) \$ 1587.81

lización, por ejem. en caminos, se encuentran montados en ---
llantas y pueden ser reciprocantes o rotatorios.

Los compresores reciprocantes tienen un pistón que -
se mueve hacia atrás y hacia adelante en un cilindro para ---
efectuar la compresión del aire.

Los compresores reciprocantes tienen un pistón.

Los compresores rotatorios, ofrecen varias ventajas -
en comparación con los reciprocantes, tales como un pequeño -
volumen, peso ligero, flujo uniforme, producción variable, fá
cil operación y larga vida.

La capacidad de los compresores, neumáticos están --
catalogados por el desplazamiento del pistón en c.f.m. y es -
el volumen real de aire libre que entra al compresor en un --
minuto y se expresa en pies cúbicos.

CAPITULO VI

PRESUPUESTOS

VI PRESUPUESTOS.

VI.a. Canal de llamada (excavación)

Año	Cantidad	P.U.	Costo
1976-1978	1'860,600	\$ 140.50	\$ 261'414,300.00

VI.b. Zona de estructuras (excavación)

Año	Cantidad	P.U.	Costo
1976-1978	562,339	\$ 140.50	\$ 79'008,576.00

VI.c. Transición túnel #1

Año	Cantidad	P.U.	Costo
1976	17,713.96	\$ 448.44	\$ 7'943,648.20
1977	16,061.37	\$ 535.23	\$ 8'596,527.10
1978	33,047.30	\$ 589.45	\$ 19'479,731.00
1979	12,215.69	\$ 719.90	\$ 8'729,284.20
1980	<u>3,443.79</u>	\$ 845.81	<u>\$ 2'912,792.00</u>
	85,482.11		47'661,982.50

Transición túnel #2

Año	Cantidad	P.U.	Costo
1976	16,509.31	\$ 448.44	\$ 7'403,435.00
1977	14,391.67	\$ 535.23	\$ 7'756,376.50
1978	41,809.55	\$ 589.45	\$ 24'644,639.00
1979	<u>12,671.58</u>	\$ 719.50	<u>9'117,201.80</u>
	85,482.11		48'921,652.30

Transición túnel #3

Año	Cantidad	P.U.	Costo
1976	17,245.54	\$ 448.44	\$ 7'733,590.00
1977	16,164.73	\$ 535.23	\$ 8'651,848.40
1978	42,934.49	\$ 589.45	\$ 25'307,735.00
1979	<u>9,137.35</u>	\$ 719.90	<u>\$ 6'571,978.30</u>
	85,482.11		48'271,151.70

VI.d. Sección circular túnel #1

Año	Cantidad	P.U.	Costo
1976	33,102.33	\$ 448.44	\$ 14'844,409.00
1977	136,447.96	\$ 535.23	\$ 73'031,042.00
1978	17,698.40	\$ 589.45	\$ 10'432,322.00
1979	3,614.20	\$ 719.00	\$ 2'600,416.90
1980	7'322.40	\$ 845.81	\$ 6'193,359.10
1981	<u>21'577.71</u>	\$1057.26	<u>22'813.250.00</u>
	219,763.00		129'954.799.00

Sección circular túnel #2

Año	Cantidad	P.U.	Costos
1976	24,946.91	\$ 448.44	\$ 11'187,192.00
1977	152,465.00	\$ 535.23	\$ 81'603,842.00
1978	39,793.54	\$ 589.45	\$ 23'456,302.00
1979	<u>13,700.59</u>	\$ 719.50	<u>\$ 9'857,574.50</u>
	230,906.04		125'104,910.50

Sección circular túnel #3

Año	Cantidad	P.U.	Costos
1976	22,054.85	\$ 448.44	\$ 9'890,276.93
1977	158,044.40	\$ 535.23	\$ 84'590,104.21
1979	<u>65,630.55</u>	\$ 585.45	<u>\$ 38'423,405.00</u>
	245,630.55		132'903,786.14

Resumen de excavación

Canal de llamada	\$ 261'414,300.00
Zona de estructuras	\$ 79'008,576.00
Zona de transición	\$ 144'854,786.50
Sección circular	<u>\$ 387'923,495.64</u>
	\$ 873'201,158.14

VI.e. Zona de estructuras (concreto)

Año	Cantidad	P.U.	Costos
1978	28,841.62	\$1729.00	\$ 49'868,591.00
1979	45,775.98	\$2111.67	\$ 96'664,679.21
1980	<u>20,128.17</u>	\$2481.02	<u>\$ 49'938,392.33</u>
	94,745.76		196'471,662.54

VI.f. Transición túnel #1

Año	Cantidad	P.U.	Costos
1979	1,786.61	\$3394.54	\$ 6'064,719.11
1980	7,956.66	\$3988.24	\$ 31'733,069.68
1981	<u>8,046.32</u>	\$4985.30	<u>\$ 40'113,318.00</u>
	17,789.59		77'911,106.79

Transición túnel #2

Año	Cantidad	P.U.	Costos
1978	332.41	\$ 2779.44	\$ 923,913.65
1979	8,090.86	\$ 3394.54	\$ 27'464,747.90
1980	6,412.70	\$ 3988.24	\$ 25'575,386.65
1981	<u>2,963.62</u>	\$ 4985.30	<u>\$ 14'724,682.00</u>
	17,789.59		68'698,729.20

Transición túnel #3

Año	Cantidad	P.U.	Costos
1978	332.41	\$ 2779.44	\$ 923,913.65
1979	9,687.84	\$ 3394.54	\$ 32'885,760.39
1980	<u>7,769.34</u>	\$ 3988.24	<u>\$ 30'985,992.56</u>
	17,789.59		64'795,666.60

VI.g. Sección circular túnel #1

Año	Cantidad	P.U.	Costos
1978	1,824.68	\$ 1775.80	\$ 3'240,266.74
1979	10,203.10	\$ 2168.78	22'128,279.22
1981	<u>28,297.00</u>	\$ 3185.11	<u>\$ 90'129,128.00</u>
	40,325.78		115'497,673.96

Sección circular túnel #2

Año	Cantidad	P.U.	Costos
1979	25,191.15	\$ 2168.78	\$ 54'634,062.30
1980	<u>17,277.00</u>	\$ 2548.09	<u>\$ 44'023,350.93</u>
	42,468.15		98'657,413.23

Sección circular túnel # 3

Año	Cantidad	P.U.	Costos
1978	364.10	\$ 1775.80	\$ 646,568.78
1979	30,646.70	\$ 2168.78	\$ 66'465,950.03
1980	<u>14,132.06</u>	\$ 2548.09	<u>\$ 36'009,760.77</u>
	45,142.86		103'122,279.58

Resumen de concretos

Zona de estructuras	\$ 196'471,662.54
Sección de transición	\$ 211'405,502.59
Sección circular	<u>\$ 725'154.531.90</u>
	1133'031,697.03

Compuertas radiales

Concepto	Cantidad	P.U.	Costo
Suministro de compuerta radial.	1'051,481.20	\$ 22.96/Kg.	\$ 24'142,009.65
Suministro de elementos fijos.	419,606.97	\$ 29.58/Kg.	\$ 12'579,819.86
Transporte	1'478,021.10	\$ 0.32/Kg.	\$ 472,966.76
Montaje	1,427,590.20	\$ 8.45/Kg.	\$ 12'063,140.50
Accesorios			\$ 8'219,888.60
Trabajos extraordinarios			<u>8'822,451.60</u>
			66'300,274.97

VI.h. Compuertas auxiliares.

Concepto	Cantidad	Costo
Grúa gantry	cap. 15 tn	\$ 3'182,516.00
Guías con riel	22 pas.	\$ 1'727,710.00
Abujas	15 pas.	\$ 3'163,701.00
Acero inoxidable		\$ 219,900.00
Tuercas de sujeción		\$ 126,357.00
Montaje		\$ 600,000.00
Riel		<u>399,647.00</u>
		9'419,871.60

VI.i. Materiales.

Concepto	Cantidad	P.U.	Costo
Cemento	83,576 tn.	\$ 4,000 /m ³	\$ 334'304,000.00
Acero	23,210 tn.	\$10,000 /tn	\$ 232'100,000.00
Agregados	204,739 m ³	\$ 499.21 /m ³	<u>\$ 102'207,756.00</u>
			668'611,756.00

RESUMEN GENERAL.

EXCAVACION	\$ 873'201,158.14
CONCRETOS	\$1,133'031,697.03
COMPUERTAS	\$ 75'720,146.57
MATERIALES	<u>668'611,756.00</u>
	\$ 2,750'564,757.74..... Costo Total de la Obra.

CAPITULO VII
CONCLUSIONES

CONCLUSIONES

El Proyecto Hidroeléctrico Chicoasen, por sus dimensiones estructurales y generadoras es el sistema más grande de nuestros tiempos, con una capacidad de 2400 Mw.

La tecnología, y experiencias de otros proyectos se aplicaron para el logro y la realización de esta obra, la cual por su magnitud, se requirió resolver innumerables problemas.

Las condiciones topográficas y geológicas permitieron la construcción de la cortina de 265 m. de altura y de 584 m. de longitud de la corona con un volómen de catorce millones de metros cúbicos, y un área del vaso de 32 Km² a la elevación 392.00 m.s.n.m.

Como consecuencia del crecimiento, tanto demográfico como industrial de México, cada día se requiere de mayores obras de infraestructura, dentro de las cuales las generadoras de electricidad tienen y desempeñan un gran papel, las cuales se han logrado con el aprovechamiento hidrológico del país, así también con el uso racional de sus recursos naturales.

La obra de excedencia es una de las más grandes exis

tentes del país, en 1975 se realizó una evaluación del costo de la obra, estimándose en 1,040 millones de pesos, como consecuencia de la crisis económica que ha sufrido el país en -- los últimos años, el costo de la obra se elevó a 2,750 millones, o se 275% más que la primera estimación.

Las diferentes ramas de la ingeniería aportaron su granito en la realización de esta obra.

Las dimensiones de la obra requería que se realizaran estudios profundos, para cada una de los problemas, determinando de este modo el sistema de ataque, el equipo, material, personal, etc. que se necesitaria.

Uno de los problemas que se presenta en este tipo de trabajos son las que se refieren al manejo de personal. Papel importante en una obra.

Todos los procedimientos, métodos de trabajo, programas de materiales, programas de avance, etc. pueden quedar -- truncados si el sistema no considera y toma medidas de los -- problemas que se pueden presentar, causada por el personal. En la Ingeniería Administrativa o Administración, plantean, métodos de manejo de personal, así como estudio de tiempos, los-cuales ayudan a que los rendimientos de avance se incrementen.

Algunos puntos importantes son:

Motivación del personal.

Localización de líderes.

Estudio de tiempos.

Para la realización de una obra se requiere hacer -- planes de trabajo, o programas que se resumen a continuación:

Programas de actividades.

Programas de materiales.

Programas de maquinaria.

Programas de personal.

La administración y el control de una obra permite - conocer el avance así como el costo de la misma en cualquier momento.

Con la realización de estos programas permite hacer una evaluación de las necesidades de la obra, así como también conocer su tiempo de duración.

La realización de programas permite que una obra sea realizada en tiempo requerido, con el costo mínimo.

El no contar con un programa de actividades tendrá -

como resultado no poder evaluar las actividades, desconocer -
cuales son las criticas, desconocer a la obra, y no poder te-
ner control de las actividades, tanto en el inicio de activi-
dades como en el retrasos de las mismas.

Los programas de maquinaria permite conocer las fe--
chas de inicio de trabajo de una máquina así como la fecha -
en que dejara de ser utilizada, el retraso de llegada de una-
máquina a la obra tiene como consecuencia posponer los traba-
jos que se traducen en perdidas de dinero y de tiempo. El te
ner ociosa una máquina ocasiona que el costo de la obra se --
vea incrementado, y que la utilización de dicha máquina en --
otro sitio se vea afectado.

Los programas de personal permiten conocer las fe---
chas en que habra necesidad de contratar personal, de igual -
manera permite conocer las fechas en que habra que ir dismi--
nuyendo dichas fuerzas en conjunción con los otros programas,
con lo cual se lograra que los costos no se vean afectados --
o incrementados por personal ocioso, la falta de este puede -
ocasionar que los programas se vean afectados ocasionando re-
trasos en el inicio de trabajos, en su duración, etc.

Los programas de materiales permite conocer las nece-
sidades de este, así como las fechas en que serán requeridos-

dichos materiales, permitiendo tomar medidas para los casos - en que dichos materiales no existan o que exista escases de - los mismos.

Por la falta del conocimiento de los problemas relacionados con las obras representan incremento en el costo de la misma.

Es conveniente continuamente realizar evaluaciones - de la obra, trabajo que debera realizar el encargado de frente, realizar estudios de tiempos de las diferentes actividades, para localizar posibles cuellos de botella logrando que los rendimientos aumenten.

Cada concepto que se ha mencionado presentan diferentes facetas en cuestión de problemas.

En el renglón de maquinaria deberá hacerse evaluaciones respecto a su vida útil, algunas veces la maquinaria se encuentra al final de su vida útil lo cual ocasiona mayores erogaciones en mantenimiento, reparaciones etc. y disminuye su rendimiento, incrementandose los tiempos muertos, concepto como este ejemplo deberá considerarse para que los costos y los tiempos no se vean afectados.

La falta de material, trae como consecuencia el retraso de la obra, al mismo tiempo que se incrementa el costo de esta, causados por los tiempos muertos de mano de obra y maquinaria, y la disminución en los rendimientos.

En el concepto de mano de obra se presentan múltiples problemas que se han mencionado anteriormente, los cuales también afectan el rendimiento como costo.

Pienso que este concepto es el más importante y en pocos casos se logra determinar. Existen diferentes tratados que se refieren a este concepto el manejo adecuado de las situaciones permite, disminuir las fricciones así como mejorar rendimientos.

La motivación es un punto importante en este concepto, se puede lograr que existan mayores rendimientos, así como también mejorar la calidad del trabajo realizado.

Uno de los principales puntos es el concepto referente a la localización de líderes, logrando que ellos sean inducidos a favor y no permitir al mismo tiempo desarrollarse en otro tipo de campo con lo cual se crean más problemas, utilizar las cualidades de este tipo de personas puede traer como consecuencia mejorar las situaciones en otros casos resultan negativos los resultados.

Consecuentemente este tipo de obras debe de incrementarse en todo el territorio, dado el crecimiento demográfico e industrial que tiene el país, y se debe de cumplir con un plan de desarrollo urbano que satisfaga las necesidades requeridas para la demanda de fluido eléctrico.

BIBLIOGRAFIA

- *Geología y Geotecnia del P.H. CH.*
Ricardo Rivapalacio
- *Proyecto Hidroeléctrico Chicoasen*
Comisión Federal de Electricidad
- *Concurso GGC - 80/8, OBRAS CIVILES.*
Gerencia General de Construcción
Subgerencia de Planta hidroeléctrica
- *Método, Planeamiento y Equipos de Construcción.*
R.L. Peurifoy
- *Apuntes de Movimiento de Tierras.*
Facultad de Ingeniería
- *Estimación de los Costos de Construcción.*
R.L. Peurifoy
- *Técnica Moderna de Voladura de Rocas.*
V. Langefors
B. Kihlström
- *Manual para el uso de Explosivos.*
Dupont
- *Apuntes de Factores de Construcción de Costo y Precios -
Unitarios*
Facultad de Ingeniería

QUETZALCOATL

Quetzalcóatl, for quizás el más complejo y fascinante de todos los Dioses mesoamericanos. Su concepto primordial, sin duda muy antiguo en el área, parece haber sido el de un monstruo serpiente celeste con funciones dominantes de fertilidad y creatividad. A este núcleo se agregaron gradualmente otros aspectos: la leyenda lo había mezclado con la vida y las luchas del gran Rey sacerdote Topiltzin, cuyo título sacerdotal era el propio nombre del Dios del que fue especial devoto. En el momento de la conquista, Quetzalcóatl, considerado como Dios Único desempeñaba varias funciones: Creador, Dios del viento, Dios del planeta Venus, héroe cultural, arquetipo del sacerdote, patrón del calendario y de las actividades intelectuales en general, etc. Un análisis adicional es necesario para poder disenterrar los hilos aparentemente independientes que entran al tejido de su complicada personalidad.



IMPRESO EN LOS TALLERES DE
EDITORIAL QUETZALCOATL S. A.
MEDICINA Y ODONTOLOGIA S. R. L. REGISTRADA POR PASO DE LAS
FACULTADES DE ENFERMERIA Y CALIDAD DE MEDICINA DE LA U.
MEXICANA D. F. TELÉFONO: 56 140 Y 54828 85