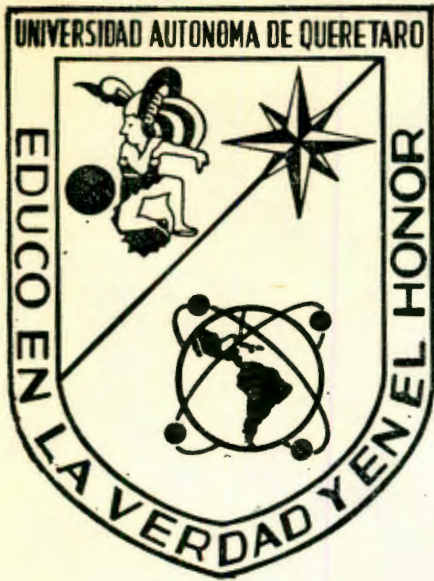


UNIVERSIDAD AUTONOMA DE QUERETARO



ESCUELA DE INGENIERIA

Procedimientos de Excavación y Equipo
en el Emisor Central de la Ciudad de México

TESIS PROFESIONAL

Antonio Hernández Ruiz

No. Reg. 2298

TS

Clas. 627.132

H557 p



Procedimientos de Exacción y Fajino
en el Emisor Central de la Ciudad de Valpo

TESIS PROBLEMAS

Alonso...

...

A mis padres, ANTONIO Y JUANITA, que compartieron conmigo los esfuerzos por lograr una carrera, con cariño y agradecimiento.

A mis hermanos, Alfredo, Rosa, Carolina, Mario, Lili, Ricardo, Pepe y Elsa, Con cariño.

A Bertha, Almita, Araceli, Toñito y Eddy, con amor y afecto.



ESCUELA DE
INGENIERIA

EDUCO EN LA VERDAD Y EN EL HONOR

OFICIO NUM: 104

ASUNTO: SE APRUEBA
TEMA DE TESIS.

Marzo 15 de 1973.

SR. PASANTE ANTONIO HERNANDEZ RUIZ.
P R E S E N T E .-

En respuesta a su atenta Solicitud, relativa al Tema de su Tesis Profesional, me permito comunicar a Usted, el que para tal efecto fué propuesto por el Sr. Ing. Antonio Sánchez Hernández. El Título de su Tesis será:

PROCEDIMIENTOS DE EXCAVACION Y EQUIPO EN EL EMISOR CENTRAL DE-
LA CIUDAD DE MEXICO.

- I.- ANTECEDENTES
 - a).- Problema
 - b).- Historia
 - c).- Planteamiento de solución al problema
- II.- DESCRIPCION GENERAL DEL EMISOR
 - a).- Ubicación geográfica
 - b).- Sección longitudinal tipo
 - c).- Secciones transversales tipo
- III.- DESCRIPCION DE LOS SISTEMAS DE EXCAVACION
 - a).- Método de escudo
 - b).- Método de barrenación
 - c).- Método de desgranado
- IV.- DESALOJAMIENTO DE REZAGAS
 - a).- En el frente
 - b).- Transportación en el túnel
 - c).- Manteo en las lumbreras
- V.- SISTEMAS DE SEGURIDAD
 - a).- Seguridad en el manteo
 - b).- Seguridad en los frentes
 - c).- Seguridad en los elevadores de personal

##

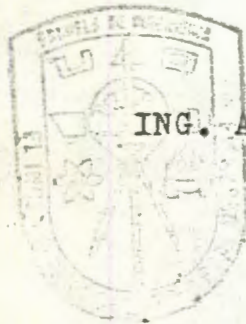


hoja # 2

- VI.- CONCLUSIONES
- VII.- BIBLIOGRAFIA

También hago de su conocimiento las disposiciones de nuestra Escuela, en el sentido de que, antes de su Examen Profesional deberá cumplir el requisito del Servicio Social y de que el presente Oficio se imprima en todos los Ejemplares de su Tesis.

ATENTAMENTE
"EDUCO EN LA VERDAD Y EN EL HONOR " .



ING. ANTONIO SANCHEZ HERNANDEZ.
DIRECTOR.

C.c.p.- Mesa de Profesiones de la U.A.Q.- Edificio.-
C.c.p.- Archivo Escuela Ingeniería.- Presente.-
C.c.p.- El C. Ing. Antonio Sánchez Hernández.- Presente.-

C O N T E N I D O

	página
I.- ANTECEDENTES	
a).- Próblema	1
b).- Historia	2
c).- Planteamiento de solución al Problema	5
II.- DESCRIPCION GENERAL DEL EMISOR	
a).- Ubicación geográfica	10
b).- Sección longitudinal tipo	20
c).- Secciones transversales tipo	23
III.- DESCRIPCION DE LOS SISTEMAS DE EXCAVACION	
a).- Método de escudo	28
b).- Método de barrenación	32
c).- Método de desgranado	35
IV.- DESALOJAMIENTO DE REZAGAS	
a).- En el frente	38
b).- Transportación en el túnel	41
c).- Manteo en las lumbreras	48
V.- SISTEMAS DE SEGURIDAD	

a).- Seguridad en el manto	55
b).- Seguridad en los frentes	63
c).- Seguridad en los elevadores de personal	64
VI.- CONCLUSIONES	66
VII.- BIBLIOGRAFIA	78

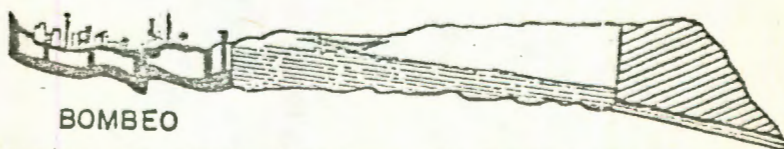
C A P I T U L O I

A N T E C E D E N T E S

A.- PROBLEMA.-

Desde tiempo atrás por las características del subsuelo y por la topografía del Valle de México, la ciudad se ha visto afectada de serios problemas, ya que el centro de la ciudad de México se encuentra cinco metros bajo el nivel del Lago de Texcoco. Esto ha ocasionado que los escurrimientos pluviales reconozcan hacia el centro de la ciudad, despertando la necesidad de construir una red de dimensiones adecuadas que permita el gasto necesario y desalojar las aguas pluviales en un tiempo razonable, evitando así que se acumule el agua durante la precipitación, causando los consiguientes problemas a la ciudad.

CD. DE MEXICO LAGO DE TEXCOCO 5.00 ARRIBA DEL ZOCALO



BOMBEO

EL EMISOR CENTRAL TENDRA UN DESNIVEL ENTRE LA LUMBRERA "O" Y EL PORTAL DE SALIDA DE 100 MTS, LO QUE GARANTIZA LA OPERACION POR GRAVEDAD DEL SISTEMA

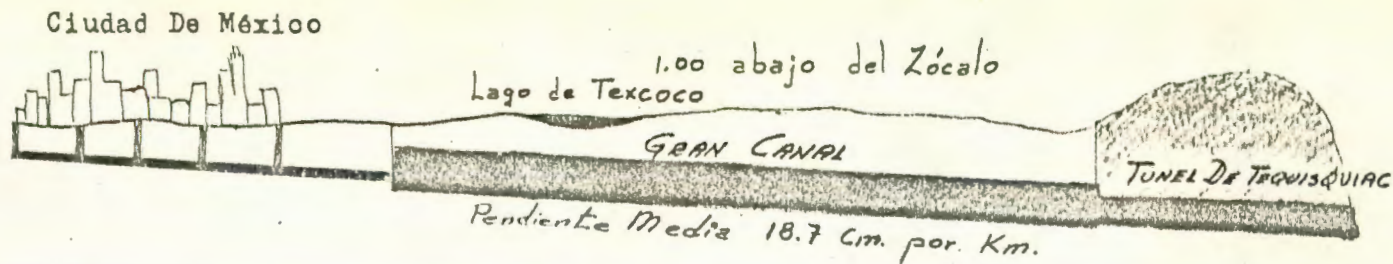
Problemas que pueden llegar a ser tragedias, como la ocurrida en el siglo XVII en que hubo cerca de 30,000 muertos ante la más angustiosa damnificada en que el desaliento corrió por la ciudad y llegó a pensarse en cambiarla de lugar.

B.- Historia.-

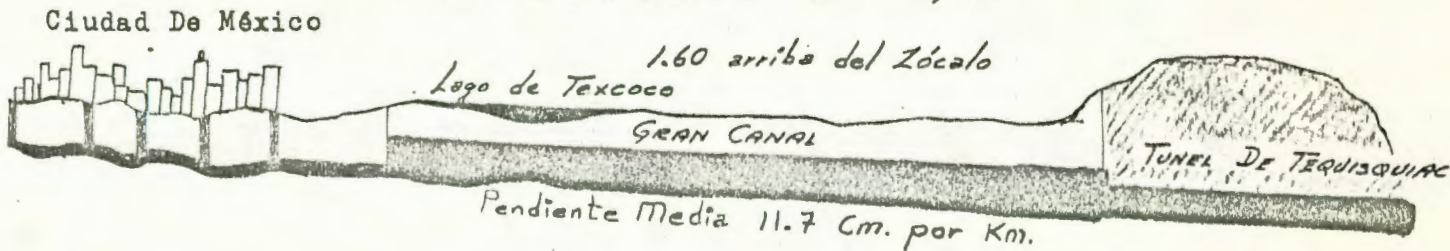
Para combatir el problema, desde hace tiempo se ha tratado de solucionarlo, principalmente por medio de la construcción de canales para el desalojamiento de las aguas, como el llamado "Gran Canal".

Gran Canal que se inaugurara diez años antes de que estallara la Revolución Nacionalista de 1910, en cuya inauguración relataron los nombres de: Read, Campbell, Harris, Pearson y algunos otros como sus constructores.

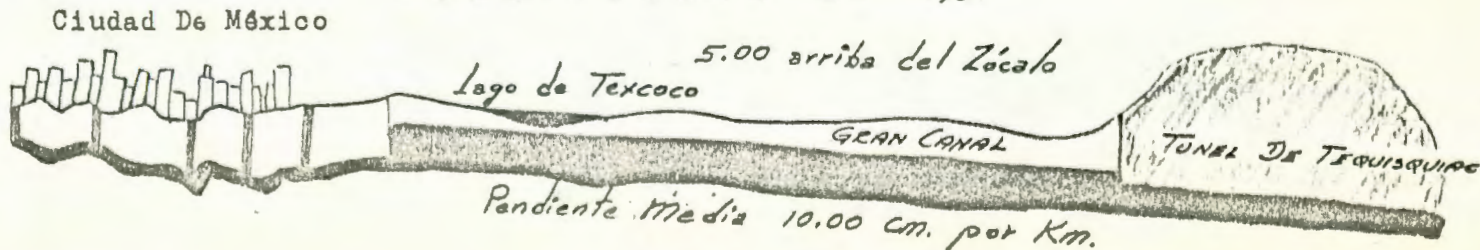
El Gran Canal descarga al túnel de tequisquiac, fue construido con una pendiente inicial de 20 centímetros por kilómetro y debido al hundimiento progresivo de la ciudad de México, en 1910 solo tenía 18.7 centímetros



CONDICIONES EN 1910



CONDICIONES EN 1931



CONDICIONES EN 1967

POR LAS CARACTERISTICAS DEL SUBSUELO Y LOS ESTUDIOS REALIZADOS, SE OPTO POR CONSTRUIR UN TUNEL QUE CONSTA DE DOS INTERCEPTORES CON TRECE LUMBRERAS CADA UNO Y UN EMISOR CENTRAL CON 22 LUMBRERAS.

J. A. Q.
Varizaciones de Pend.
TESIS PROFESIONAL
Antonio Hernández Ruiz



por kilómetro, en 1931 11.7 cm./km. y en la actualidad solo 10 cm./km. de pendiente.

El túnel de Tequisquiac tiene una pendiente media de dos metros por kilómetro y es la continuación del Gran Canal al río Salado en el Estado de Hidalgo.

Dentro de la ciudad se ha tratado de combatir el problema con la construcción periódica de drenajes no muy profundos, los cuales tienen diferentes hundimientos progresivos, perdiendo así sus pendientes de diseño y su continuidad, provocando ensolvamientos y tapaduras, para lo cual el Departamento del Distrito Federal se ha visto obligado a la instalación de plantas de bombeo para reponer alturas perdidas en aquellos puntos críti-

cos de las líneas, en las cuales por el tipo tan blando de terreno y por la abundante humedad en los mismos, el drenaje ha sufrido acentamientos parciales apareciendo quiebres en los ejes originales del alcantarillado.

C.- PLANTEAMIENTO DE SOLUCION.-

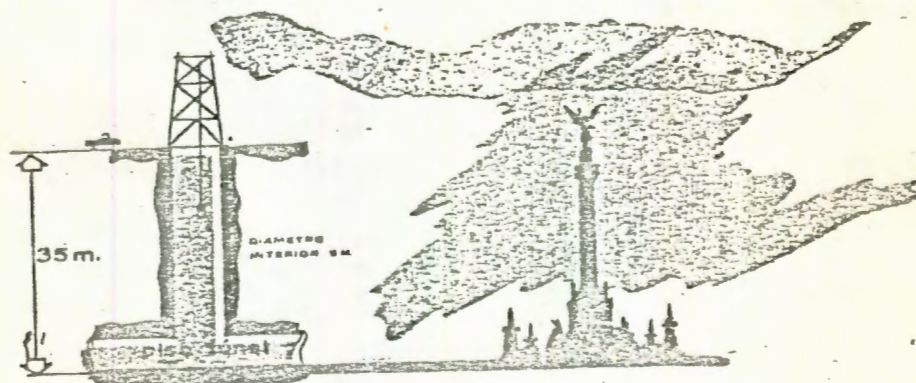
Atender los apremiantes requerimientos y necesidades de una ciudad cuya población rebasa la cantidad de diez millones de habitantes, es tarea difícil.

Por eso, para una solución definitiva al problema, el Departamento del Distrito Federal a través de su "Dirección General de Obras Hidráulicas" puso en marcha la ejecución de una obra llamada "Sistema de Drenaje Profundo".

El Sistema de Drenaje Profundo consiste en la construcción inicial de dos Interceptores Principales dentro de la ciudad, que se unen al Emisor Central en Tenayuca, Estado de México.

Los Interceptores son de un diámetro terminado de 5.00

metros y una longitud en proyecto de 8 kilómetros para el Interceptor Central y 10 kilómetros para el Interceptor Oriente. El Interceptor Central arranca en el monumento de la Raza y el Interceptor Oriente en el "Gran Canal", frente a la calle Oriente 157 de la colonia Díaz Mirón.



LUMBRERA 9 I. CENTRAL

Ambos Interceptores se unen al Emisor Central en la Lumbrera Cero que se encuentra en Tenayuca, Estado de México. En cuanto a capacidad, cada Interceptor conduce 100 metros cúbicos por segundo.

El Emisor Central comienza en la Lumbrera Cero donde se unen los Interceptores y termina en el río "El Salto", junto a la presa Requena en el Estado de Hidalgo, donde

se encuentra el portal de salida; obra complementaria en el extremo aguas abajo del Emisor y es la liga del Emisor al río "El Salto".

La construcción del Emisor que consta principalmente de un túnel de aproximadamente 49.3 Kilómetros de longitud y que requeriría de la construcción en proyecto de 22 lumbreras ó pozos, por los que se formarían dos frentes de ataque en cada una (uno aguas arriba y otro aguas abajo).

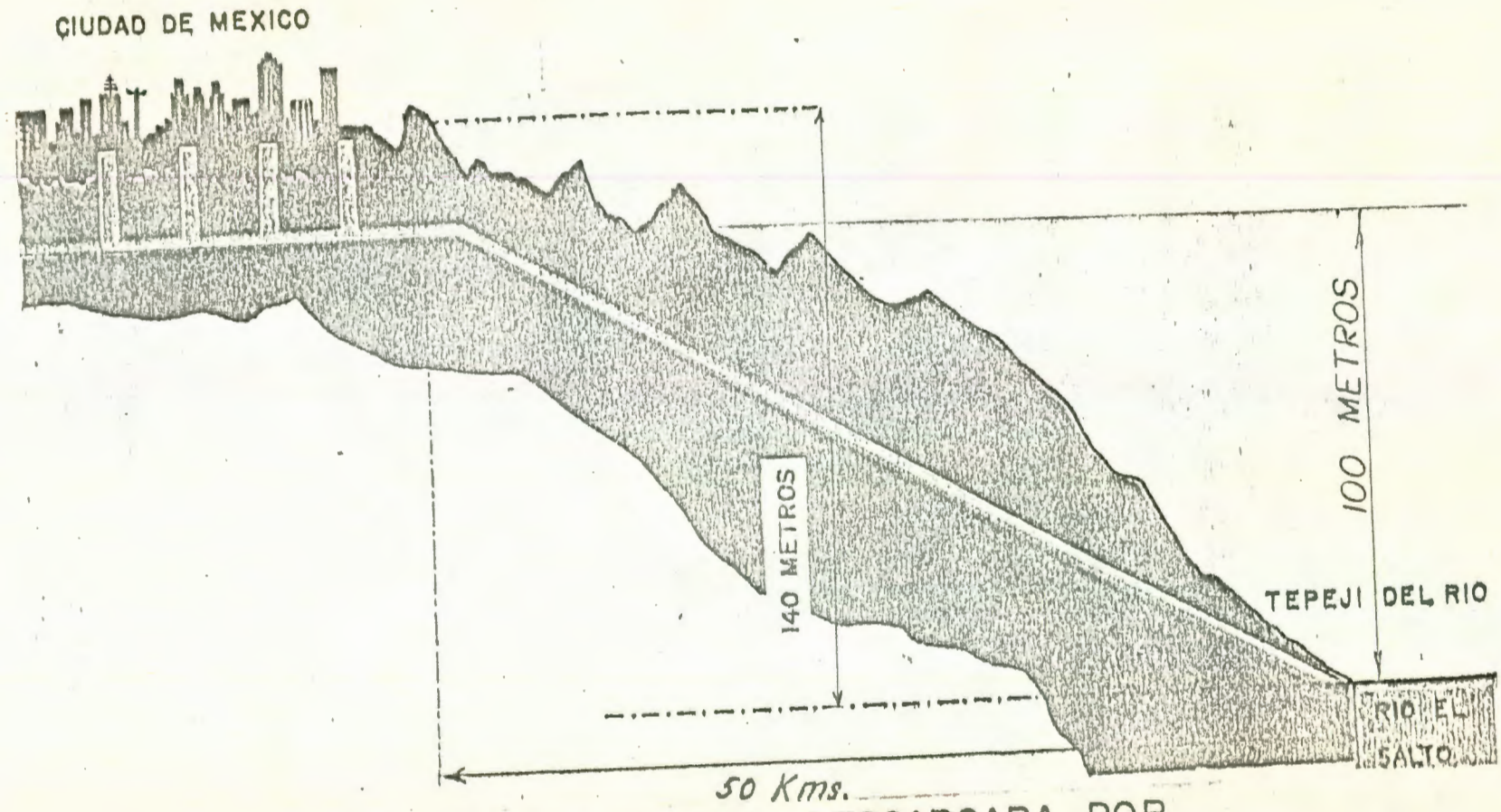
Obra que sería ejecutada por constructoras independientes a las que se les otorgarían ciertos tramos a cada una de ellas. Posteriormente al ver que los avances se tornaban irregulares a lo largo del Emisor, se formó la empresa Túnel S. A. de C. V., integrada por siete de las empresas iniciales que son:

Camino y Urbanizaciones S. A.

Construcciones Urbanas México S. A.

Constructora Belther, S.d.R. L. de C. V.

Constructora Estrella S. A.



EL EMISOR CENTRAL DESCARGARA POR GRAVEDAD LAS AGUAS DE LA CIUDAD DE MEXICO, TENIENDOSE UN DESNIVEL DE 140 METROS ENTRE ESTA Y EL PORTAL DE SALIDA.

Biblioteca Central
UNIVERSIDAD AUTONOMA DE QUERETARO

Universidad Autónoma de Queretaro
Desnivel de Ante-proyecto
TESIS PROFESIONAL
Antonio Hernández Ruiz

Constructora La Guardiania S. A. de C. V.

Constructora Raudales S. A. de C. V.

Ingenieros Civiles Asociados, S. A.

Esta empresa de Túnel S. A. de C. V. fué ocasionada por la Comisión Técnica de Supervisión del Sistema de Drenaje Profundo, órgano inter-secretarial instituido por el presidente de la república, mediante acuerdo publicado en el Diario Oficial, el 24 de Noviembre de 1971; Para revisar, vigilar y dictaminar sobre el proyecto técnico, Los contratos y las especificaciones aplicables en la obra.

La construcción del Emisor de 6.5 metros de diámetro y 49.3 Kilómetros de Longitud aproximadamente, tendría un desnivel de 100 metros, desde la lumbrera cero que comienza el Emisor hasta el portal de salida, lo que garantizaría la operación por gravedad del sistema.

C A P I T U L O II

A.- UBICACION GEOGRAFICA.

La localización general de un túnel, está determinada por sus propósitos, pero la localización exacta está controlada por las condiciones geológicas que prevalecen en el area.

Por ello la fase más importante en el trabajo preliminar, es el estudio geológico, pues deben ser reconocidos con exactitud los rasgos geológicos que pueden hacer difícil y aún imposible su construcción.

De los estudios geológicos e hidrológicos de la zona, entre las características más importantes se considerarán las siguientes:

- 1.- Espaciamiento entre fracturas
- 2.- Distancia entre fracturas
- 3.- Relleno de fracturas
- 4.- Rumbo e inclinación de las fracturas
- 5.- Rumbo e inclinación de las fallas

- 6.- Zonas de fracturamiento
- 7.- Posición, Rumbo e inclinación de los contactos geológicos.
- 8.- Filtraciones
- 9.- Grado de Alteración química de la roca
- 10.- Esfuerzos Tectónicos (resultantes de las presiones de las rocas afectadas por las características geológicas).

El estudio de estas características y sus combinaciones apoyados en 32 sondeos de 76 mm de diámetro, permitió conocer con bastante aproximación, las condiciones reales que presentaría el sub-suelo y el grado de permeabilidad del mismo.

Con las características anteriores se llegó al trazo definitivo del Emisor y se determinó los métodos de excavación a lo largo del mismo, mediante las siguientes conclusiones:

- 1.- Puesto que el tunel se excavaría a 40 y 80 me-

tros debajo del nivel freático, las filtraciones sería el obstáculo principal.

2.- La estabilidad sería el segundo factor debido a las fisuras y fallas que se tendrían que atravesar.

3.- Los avances serían normales en formaciones con regularidad litológica y variables en formaciones con irregularidad litológica.

4.- La excavación en los depósitos lacustres del valle de México, debía ser con el método de escudo, por la irregular consistencia de depósitos finos y más al combinarse con las aguas subterráneas.

5.- Se establecieron las zonas donde el ademado debería seguir inmediatamente a la excavación y otras donde no sería necesario ademar.

6.- Se evitaría atravesar la serie Nochistongo que presenta gran heterogeneidad litológica y gran fracturamiento, pues esto provocaría enormes dificultades al avance, por lo que el

trazo original fué corregido pasando por los cerros de Cincoque y Encinal donde se encuentra gran parte de andesitas y basaltos químicamente sanos.

Por otro lado el túnel atravesaría las sub-cuencas de Texcoco, Cuahutitlán y Tepotzotlán y la de la Requema. Las dos primeras pertenecientes al Valle de México y la Tercera a la Vertiente del Golfo.

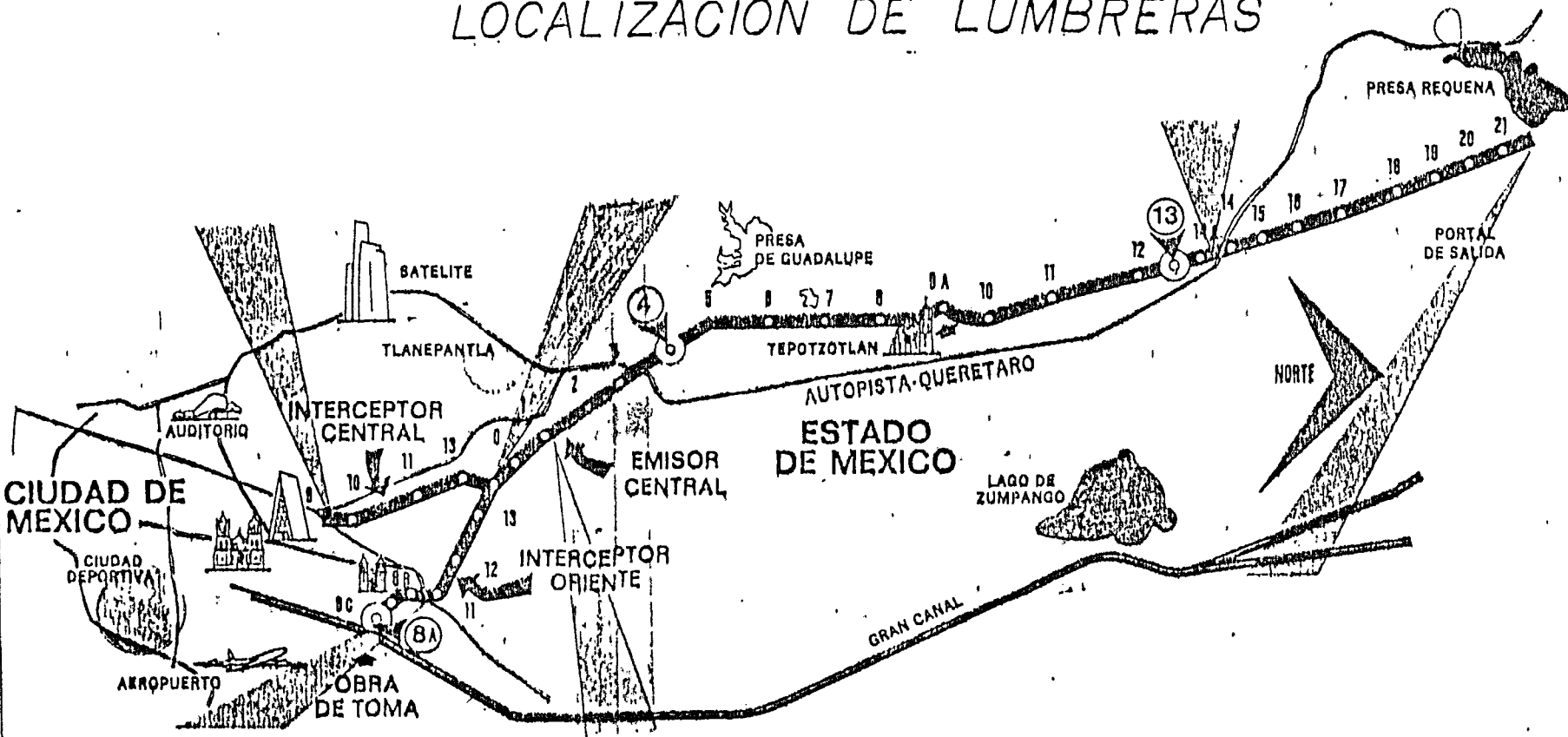
La subcuenca de Texcoco cubre los interceptores y la primera parte del emisor hasta aguas abajo de la lumbrera No. 3, La subcuenca de los ríos de Cuahutitlán y Tepotzotlán, cubren desde aguas abajo de la lumbrera No. 3 hasta aguas abajo de lumbrera No. 16 y la subcuenca de Requena cubre desde aguas abajo de la lumbrera No. 16 hasta el portal de salida.

En la subcuenca de Texcoco se atravesó dos unidades fisiográficas, El valle y la sierra. Dentro del valle quedó el interceptor Central y parte de el interceptor de

Interceptora Central

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE QUERETARO

LOCALIZACION DE LUMBRERAS



TRAYECTORIA DEL EMISOR CENTRAL

U.A.Q.
 Trazo Definitivo
 TRUJIS PROFESIONAL
 Antonio Hernández Ruiz

Oriente y en la sierra la mayor parte del interceptor -
 oriente y la primera parte del Emisor central. En la -
 subcuenca de Tepotzotlán y Cuahutitlán, se tuvo gran -
 cantidad de aportaciones de agua, debido al gran poten-
 cial de infiltraciones y al almacenamiento que tienen -
 las rocas que forman el valle y las sierras de esta sub-
 cuenca. En la subcuenca de Requena se tuvieron filtra-
 ciones menores por fracturas y contactos geológicos, -
 pero la roca es químicamente sana, no presentó problemas
 al contacto con el agua.

En esta forma quedó el trazo definitivo con la locali-
 zación de lumbreras mostrada en el dibujo y los siguien-
 tes datos:

Lumbrera	Diam. de tunel	Pendiente	Cota de R.H.	Cadena- miento
0	6.50 m.	0.00195	2,197.500	0+000
1	6.50 m.	0.00195	2,193.008	2+303.78
2	6.50 m.		2,186.881	5+445.58

		0.00195		
3	6.50 m.		2,183.427	7+216.78
		0.00195		
4	6.50 m.		2,178.516	9+735.22
		0.00195		
5	6.50 m.		2,174.395	11+848.80
		0.00195		
6	6.50 m.		2,169.589	14+313.10
		0.00195		
7	6.50 m.		2,165.159	16+585.30
		0.00195		
8	6.50 m.		2,159.627	19+422.15
		0.00195		
9	6.50 m.		2,155.426	21+576.25
		0.00195		
10	6.50 m.		2,150.243	24+234.16
		0.00195		
11	6.50 m.		2,144.638	27+108.96
		0.00195		

Biblioteca Central

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE QUERÉTARO

12	6.50 m.		2,136.906	31+073.96
		0.00195		
13	6.50 m.		2,133.993	32+567.94
		0.00195		
14	6.50 m.		2,124.219	35+016.04
		0.00195		
15	6.50 m.		2,126.043	36+644.44
		0.00195		
16	6.50 m.		2,122.669	38+374.92
		0.00195		
17	6.50 m.		2,117.967	40+786.34
		0.00195		
18	6.50 m.		2,113.100	43+282.01
		0.00195		
19	6.50 m.		2,110.178	44+780.52
		0.00195		
20	6.50 m.		2,107.259	46+277.63
		0.00195		
21	6.50 m.		2,104.203	47+844.85

Biblioteca Central

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE QUERETARO

0.00195

Portal 6.50 m. 2,101.258 49+355.07

Una vez excavada cada una de las lumbreras, se llevó a cabo una localización de estas, efectuándose una verificación en el trazo del emisor y con esto una corrección al mismo por las excentricidades ocasionadas:

En esta forma cada tramo entre lumbreras del emisor quedó con el siguiente rumbo, incluyendo lumbreras adicionales:

De Lumbrera	A Lumbrera	Rumbo Geográfico.
0	1	36° 17.4' 0
1	2	36° 41.2' 0
2	3	36° 42.3' 0
3	4	36° 42.0' 0
4	5	29° 38.5' 0
5	6	0° 49.4' 0
6	7	0° 49.0' 0
7	8	0° 49.7' 0
8	PI(8-9)	0° 49.4' 0

PI(8-9)	9A	27°	11.5'	0
9A	PI(9A-10)	33°	30.0'	0
PI(9A-10)	10	5°	32.5'	0
10	11	15°	23.7'	0
11	12	15°	24.1'	0
12	13	15°	23.2'	0
13	14A	15°	24.4'	0
14A	14	15°	24.4'	0
14	15	15°	23.9'	0
15	16	15°	24.1'	0
16	17	15°	24.1'	0
17	18	22°	10.3'	0
18	19	22°	10.1'	0
19	20	22°	9.6'	0
20	21	22°	10.7'	0
21	Portal	22°	10.3'	0

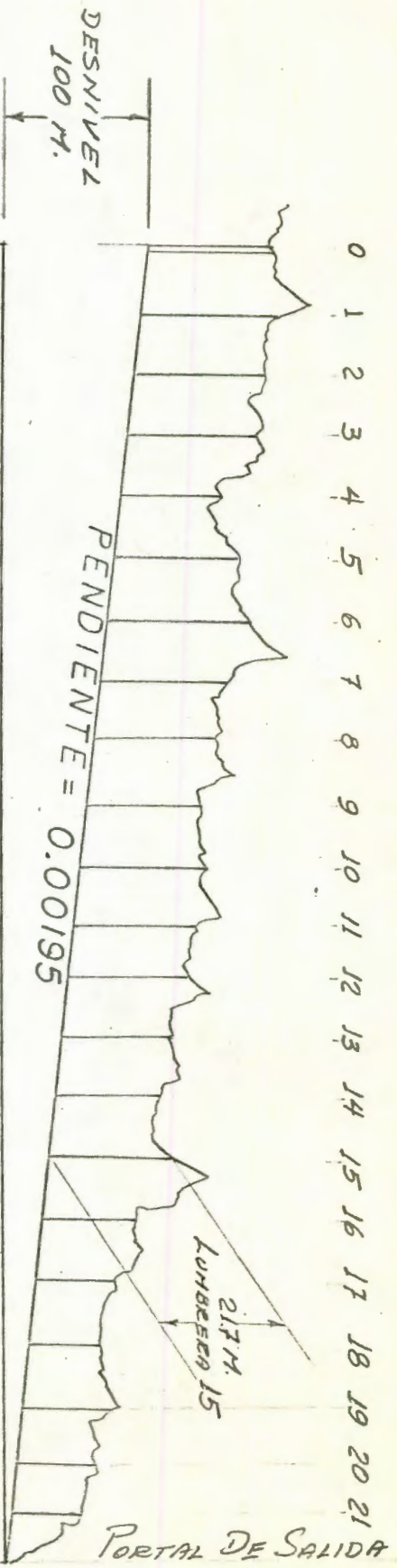
De esta forma la ejecución definitiva del emisor que -
 cuenta con una longitud aproximada de 49.3 Kilómetros -
 de túnel a un diámetro de 6.50 metros y que requirió la

construcción de 24 lumbreras debido principalmente a -
problemas de avance en algunos tramos, Lumbreras de un-
diámetro a pared terminada de 6 metros con excepción de-
la lumbrera cero que tiene 9 metros a pared terminada.,
la lumbrera cero que es donde comienza el Emisor Cen -
tral se encuentra en Tenayucan edo. de México y cuenta-
con una profundidad de 60 metros, mientras que el resto
de las lumbreras que se encuentran repartidas a lo lar-
go del Emisor y que cuentan con profundidades de 125 a
220 metros.

B.- SECCION LONGITUDINAL TIPO.-

En el dibujo de abajo se muestra un corte longitudinal-
del Emisor en el cual puede apreciarse el desnivel en -
tre la lumbrera cero y el portal de salida y la cota -
que se indica de 217 metros, se refieren a la lumbrera -
15, la más profunda del Emisor Central:

LUMBRERAS



49.3 KM.

CADENAMIENTOS

- 0 + 000
- 2 + 303.78
- 5 + 445.58
- 7 + 216.78
- 9 + 735.22
- 11 + 848.80
- 14 + 313.10
- 16 + 585.30
- 19 + 422.15
- 21 + 576.25
- 24 + 234.16
- 27 + 108.96
- 31 + 073.96
- 32 + 567.94
- 35 + 016.04
- 36 + 644.44
- 38 + 374.92
- 40 + 786.34
- 43 + 282.01
- 44 + 780.52
- 46 + 277.63
- 47 + 844.85
- 49 + 355.07

EMISOR CENTRAL

UAG

Esc. De INGENIERIA

TESIS PROFESIONAL

A. HERNANDEZ RUIZ

En la parte superior, se puede apreciar la torre estructural, utilizada para el manto de rezaga y para el apoyo de poleas, de las que bajan la caleza de personal y equipo de construcción utilizado dentro del tunel. El equipo utilizado en el manto de la rezaga se cuenta además de la torre mencionada los botes de descarga automática, guiados por los cables guías a lo largo del pozo y por las guías rígidas en los extremos.

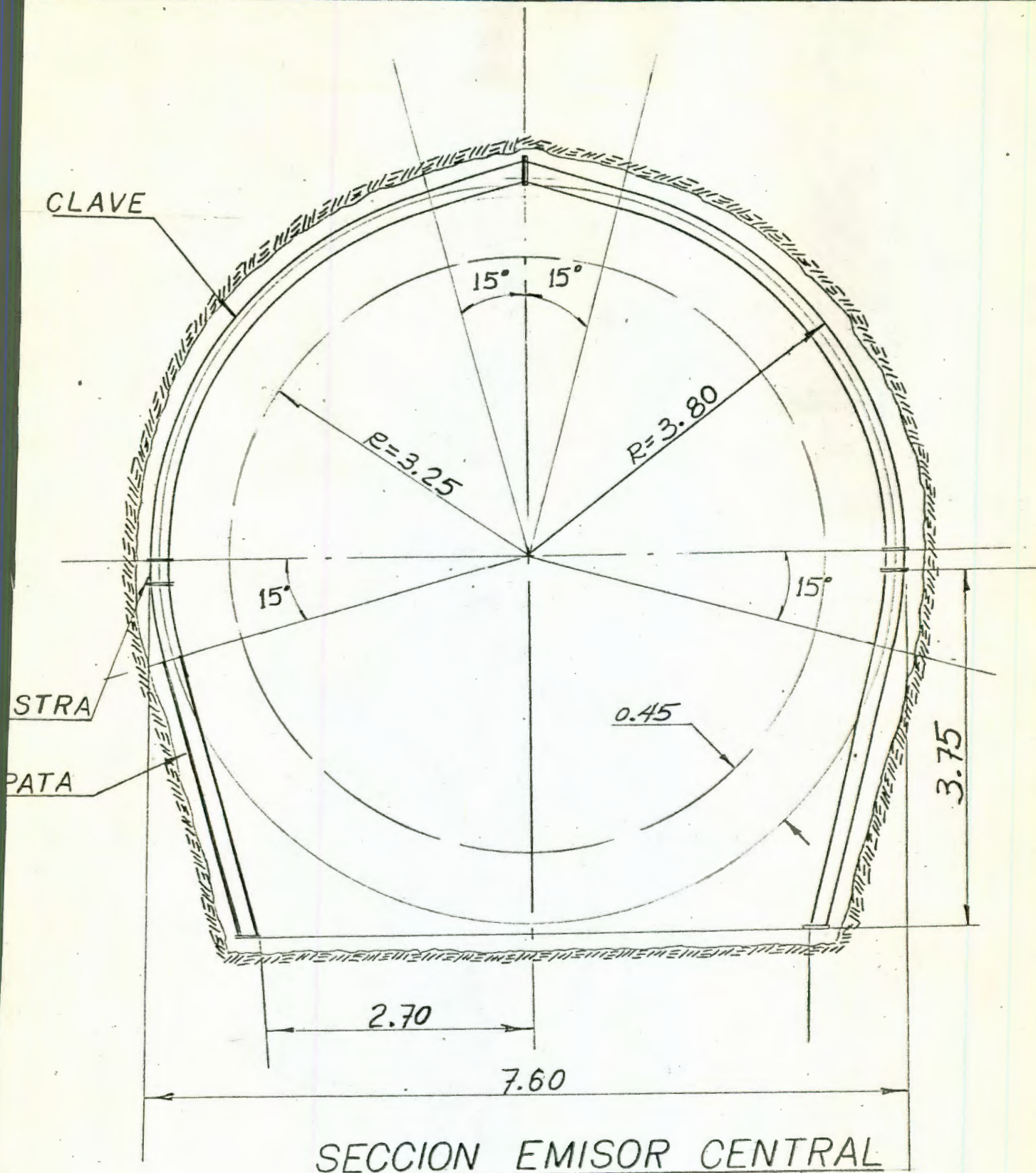
En la parte inferior, se encuentra el pozo de alojamiento de Tolvas de rezaga y perpendicular al túnel y a un lado del tiro de la lumbrera se localiza el cárcamo de bombeo ó galerías, para alojamiento de bombas que se utilizan para el desalojamiento de aguas escurridas. En la realización de esta obra se extrajo un gasto total por filtraciones de aproximadamente 4 metros cúbicos por segundo, por lo que se vió la necesidad de construir las galerías de bombeo mencionadas.

C.- SECCIONES TRASVERSALES TIPO.-

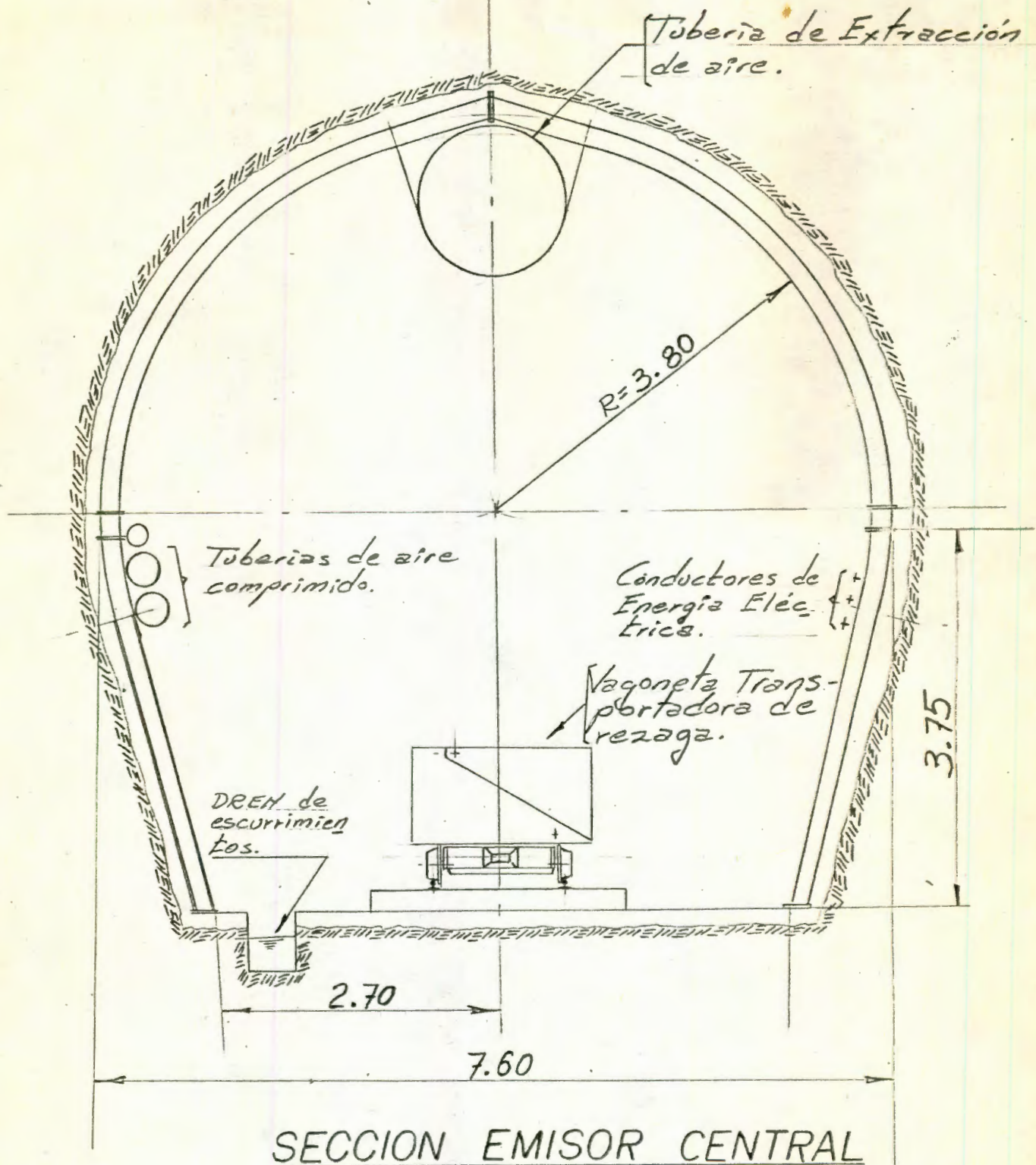
A lo largo del tunel se tienen dos secciones trasversa-

les basicamente, que es la sección ordinaria del túnel -
y la sección de Encapillado, que es una sección mas -
grande que la ordinaria como se muestra en el dibujo de
la misma y la cual se usa para armar el equipo mayor -
que tiene que desarmarse para bajarlo por la lumbrera y
para dar mantenimiento preventivo al equipo que opera -
en el interior del túnel. La sección ordinaria se usa -
solamente para la transportación de rezagas y transito-
de personal y de equipos además de conducir a lo largo
de todo el túnel, las instalaciones de Extracción de -
aire visiado, tuberías de aire comprimido, cables de -
instalación eléctrica y en el piso los drenes de aguas-
escurridas que son guiadas a los carcamos de bombas, -
cerca del tiro de las lumbreras.

En las vias del túnel circulan además de las vagonetas
de rezaga tipo gramby, carros transportadores de perso-
nal, carros de dinamita, carros transportadores de agre-
gados, revolvedores de concreto y todo el equipo de ex-
cavación utilizado en los frentes de ataque.



U. A. Q.
SECCION ORDINARIA
TESIS PROFESIONAL
Antonio Hernández Ruiz



U.A.Q.
SECCION TRANSVERSAL
TESIS PROFESIONAL
Antonio Hernández R.

SECCION DE ENCAPILLADO

Tanque Amortiguador

Tolva Cementera

Carro Transportador de agregados

Vagoneta de Resaca

J.A.Q.

SECCION DE ENCAPILLADO

TESIS PROFESIONAL

Andrés Hernández P.

♀

EJE DE TUNEL

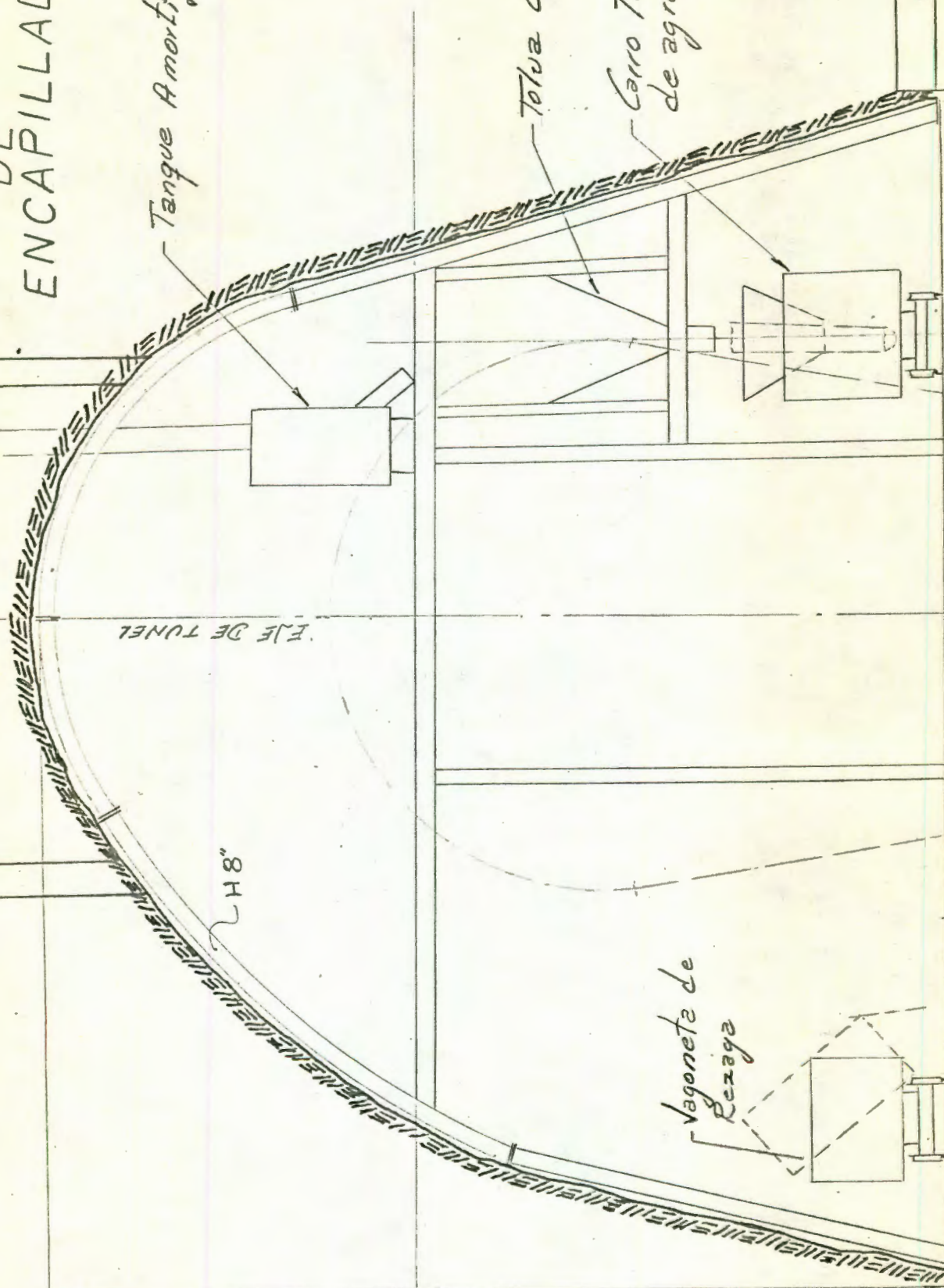
8'8"

3.15

4.95

4.57

5.83



C A P I T U L O I I I

DESCRIPCION DE LOS SISTEMAS DE EXCAVACION.-

El trabajo de la excavación del túnel, contando con los escasos estudios preliminares y a las profundidades tan variadas (desde 40 metros hasta 220 m. de profundidad) presentó un sinnúmero de problemas de todo tipo: de geológia, de filtraciones, requerimiento de equipo adecuado, personal especializado, etc. lo cual se pudo lograr únicamente con la excavación previa de las lumbreras, a demás que solo con estas se lograría un avance uniforme en la obra. Fueron muy variados los tipos de material encontrado y por ende los métodos empleados para su excavación.

a.- Método de escudo.-

En ambas unidades fisiográficas (El valle y la sierra)- encontradas en la sub-cuenca de Texcoco, el agua no fué problema por su volumen en sí, sino que presentó dos tipos de problemas:

1º - Problema de ESTABILIDAD, debido a que el agua arrastró arcillas caoliníticas y bentoníticas, que rellenaban las fracturas, provocando la caída de bloques rocosos de la bóveda del túnel. En el caso de las bentoníticas conteniendo montmorilonitas, se expanden al hidratarse, cargando fuertemente contra el ademe y en ocasiones dañándolo, por lo que en estos casos se inyectó cemento para evitar la filtraciones y consolidar los macizos.

2º - Problema por reducir la COHESION de los sedimentos Lacustres, provocando la disgregación de arenas y Limos arenosos, por lo que en estos casos solo fué posible la excavación del túnel por el método de Escudo. Hay dos tipos de escudo, de frente abierto y de frente cerrado.

El escudo de frente abierto es un cilindro de placa de doble pared, de construcción robusta y con trabesaños intermedios, que permiten alojar entre ellos las unidades de potencia hidraulica que alimentan los cilindros.

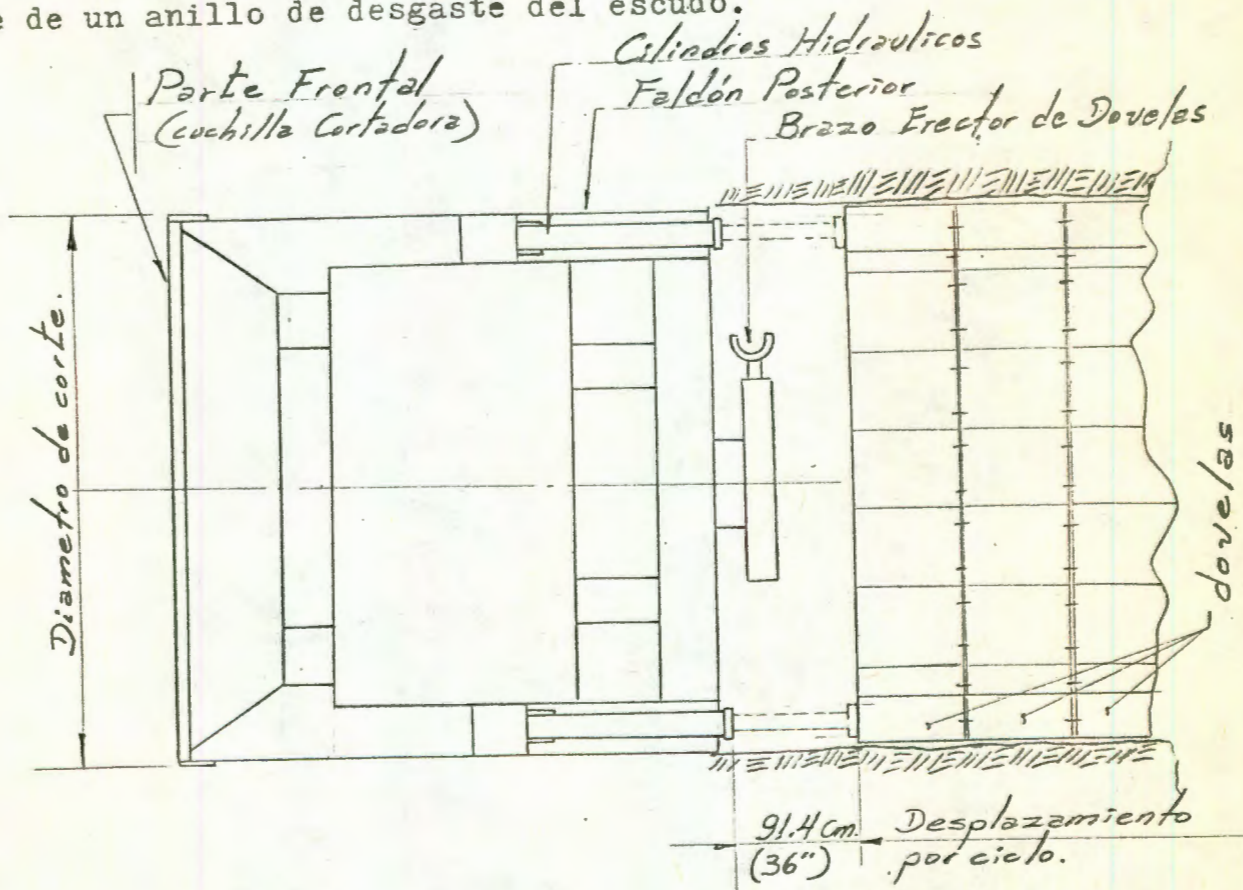
hidraulicos, colocados entre las placas de la pared cilíndrica, con estos cilindros hidraulicos el escudo es impulsado hacia adelante por pasos, manteniendo uniformidad en el avance de excavación y permitiendo la colocación del ademe primario, el cual, es colocado con el auxilio de un brazo elector, instalado en la parte posterior del escudo, que toma las dovelas de concreto formando un anillo con ellas, en donde será apoyado el escudo, para posteriormente repetir el ciclo de operación. El excavar con escudo ofrece las siguientes ventajas:

- La excavación del túnel puede hacerse a sección completa.
- Ofrece un soporte constante al terreno, en todas direcciones.
- Facilita el trabajo de construcción, proporcionando seguridad en las operaciones.
- Evita deformaciones excesivas del terreno, reduciendo los asentamientos en la superficie.

El escudo de frente cerrado es un equipo de estructura-

similar al de frente abierto, solo que éste está cerrado en su parte frontal y es equipado con un tren de bombas para el desalojamiento de lodos licuados.

El diámetro de la cara de corte en los escudos, es ligeramente mayor al resto del cuerpo del escudo, con objeto de aligerar presiones de la tierra sobre el escudo, - además de que esta cara de corte presenta un resalto - en su perímetro mayor en el lado de ataque, que consiste de un anillo de desgaste del escudo.



ESCUDO DE FRENTE ABIERTO.

b.- Método de Barrenación.-

Una gran parte de la excavación del Emisor Central, pertenecientes a las subcuencas de Cuahutitlán - Tepotzotlán y Requena, fué realizada con este método.

El empleo de este método, exige que los tipos de materiales a excavar sean lo suficientemente capaces de permitir el uso de explosivos, ya que de lo contrario, los métodos a emplear en excavaciones de materiales con dudosa estabilidad, serán diferentes ó el uso de explosivos muy limitado y en zonas del frente que no arriesguen su estabilidad.

En el emisor central, que es un túnel profundo y el cual depende para todas sus actividades de las lumbreras, siempre fué necesario trabajar con materiales (producto de excavación) de tamaño reducido (máximo de 38.1 a 50.8 cms.), pues los elementos de carga, como rezagadoras, cargadores, palas, botes, etc., exigen estas características en las voladuras que se efectúen.

Los pasos a seguir en el método de barrenación son los-

Biblioteca Central

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE QUERÉTARO

siguientes:

- Barrenación
- Carga con explosivos y conexión eléctrica de los mismos.
- Retiro del equipo, voladura y ventilación.
- Rezagar el material producto de la voladura.
- Protección de la excavación (ademe).

Barrenación.- Esta actividad consiste, en efectuar las perforaciones necesarias en el frente de trabajo, distribuidas según un diagrama de barrenación, previamente elaborado para obtener la fragmentación deseada. En la excavación del emisor, donde se usó este método, se aplicó la distribución de CUÑA.

Carga con Explosivos y conexión eléctrica de los mismos
Esta actividad es la más importante en la excavación con este método, En términos generales los pasos a seguir en esta actividad son los siguientes:

- Manejo de explosivos hasta que llegan al frente de trabajo.

- Preparación y carga apropiada de explosivos.
- Conectar eléctricamente los explosivos con los intervalos de tiempo adecuados entre una serie y otra.

Retiro de equipo, Voladura y ventilación del Area,- Previamente a la voladura, se debe retirar todo el equipo de barrenación y retirarlo lo suficiente para evitar que pueda ser dañado con el producto del disparo. La voladura se efectúa después de checar todos los circuitos y retirar todo el equipo y a todo el personal del area peligrosa.

Inmediatamente después de la tronada sigue el proceso de ventilación del area, la cual puede efectuarse por medio de los siguientes tres sistemas:

- Inyección de aire fresco desde el exterior.
- Extracción de humos y gases desde el interior del túnel.
- Inyección de aire fresco durante las operaciones de barrenación, rezaga y extracción de hu

mos y aire vaciado, durante la carga y voladura.
ra.

Rezagar el material producto de la voladura.- Esta actividad consiste en el desalojamiento del material producto de la tronada, hasta desalojarlo de la obra, comprendiendo principalmente las siguientes actividades:

- Carga de vagonetas en el frente.
- Transportación en el túnel.
- Manteo en las lumbreras.

Protección de la excavación (Ademe).- Esta actividad consiste en la protección de la zona excavada previamente, mediante el procedimiento y elementos más adecuados al tipo de material que se presenta. En el emisor se usarán los siguientes tipos:

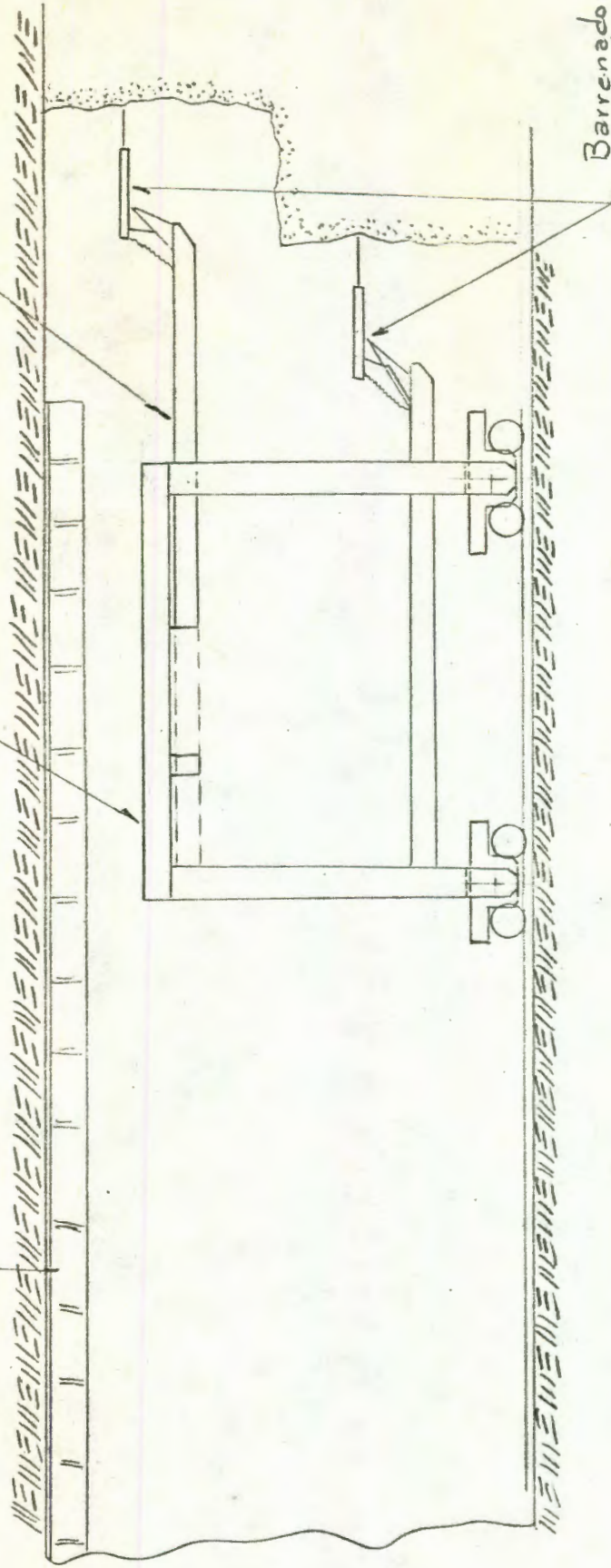
- Marcos metálicos y retaque con madera.
- Pernos de soporte.
- Concreto lanzado.
- Tratamientos con cemento inyectado.

c.- Método de Desgranado.- Llamada también excavación a

Tuberías de Extracción de aire viciado.

Lumbo de Barrenación

Plataforma TELESCOPICA



Barrenadores Neumáticos

JUMBO DE BARRENACION EN ATAQUE DE FRENTE ESCALONADO

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE QRO.
ESC. DE INGENIERIA

SECCION LONGITUDINAL

TESIS PROFESIONAL

AUTONIC HERNANDEZ RUIZ

sección completa, se llevó a cabo en zonas donde existe una combinación de rocas y materiales de estructura pequeña, y fué realizado con mecanización de la excavación con equipo sobre vias y sobre llantas neumáticas, así como artificios de rezaga realizados directamente del frente de ataque.

Tambien fué aplicado este método en excavaciones de frente escalonada, realizada esta en secciones de roca no muy consistente y variable en su formación, dando lugar al uso de ademe metálico ó marcos estructurales. En la aplicación de este tipo de excavación se usaron los Jumbos de barrenación con plataforma superior telescópica.

C A P I T U L O IV

DESALOJAMIENTO DE REZAGA.-

Esta actividad consiste en retirar la rezaga desde el frente de ataque hasta el exterior de la lumbrera, por lo que implica el movimiento de material en diferentes etapas con diferente equipo, lo cual hace necesaria la coordinación de operaciones, además que con la coordinación se minimiza el equipo a utilizar, haciendo por un lado, la maniobra ágil y por el otro lado, menos inversión en equipos.

Hay tres pasos ó etapas principales para el desalojamiento de rezagas:

- Desalojamiento de Rezaga en el frente.
- Transportación a lo largo del túnel.
- Manteo en las lumbreras.

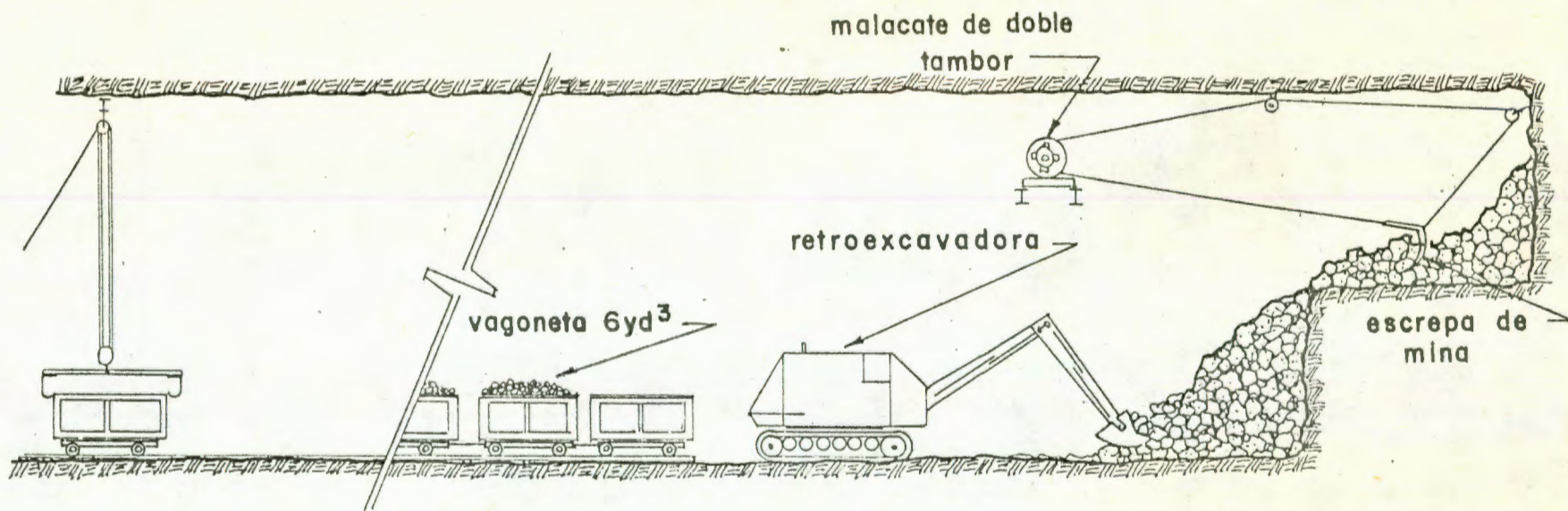
a.- DESALOJAMIENTO EN EL FRENTE.-

El desalojamiento de rezaga en el frente está directamente ligado con el equipo de excavación, ya que normal

mente la máquina de ataque en el frente es la encargada de cargar las vagonetas que la transportarán. Este desalojamiento en los frentes se hizo con tres diferentes tipos de equipo:

- Con rezagadoras CONWAY (Mod. 100-2), las cuales se mueven sobre vías, pero como éstas no pueden llegar hasta el frente de ataque, se usó un equipo que sirva de base a la rezagadora, llamado "PUENTE NAVAJO", el cual contiene la vía en la que se mueve la rezagadora. - la característica más importante de estas rezagadoras es que aunque se desplaza sobre vías su estructura principal se gira sobre el chasis, permitiéndose así cubrir todo el frente, son equipadas en el frente con un cucharón de uñas como los otros equipos y en la parte posterior con una banda, transportadora, el cucharón vacía la rezaga en una tolva, alimentadora de la banda transportadora, la cual llena las vagonetas por la parte posterior.

- Con cargadores de tipo lateral CATERPILLAR, -



REZAGADO DEL FRENTE

Universidad Autónoma de Oro.
Rezagado en el Frente
TESIS PROFESIONAL
Antonio Fernández Ruiz.

montado sobre llantas neumáticas, lo que requería que -
el terreno estuviera relativamente plano, pero que le -
permitía moverse con más libertad en el frente.

- Con pala mecánica "YUMBO" (conocida como Re -
tro-excavadora), montada sobre orugas, lo que le permi -
te moverse en terreno lodoso aunque no con la agilidad -
del cargador CATERPILLAR, y que en ocasiones fué auxi -
liada con una escrepa de mina, sobre todo cuando el ata -
que se hacía a media sección con talud en el frente.

El coordinarlo mejor posible los movimientos de rezaga -
dora con cambio de vagonetas a cargar, trae como conse -
cuencia como ya se mencionó, el usar menos equipo, evi -
tando con esto el congestionamiento y logrando además -
un avance efectivo en el desalojamiento de rezaga en el
frente.

B.- TRANSPORTACION EN EL TUNEL.-

En el trayecto desde el frente de ataque al tiro de la -
lumbera, la transportación de la rezaga se generalizó -
a lo largo del Emisor, pues el equipo empleado fue prác

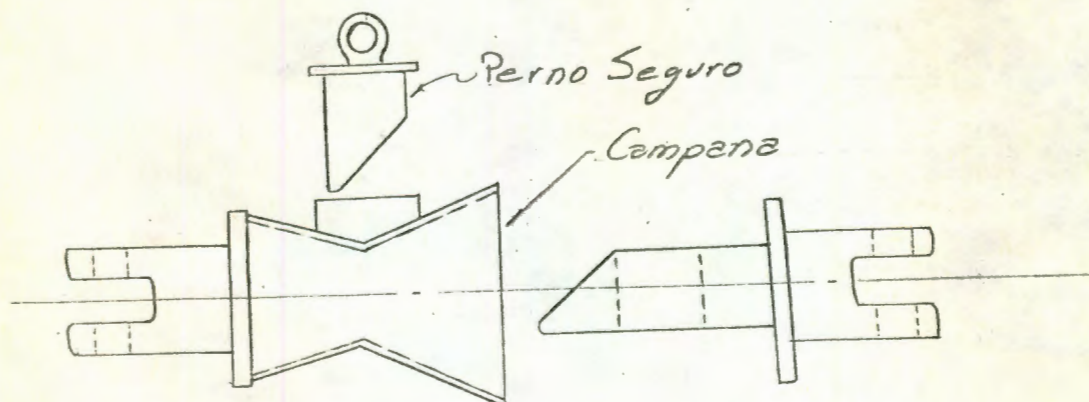
ticamente el mismo aunque en el comienzo de la obra fue diferente debido a las circunstancias de cada uno de los contratistas, ya que algunos de ellos equipaban sus tramos con equipo nuevo y algunos otros con equipo usado; pero al ser controlada la obra por "TUNEL, S. A.", - ésta uniformizó las condiciones del equipo, teniendo como principal factor la corrección en el avance a lo largo de cada uno de los tramos que eran atacados por los diferentes contratistas.

Este equipo consistió principalmente de:

- Vagonetas tipo Gramby (Volteo Lateral).
- Cambios California.
- Carros Separadores.
- Puentes Navajos.

Vagonetas tipo Gramby.- Estas vagonetas tienen la característica principal de ser de volteo lateral. Las primeras que se utilizaron en la obra fueron importadas de Inglaterra por el Departamento del Distrito Federal y - más tarde se fabricaron en México. Estas vagonetas es-

tán equipadas con acopladores tipo Campana, los cuales -
permiten el enganche de las vagonetas automáticamente -
al choque de las mismas y su desacoplamiento con solo -
levantar el perno seguro al centro de la Campana.



ACOPLADOR TIPO "CAMPANA"

Cada locomotora remolcaba hasta 12 vagonetas a la vez, -
permitiendo un avance suficiente en el desalojamiento -
de la rezaga para un tramo promedio de túnel, ya que la
eficiencia en el tiro de la lumbrera para el desaloja -
miento de la rezaga va variando con la longitud de tú -
nel excavado por el tiempo de recorrido de las vagone -
tas.

Cambios California.- Se fabricaron en México con Ingeniería de "MORAN ENGINEERING COMPANY". Son plataformas de viguetas equipadas con rodillos embalados, montados en horquillas que giradas con gatos hidráulicos levantan las secciones de la plataforma para poder ser remolcadas con una rezagadora, con un trascavo o simplemente con un malacate.

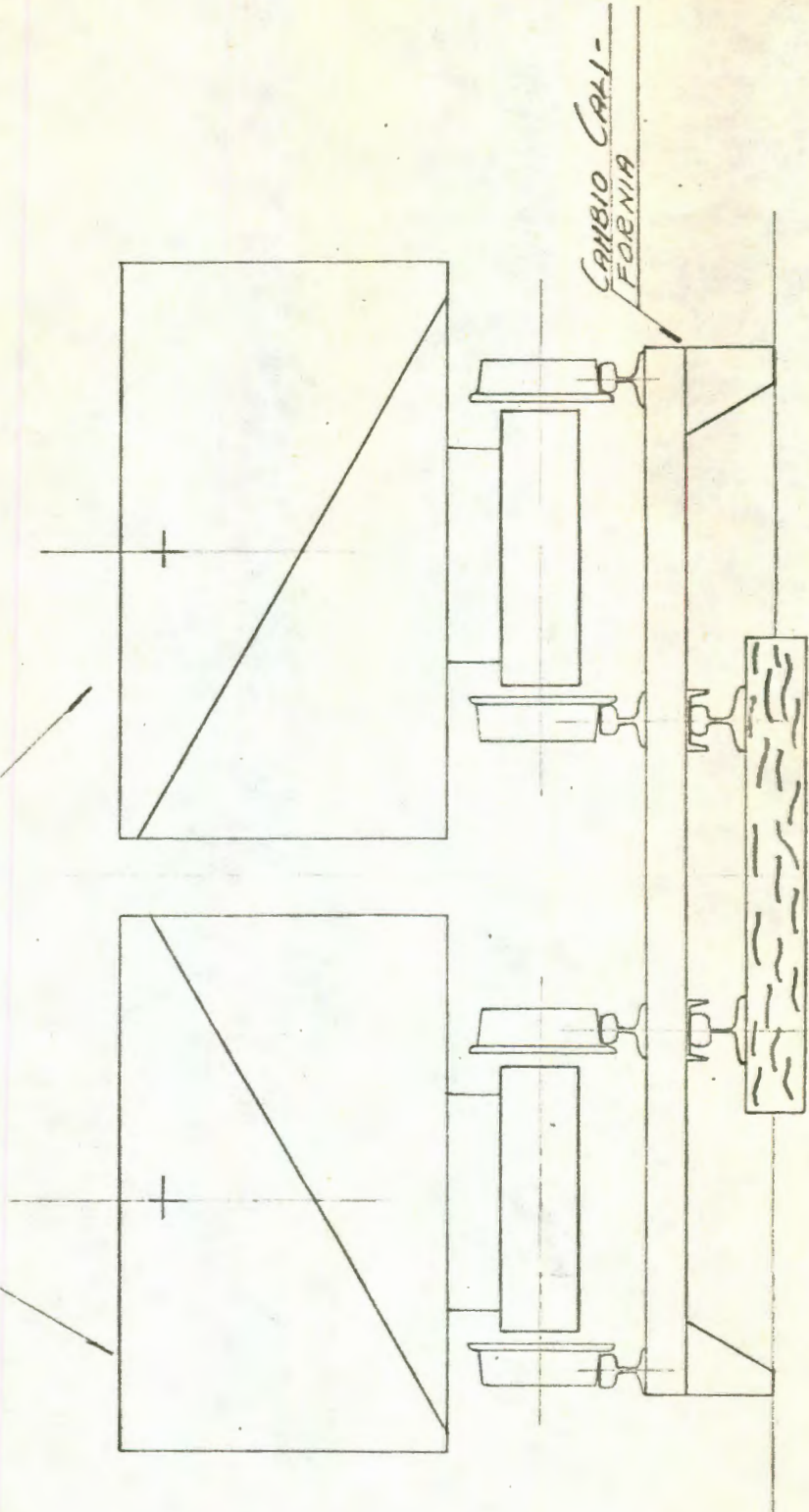
La función principal de estos Cambios California es para colocar sobre ellos los cambios de vías de las vagonetas para evitarse la instalación de una doble vía a lo largo de todo el túnel y se efectúen los cruces de trenes sobre estos cambios; o sea, la que va al frente con la que viene de este y de esta forma, agilizar el acarreo de vagonetas con rezaga.

Estos Cambios California se usaron de la siguiente forma: Cuando el avance del tramo es pequeño se usó uno solo cerca del frente, cuando había "Puente Navajo", éste es unido al Cambio California y cuando el avance de la obra es mayor.

Biblioteca Central

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE QUERÉTARO

VAGONETA DE REZAGA



CAMBIO CALIFORNIA

VISTA FRONTAL DEL CRUCE DE DOS
VAGONETAS SOBRE EL CAMBIO
CALIFORNIA

U.A.Q.
TESIS PROFESIONAL
Antonio Hernández Ruiz

Aparte del primer Cambio se usó otro en un lugar intermedio entre el frente de ataque y el tiro de la lumbreira para evitar que un tren de vagonetas tuviera que esperar ya sea en el frente o en el tiro de la lumbreira, mientras que la otra hace el recorrido en el túnel.

Carros Separadores.- En las ocasiones en que no había Cambio California en el frente, se usaron "Carros Separadores", Pues como la rezagadora empezaba a cargar las vagonetas delanteras y como la rezagadora quedaba directamente apoyada sobre la vía, llegaba un momento en que la rezagadora ya no alcanzaba las vagonetas traseras para cargarlas y entonces el carro separador sacaba las vagonetas traseras de la vía de una en una para dejar las que ya estaban llenas pasaran a la parte trasera, dejando espacio a las vagonetas vacias para ser llenadas por la rezagadora. Estos Carros Separadores fueron fabricados también en México con ingeniería de "MORAN ENGINEERING COMPANY".

Puentes Navajos.- Estos equipos son plataformas que como su nombre lo indica, sirven de puentes entre los Cambios California y la rezagadora conway, por lo que se usaron solamente donde se necesitaba con ésta última.

Además de estos equipos, existieron otros equipos auxiliares como son principalmente las grúas puente en la Sección de Encapillado, que son de los pocos equipos fabricados con ingeniería mexicana, por ser de servicio moderado y semi-pesado, además otros equipos como carros para la transportación dentro del túnel de personal, explosivos, materiales, etc.

Los carros de explosivos son carros especialmente diseñados en su interior con materiales anti-chispa y perfectamente aislados de posibles fricciones metálicas en el exterior.

Las grúas puente se utilizaron principalmente en el ensamble interior de maquinaria pesada, las cuales por sus tamaños, fue necesario desarmarlas en el exterior para poder bajarlas por el tiro de la lumbrera y poste-

riormente auxiliados de las grúas puente, armarlos dentro del túnel en la Sección de Encapillado.

c.- Manteo en la lumbrera.- Esta actividad consiste izamiento de la rezaga desde las tolvas alojadas en la parte inferior de la lumbrera; hasta las tolvas exteriores en la torre estructural colocada en el brocal de la lumbrera.

El equipo empleado en esta operación, llamado equipo de manteo, estuvo compuesto de los siguientes:

- Torre estructural con tolvas exteriores.
- Bote de rezaga de descarga automática, el cual es izado por un malacate con cables resbalando en poleas en la corona de la torre y guiado por cables anclados en sus extremos (superior e inferior).
- Plataforma de Brocal de Lumbrera, sobre la cual se colocaba la torre estructural.
- Plataforma a nivel de tunel.
- Tolvas inferiores, en donde vaciaban la rezaga

- las vagonetas y de las cuales se llenaban los botes de descarga automática.

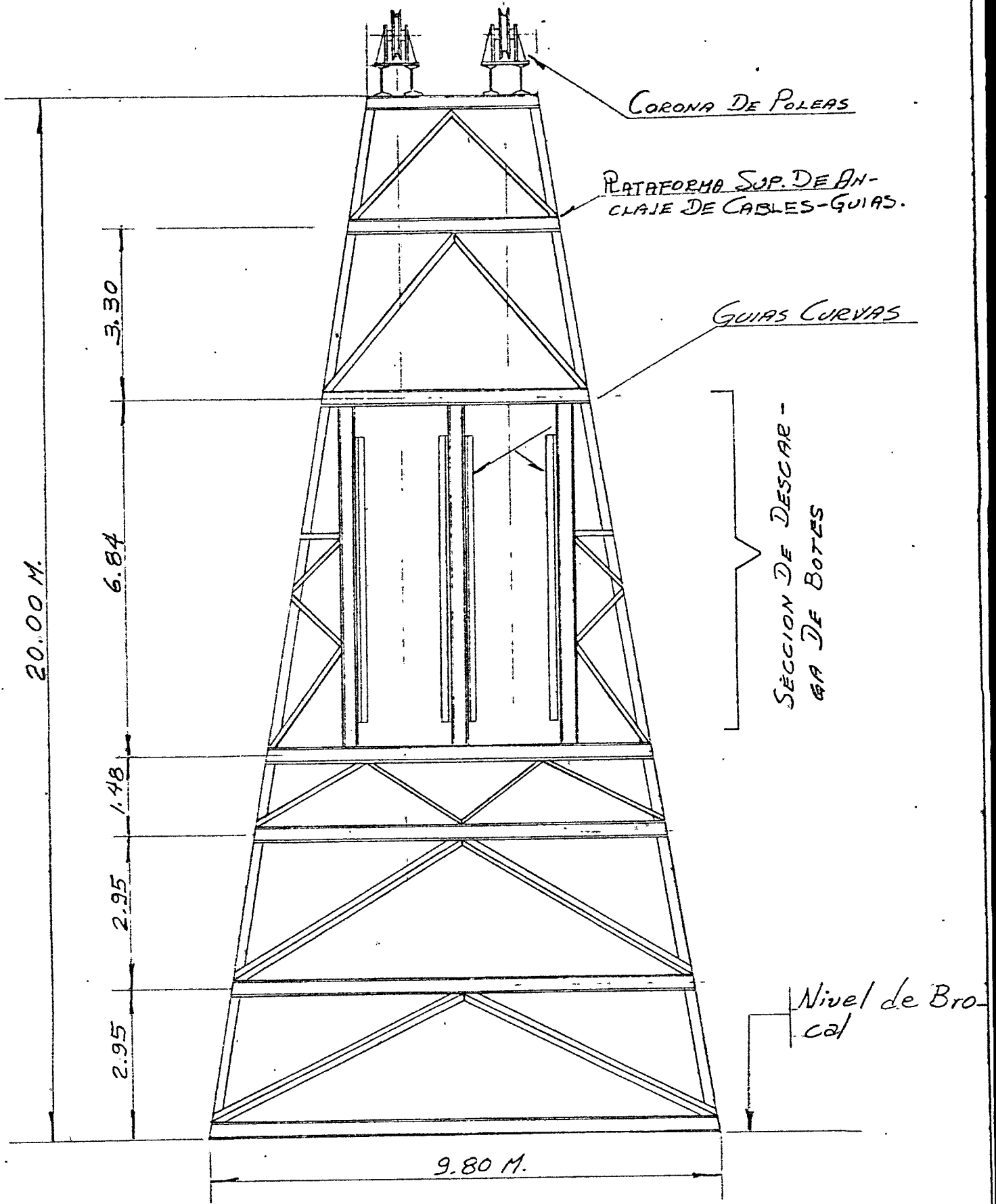
La torre estructural en la parte superior de la lumbrera, sirve en terminos generales para elevar el bote de rezaga hasta descargarlo en las tolvas exteriores, de posición elevada que por compuertas accionadas con cilindros hidráulicos cargaban los camiones que llevarian la rezaga a los lugares de tiro.

El bote de rezaga (SKIP), de descarga automática se empleó para elevar la rezaga desde el túnel hasta el exterior de la lumbrera.

Plataforma de brocal.- Se usó como base para la torre estructural, y además es el soporte de guías rígidas de los botes de rezaga, a la vez que en esta plataforma se definen los espacios para el paso de instalaciones: de Extracción de agua, de extracción de aire viciado, de Introducción de aire comprimido, de energía eléctrica, así como de pasos de botes de rezaga y calesa de personal.

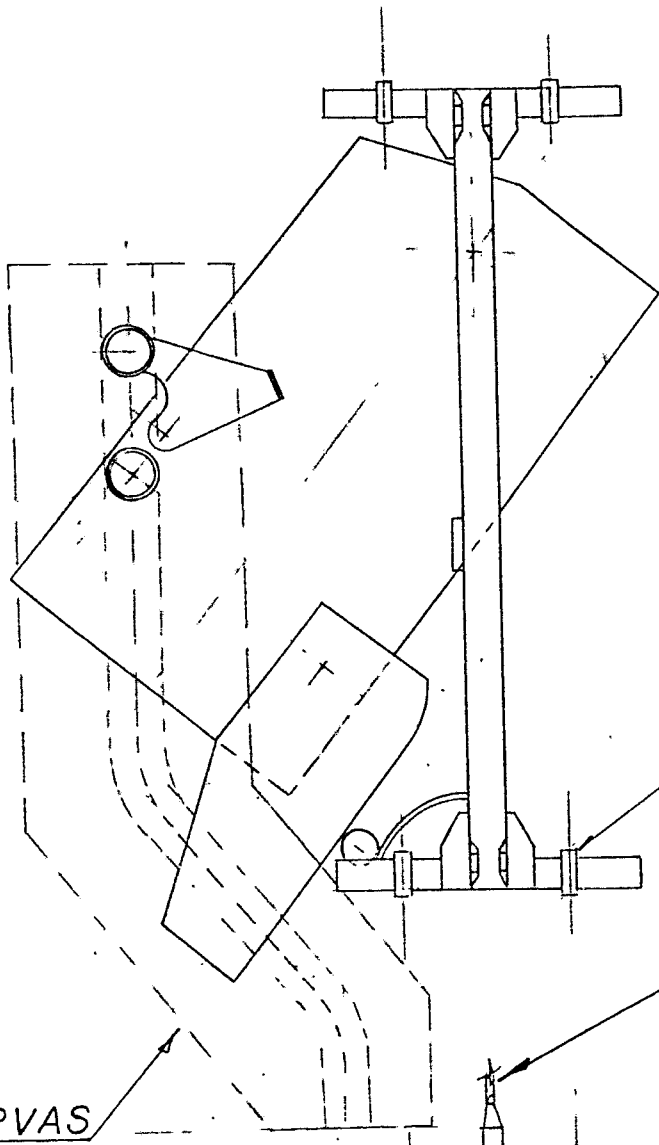
Plataforma a nivel de túnel.- Se instaló para permitir el paso de las vagonetas sobre ella, al momento de descargar en las tolvas inferiores, también se fijó en esta plataforma las guías rectas inferiores para los botes de rezaga y se instaló sobre ella la plataforma de desenso de personal al desender la calesa.

Tolvas inferiores, se encuentran suspendidas de la plataforma a nivel de túnel y son básicamente tolvas reguladoras, para evitar que estén las vagonetas esperando que los botes bajen para poder descargar.



FRENTE DE TORRE DE MANTEO

J.A.Q.
 Tesis Profesional
 Antonio Hernández R.

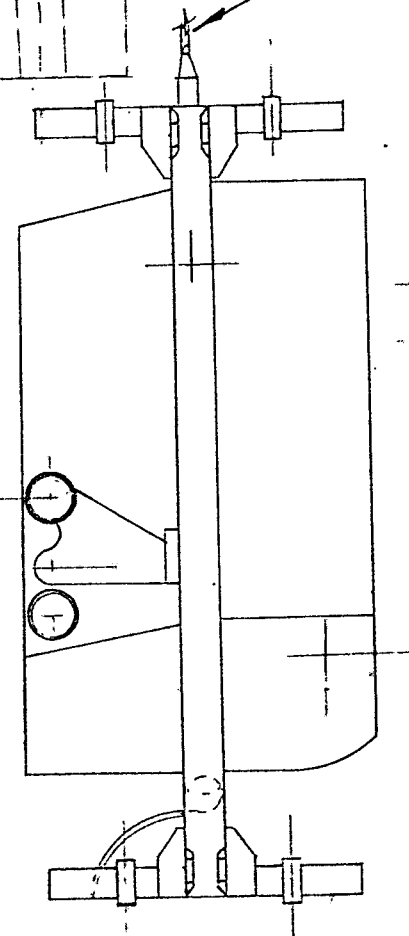


POSICION DE
DESCARGA

ABRAZADERA PARA
CABLES-GUIAS

CABLE DE IZAJE

GUIAS CURVAS



BOTE DE MANTEO

U. A. Q.
BOTE DE REZAGA.
TESIS PROFESIONAL
Antonio Hernández Ruiz

C A P I T U L O V

SISTEMAS DE SEGURIDAD .

Este capítulo merece atención especial, no en esta obra específica sino en todas las obras de cualquier tipo - que se trate, pues debe ser de interés común proteger - la integridad física de todos los trabajadores, independientemente que por los accidentes se ocasionan retrasos y costos extras en la obra, ya sea por equipos dañados o simplemente por trabajos no previstos.

Una parte muy importante de la seguridad es la colocación adecuada de avisos en lugares estratégicos para advertir antes que nada a las personas de los peligros - que les asechan, para que eviten hasta donde les sea posible accidentes en sus personas o en sus propios compañeros de trabajo.

Para poder describir adecuadamente los métodos de seguridad empleados en las diferentes secciones de la obra,

se ha dividido este capítulo en los siguientes incisos:

- Seguridad en el manteo
- Seguridad en los frentes
- Seguridad en los elevadores de personal

A).- SEGURIDAD EN EL MANTEO.-

Esta parte de la obra fue la más importante en el tema de seguridad, por ser obra de tipo vertical y por la cantidad de elementos que la componen. Aunque toda la estructura está sujeta a vibraciones, existen elementos mecánicos que requieren de revisiones continuas como son, en los Malacates: Las flechas, los frenos de los motores, los acoplamientos, los interruptores límite y el elemento principal en este aspecto que son los cables de izaje de los botes de rezaga y de las calesas de personal, así como los seguros tijera y los ganchos de suspensión para calesas de personal.

En la torre de la lumbrera se encontraban elementos mecánicos como poleas, los propios botes de rezaga, los

cuales necesitan revisiones periódicas para evitar sobre todo que la rezaga sea descargada fuera de las Guías Curvas, pues de suceder esto, ocasionaría que la rezaga se precipitara por el tiro de la lumbrera, destruyendo todas las instalaciones, y personal que se encuentre a su paso.

Además de éstas revisiones periódicas, una fase muy importante de la seguridad en el manto, es la instalación de ciertos equipos o accesorios como se listan a continuación:

1. Interruptor Límite en el Mlacate.
2. Seguros de tijera en los botes de rezaga.
3. Plataformas a nivel de brocal.
4. Plataformas a nivel de túnel.
5. Cables Guías.
6. Guías Rectas.
7. Guías Curvas
8. Escalera de Emergencia.
9. Calesa para Personal.

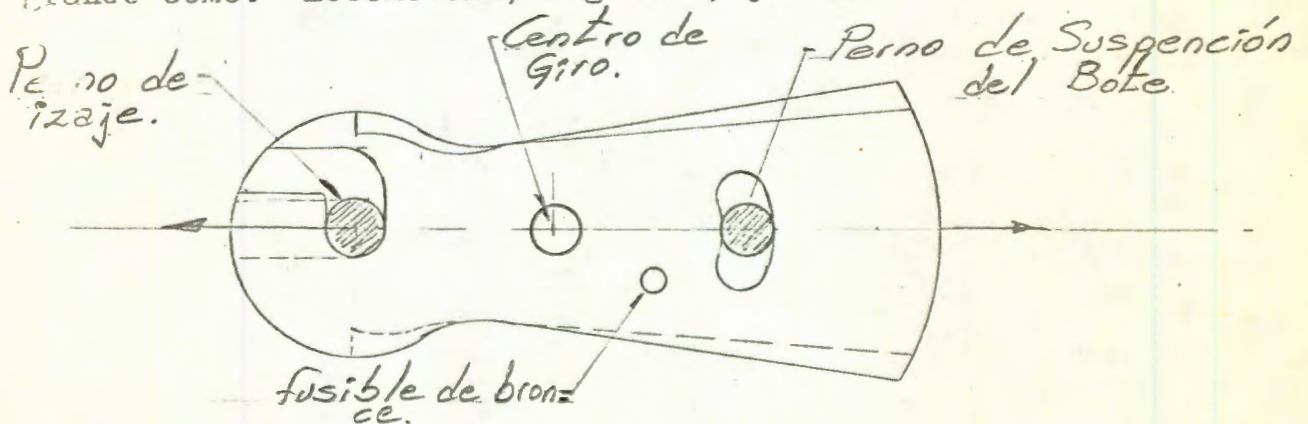
1. Interruptor Límite para el Malacate que limita directamente el número de vueltas que debe dar el tambor tanto en el movimiento ascendente de la carga como en el sentido descendente de la misma, por ejemplo: Si por la profundidad de la lumbrera el bote tuviera que recorrer 148 metros y si el tambor es de 37.5 pulgadas, éste deberá dar:

$$\frac{148 \times 39.37}{3.1416 \times 37.5} = 49.46 \text{ vueltas}$$

2. Seguros de Tijera en los botes de rezaga.- Estos seguros se colocaban en el gancho del cable y de éstos se suspende el bote de rezaga. Consisten en tres placas en sandwich acopladas por pernos y equipadas con un fusible de bronce de un diámetro aproximado de 19 milímetros que evita que las placas giren cuando no estén dentro de su campana de soporte, en la cual se fija el seguro cuando por un descuido del operador el bote golpea con fuerza la campana, quedando el bote suspendido del seguro y éste a su vez de la campana, permitiendo que -

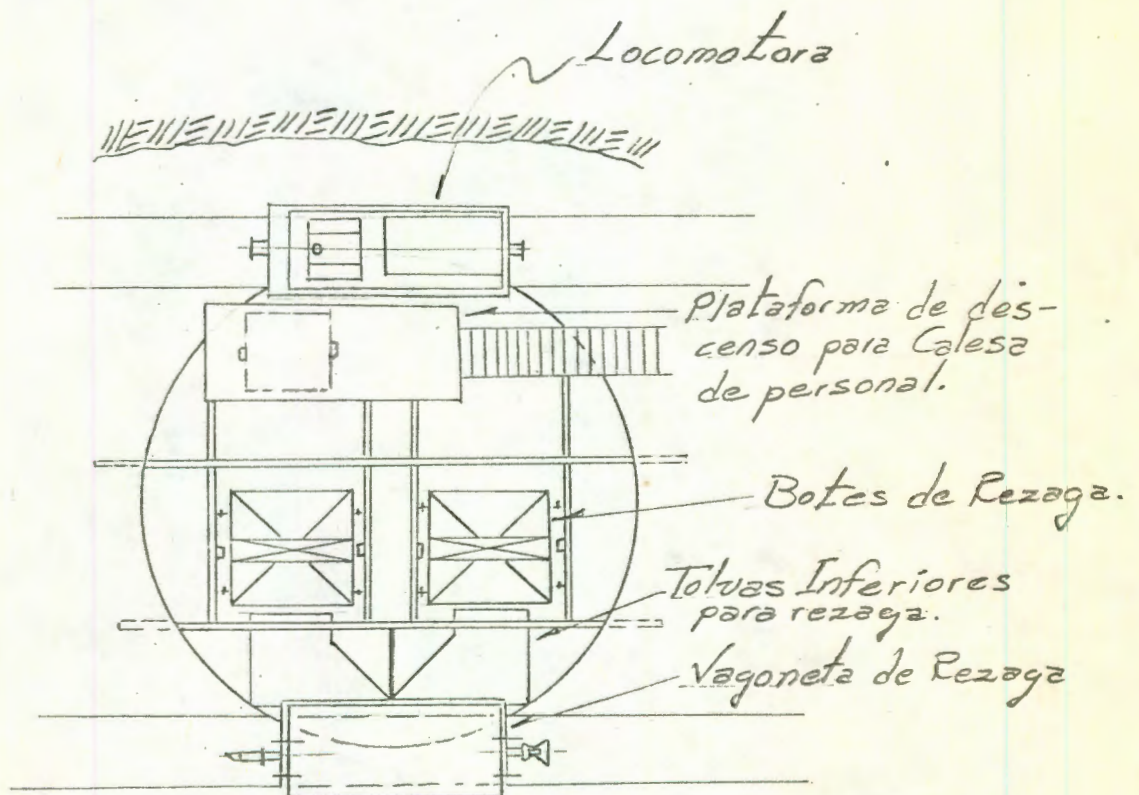
el gancho del cable se desprenda fácilmente del seguro. Este seguro fue importado de Inglaterra directamente - por el Departamento del Distrito Federal y fue traído - junto con las primeras torres, pues éstas posteriormen- te fueron fabricadas en México.

3. Plataforma a Nivel del Brocal.- El objeto primor- dial de éstas plataformas es evitar que la gente que - trabaja en el piso pueda caer en la lumbrera o que por - descuido de la misma gente, deje caer algún objeto. Es- ta plataforma como su nombre lo indica, se encuentra a - nivel del piso cubriendo la boca de la lumbrera y per - mitiendo únicamente el paso de los botes de rezaga y ca - lesas de personal, quedando el resto de la lumbrera cu- bierta con placa antiderrapante, la cual puede ocasio - nalmente quitarse para permitir el paso de algún equipo grande como: Locomotora, vagoneta, jumbo, etc.



SEGURO PARA BOTE DE REZAGA

4. Plataforma a Nivel del Túnel.- Al igual que la plataforma a nivel del brocal, esta plataforma sirve para evitar que la gente sufra accidentes cayendo al pozo de alojamiento de tolvas, así como para permitir el paso de las vías de vagonetas a través del mismo, permitiendo que éstas puedan descargar la rezaga en las tolvas de manto que se encuentran en el pozo.



~~XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX~~
PLATAFORMA DE TUNEL

5. Cables Guías.- Es muy importante la utilización de cables guías tanto para el bote de rezaga como para la calesa de personal, pues estos cables ayudan grandemente a evitar que el bote campane durante el trayecto ya sea de subida o de bajada, golpeando lateralmente contra las instalaciones de la lumbrera o destrozando las escaleras de emergencia que se encuentran en frente del trayecto de los botes.

6. Guías Rectas.- Se encuentran en la parte superior dentro de la torre de manteo y en la parte inferior, atravesando el túnel y dentro del pozo de alojamiento de tolvas. Sirven para que el bote permanezca fijo en sus operaciones de carga y descarga.

7. Guías Curvas.- Se requieren únicamente en la parte superior dentro de la torre de manteo y su objeto es hacer que el bote se incline hacia el frente, haciendo que su tapa inferior se abra para descargar en las tolvas exteriores.

8. Escalera de Emergencia.- Como su nombre lo indica es una escalera de emergencia y se encuentra en frente del trayecto de los botes, protegida con una malla metálica a lo largo de la lumbrera. Esta escalera se usa muy infrecuentemente en casos como por falla de energía eléctrica o por paros emergentes en el malacate que opera la calesa de personal, etc.

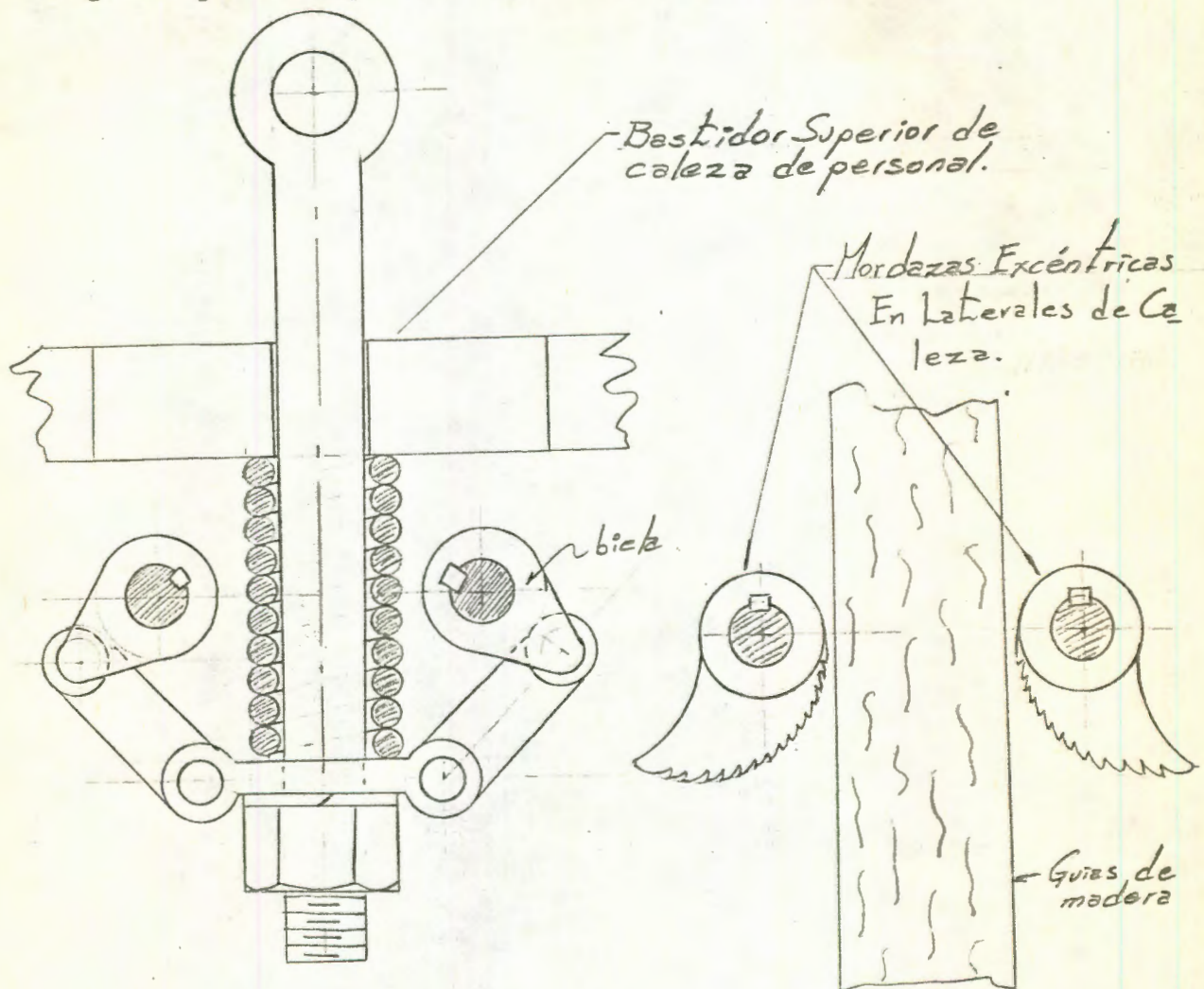
La instalación de esta escalera en las lumbreras fue exigida por la Comisión de Seguridad de la Obra.

9. Calesa para Personal.- Equipo que se ha venido mencionando en el desarrollo de esta tesis, pero que dada su importancia debe hacerse incapie en ella, ya que se hizo necesaria no solo para el desarrollo de un equipo transportador de personal, sino para el desarrollo de dispositivos de seguridad de alto grado de confiabilidad desde el aspecto de seguridad de los trabajadores.

En éstas calesas se instalaron seguros de mordazas que entranpan en guías de madera, en caso de desaparecer la

fuerza que tira de los cables de izaje.

Sistemas de Seguridad que fueron costosos, ya que requerían las guías de madera a todo lo largo de la profundidad de la lumbrera, pero que llegaron a ser los más seguros para la prevención de accidentes.



SEGURO DE MORDAZAS

B.- SEGURIDAD EN LOS FRENTES.-

Los frentes de ataque o excavación son los lugares de la obra en los cuales ocurrieron mas accidentes después de los tiros de las lumbreras. Por ello, las comisiones de seguridad se vieron en la necesidad de llevar a cabo en estos lugares las siguientes operaciones:

1. Poner avisos de Seguridad, incitando a los trabajadores a seguirlos.
2. Vigilar el uso indispensable de elementos de Seguridad tanto en las personas como en el equipo.
3. Revisar periódicamente las instalaciones de electricidad, aire, etc.
4. Vigilar los pasos de excavación normal en el ataque de los frentes, haciendo que se coloquen los marcos de ademe en el momento oportuno, pues si se deja un espacio muy grande sin marco en un lugar donde sea requerido, se corre el riesgo de un derrumbe.

5. Ver que el lanzado de concreto con cañón sea oportuno, evitando así que el área recién descubierta se intemperice y aumente el riesgo de un caído.
6. Advertir a todo el personal que labora en el frente, la proximidad de una tronada de explosivos, vigilando así que no quede nadie en el área peligrosa de una explosión.
7. Vigilar la carga y descarga en carros adecuadamente aislados de explosivos.

8.- SEGURIDAD EN LOS ELEVADORES DE PERSONAL.-

Como se mencionó en el punto 9 del inciso "A" de este capítulo, en las calesas de personal se instalaron seguros de mordazas que entrampan en guías de madera y consiste en un resorte que rodea el perno de suspensión de la calesa; o sea, que el resorte se encuentra comprimido por el tirón del cable, y por el peso de la calesa y en caso de desaparecer el tirón del cable, el resorte estira y hace girar con unas bielas las barras en las que se encuentran las mordazas acufiadas en los extremos.

abrazando así las guías de madera y frenando el viaje descendente de la calesa.

Otro dispositivo de Seguridad de los elevadores de personal es la malla que los rodea para evitar que el personal saque fuera de ésta cualquier herramienta que transporte, ya que podría atorarse ésta en cualquier instalación, provocando un accidente.

También debe vigilarse que no existan obstáculos cercanos al paso de la calesa con los cuales pudiera ésta atorarse a su paso.

Los cables de izaje requieren de revisiones periódicas de mucho cuidado, pues un torón roto puede atorarse en cualquier parte y provocar un accidente. En general, todo el equipo que compone el Malacate incluyendo cables y ganchos debe ser objeto de revisiones periódicas según programa de mantenimiento preventivo proporcionado por el fabricante del equipo.

Biblioteca Central

C A P I T U L O VI

C O N C L U C I O N E S

En este capítulo, habremos de comentar, la magnitud de esta obra, la importancia que reviste en el ámbito de la construcción civil, no solo a nivel nacional, sino en los círculos internacionales, pues dadas las circunstancias y las características de la misma, la colocan como una obra de las más importantes de su tipo, en el mundo entero.

Una idea del volumen de obra que significó en los momentos de mayor actividad, el trabajo desarrollado de más de 500 ingenieros, 700 empleados administrativos y 11,000 obreros, con la utilización de más de 5 mil máquinas de diversos tamaños y un equipo de bombeo para desalojar en total hasta 12 metros cúbicos por segundo. Todo esto en la construcción de 49.3 km. de túnel para el emisor central, con un diámetro terminado de 6.5 metros, 18 kilómetros de interceptores, con un diámetro

010 - 2

terminado de 5 metros, arrojando un volúmen total, no abundado, de 3,500,000 m³, excavados mediante el uso de 2,500 toneladas de explosivos y 6 escudos de frenteabierto, de procedimientos manuales. Las paredes se ademarón con 25,000 Toneladas de viguetas de acero, 250,000 m³ de concreto Lanzado y 35,000 m³ de concreto de dovelas. En el revestimiento se usó 1 380,000 m³ de concreto, fabricado por 11 plantas distribuidas a lo largo de la obra, con un consumo de 510,000 Toneladas de cemento, más de 11,000,000m³ de grava triturada y más de 670,000 m³ de arena obtenida de diferentes bancos. Se inyectaron además 350,000 m³ de mortero, para garantizar el íntimo contacto, entre terreno y revestimiento, con un consumo de 130,000 toneladas de cemento y 120,000 m³ de arena, además de la utilización en el revestimiento de 25,000 toneladas de varilla de refuerzo y 8500 kilómetros de madera tablón de 30 centímetros de ancha. Todo esto nos dá una idea clara del volúmen de la obra tan importante que representa la construcci-

ón de una obra hidráulica que a través del tiempo se fué haciendo cada vez más indispensable para la ciudad de México. Por las razones comentadas del hundimiento progresivo de la ciudad y la explosión demográfica propia de su crecimiento.

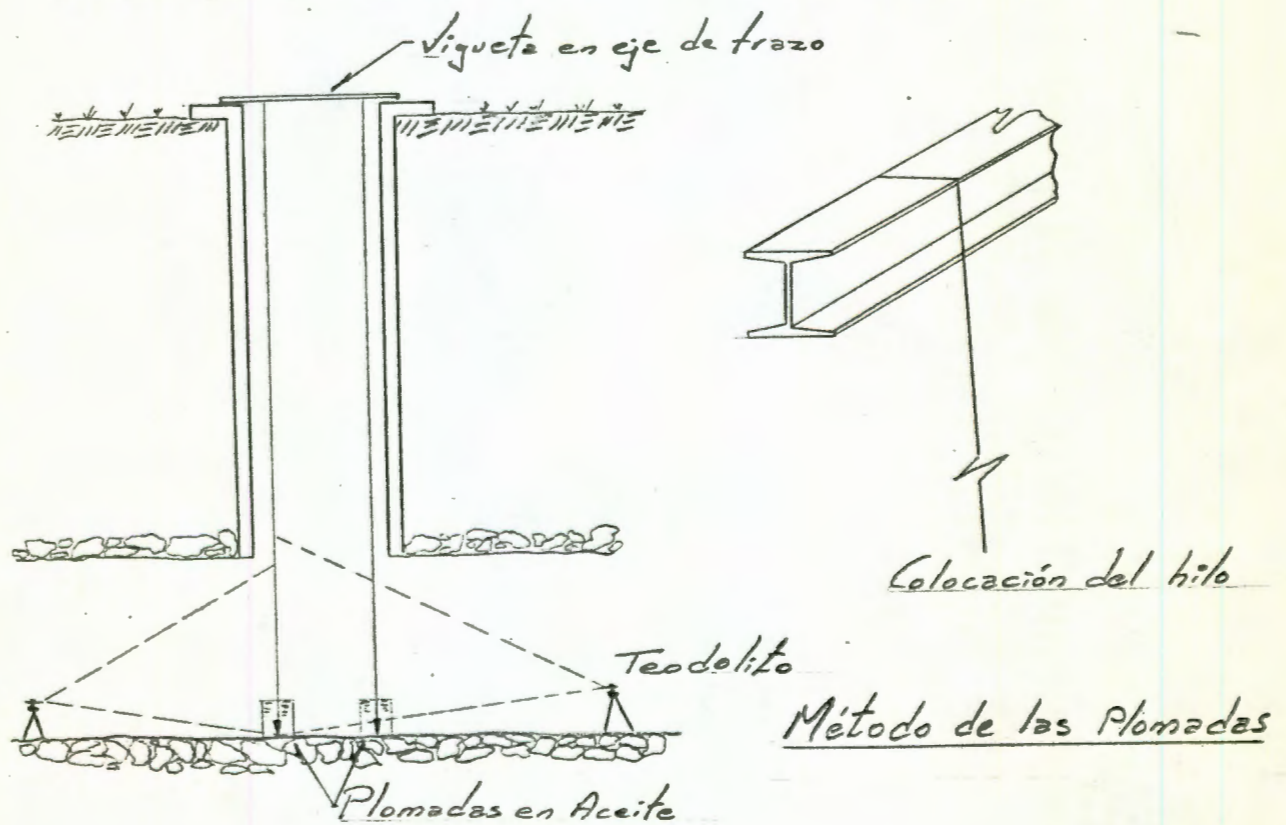
Todos los aspectos de la obra revisten mucha importancia, pues desde los estudios geológicos e hidrológicos de la zona, hasta los diversos métodos de construcción que se emplearon para combatir los problemas que se presentaron, problemas como los de infiltraciones excesivas, de caídas por fracturas inestabilidad en los frentes, etc. que se reflejaba todo esto en entorpecimiento en avances ordinarios, así como aspectos de seguridad del personal que también ocasionaban éstos.

Comentaremos en este capítulo los procedimientos topográficos que se emplearon, para las bajadas de líneas al túnel, una vez terminada la excavación de las lumbreras, para fijar el trazo en su interior. Este trazo fué bajado usando los siguientes métodos:

Biblioteca Central
UNIVERSIDAD AUTONOMA DE QUERETARO

- a)- Método de las plomadas.
- b)- Método del Teodolito en Túnel (oculares acomodados).
- c)- Método de Teodolito en superficie con estructura especial.
- d)- Método de plomadas ópticas.

Método de las plomadas.- Se ubican dos puntos sobre una vigueta, que correspondan al trazo superficial y se suspenden dos plomadas de estos puntos, plomadas de gran peso y sumergidas en aceite de alta densidad, para evitar que se muevan debido a la longitud del hilo.

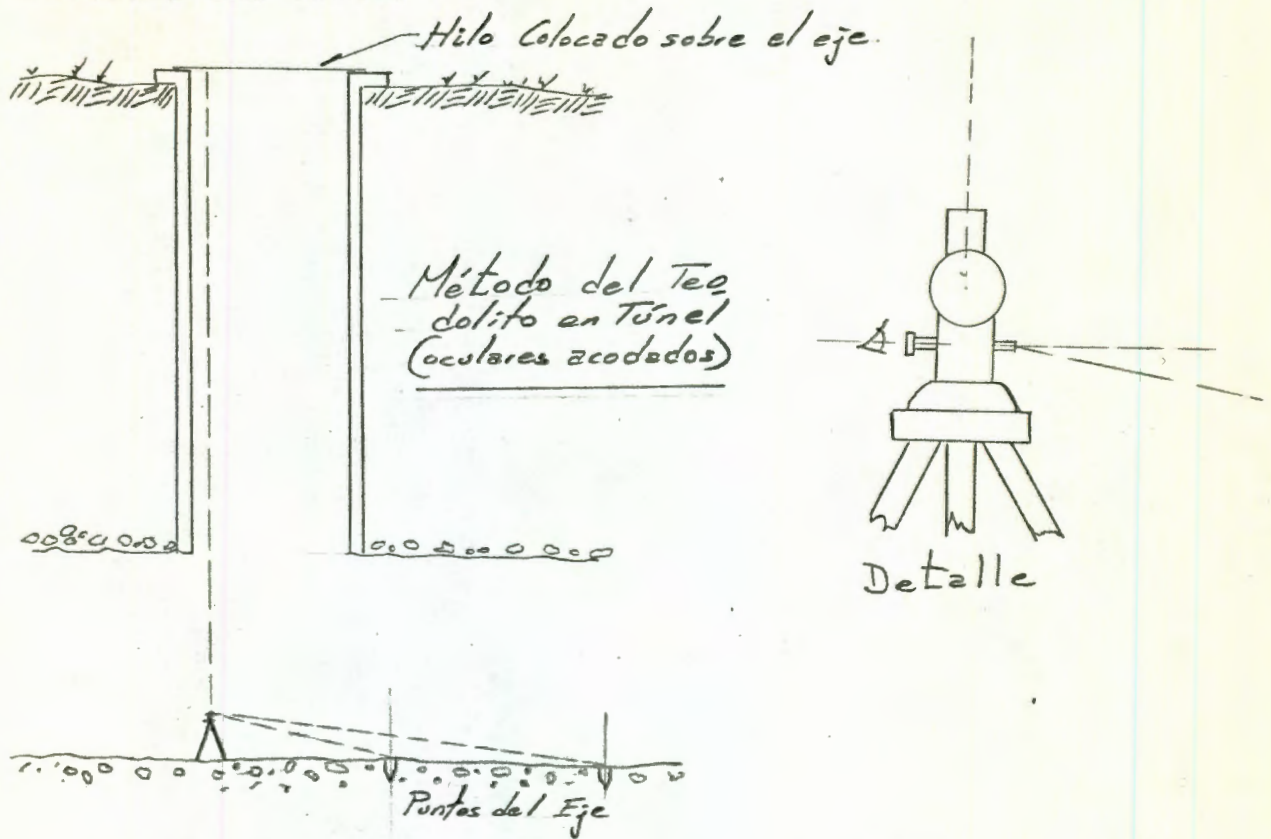


Cuando las plomadas se han estabilizado, podemos decir que la unión de estos puntos es el eje provisional del túnel. Para materializar estos puntos en el túnel se debe auxiliar de dos aparatos, los cuales, colocados en puntos distintos, visan el hilo de una misma plomada; y retirando el recipiente se puede encontrar el punto - por la intercepción de los planos que describen los aparatos.

Método de Teodolito en Túnel (oculares acodados). - Un método efectivo es el bajar la línea con el propio aparato, solo que la visual no sería posible bajarla directamente para hacer la observación, con un teodolito común, sin embargo, existen los oculares acodados, los cuales se pueden instalar al teodolito y en esta forma hacer la observación de un hilo colocado en el brocal la lumbrera y que representa el trazo superficial; luego mediante aproximaciones sucesivas hacer coincidir la - retícula del aparato con el hilo tendido en el brocal y después ubicar puntos en el túnel con esa posición del-

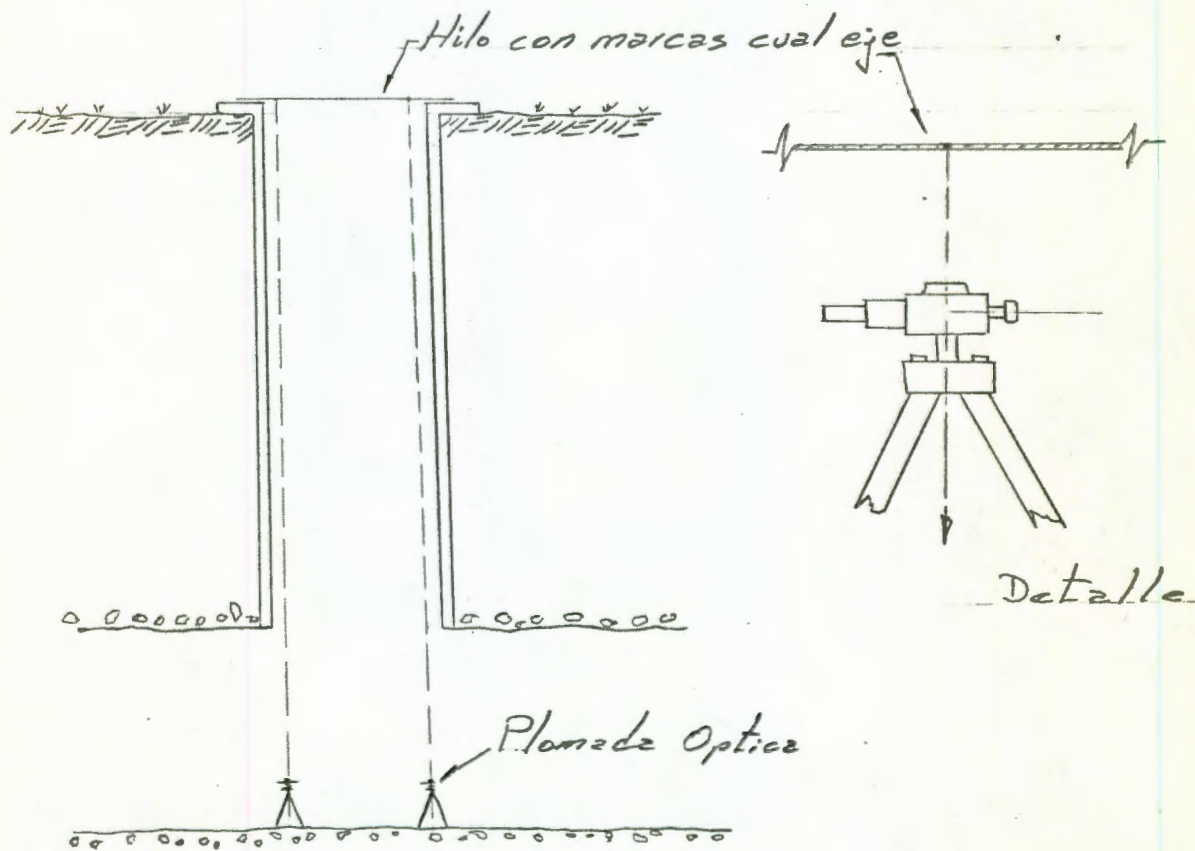
2
 23
 24
 25
 26
 27
 28
 29
 30
 31
 32
 33
 34
 35
 36
 37
 38
 39
 40
 41
 42
 43
 44
 45
 46
 47
 48
 49
 50
 51
 52
 53
 54
 55
 56
 57
 58
 59
 60
 61
 62
 63
 64
 65
 66
 67
 68
 69
 70
 71
 72
 73
 74
 75
 76
 77
 78
 79
 80
 81
 82
 83
 84
 85
 86
 87
 88
 89
 90
 91
 92
 93
 94
 95
 96
 97
 98
 99
 100

aparato y así poder colocar el trazo superficial en el interior del túnel.



Método del Teodolito en superficie con estructura especial.- En este método se coloca el aparato en una estructura especial sobre el brocal de la lubrera y los puntos visados son del trazo superficial lo que evita el uso del hilo y el error que de ello se deriva, en esta forma el visado del trazo se hace mediante oculares acodados, bajando la línea al túnel directamente.

Método de las plomadas ópticas. - Consiste en visar desde el túnel, dos puntos marcados en un hilo sobre el brocal, este hilo debe corresponder al trazo superficial, este método es similar al de teodolito con oculares acodados, solo que aquí se busca un punto y no una línea, pero se buscan dos puntos, los que corresponden al trazo, provisional del túnel, lo que representa las mismas ventajas del, procedimiento de Teodolitos acodados, en este procedimiento se usó una plomada óptica (Zenit -Nadir Wild ZNL) montado sobre un tripie de Teodolito.



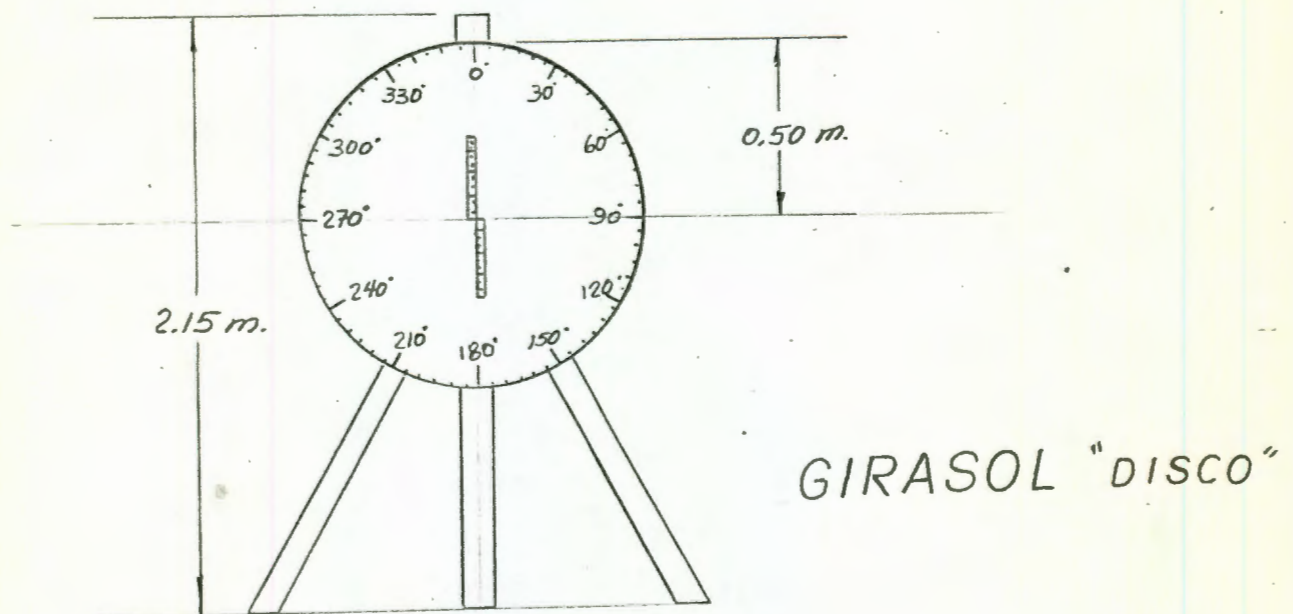
METODO DE LAS PLOMADAS OPTICAS

Levantamiento de Sección.- En la excavación del túnel, fué necesario efectuar con cierta periócidad, levantamientos de sección para verificar por un lado el volumen excavado y por otro que es la finalidad primordial, checar que la sección permita el éspesor de diseño en la pared del revestimiento. Este levantamiento se hace de acuerdo a la finalidad que se persigue, a cada marco metálico, en el caso de no tener marcos sino de concreto lanzado este se hace a cada 5 metros y en el caso de excavación con escudo a cada 5 dovelas. En el emisor Central se usaron los siguientes métodos:

- Seccionamiento con Girasol (coordenadas polares).
- Seccionamiento con coordenadas rectangulares.
- Seccionamiento con Laser.

Seccionamiento con Girasol.- Consiste en un levantamiento de la sección por medio de coordenadas polares, basado en un Girasol ó disco de madera con el centro bien marcado y con graduación angular a cada 5° en toda su

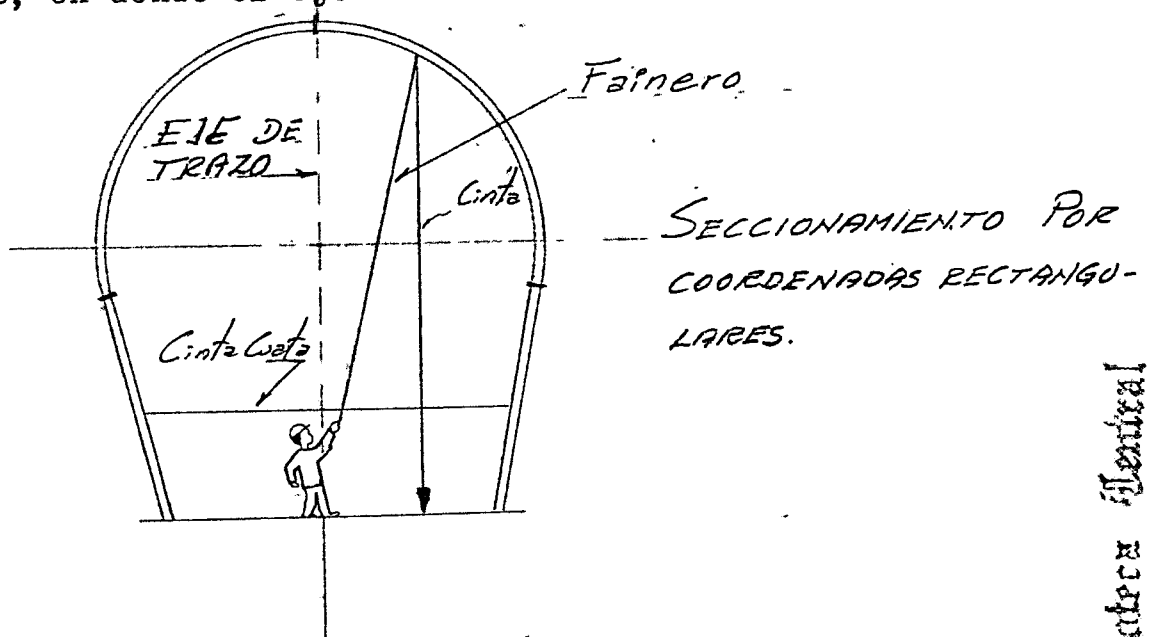
circunferencia, montado en un tripie y colocado de tal-
manera que coincida su centro con el eje del túnel ó -
bien a una distancia determinada de este, en caso de -
que no se pueda colocar al centro. Una vez colocado es-
te disco al centro y nivelado se procede a efectuar las
mediciones de diferentes puntos de la pared del túnel,-



efectuando estas a cada 15° y con una barra de madera-
llamada "fainero" y una cinta cuyo cero coincide con la
punta del fainero, se toman las lecturas al centro del-

disco, el cual se encuentra a una altura definida y al centro del túnel, por lo que se está ahora en posición de conocer el piso y la cota de R. H. en esa sección.

Seccionamiento con coordenadas rectangulares.- Este método consiste en obtener las coordenadas rectangulares de los diferentes puntos de una sección, para lo cual se materializa en el túnel un sistema de ejes coordenados, en donde el eje de las " X " es una cinta "cuata",



que tiene como característica que el cero está a la mitad de su longitud, creciendo su graduación para ambos lados, tanto a la derecha como a la izquierda. Esta debe tenderse en forma horizontal, colocando una marca en

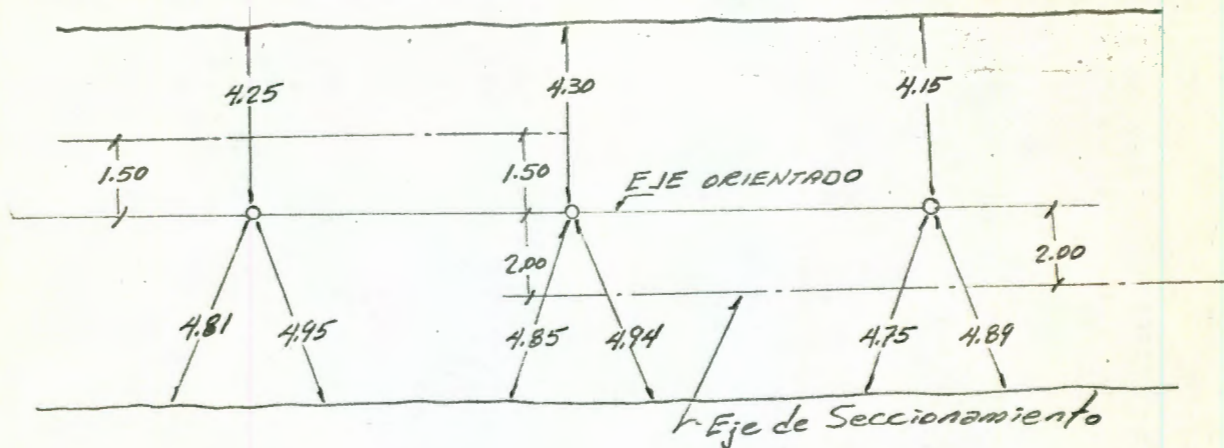
Biblioteca Central

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE QUERÉTARO

cada lado. a un mismo nivel, además el cero de la cinta debe quedar al centro del túnel en línea con el eje del mismo, marcado por el teodolito en la parte superior del marco. Posteriormente se toman mediciones verticales - ayudados por un fainero y una cinta colocada en la punta del mismo, con el cero en el extremo superior, al igual que en el método anterior se pueden conocer las cotas de piso y de R. H. si se tiene una referencia del nivel para conocer las alturas de la cinta horizontal y el vaciar los datos de este levantamiento en papel milimétrico es muy rápido pero su levantamiento en el túnel es más lento y problemático que con el método del disco.

Seccionamiento con Laser.- Este método es el más exacto de los tres y se lleva a cabo con una cámara especial - con lente gran angular calibrado, con la cual se obtienen fotografías de cualquier sección, en las que se podrá medir directamente el seccionamiento referido a un eje marcado en las fotografías. El rayo laser emitido por una fuente acoplada a un teodolito, el cual es -

colocado en el eje de trazo definitivo para que el haz luminoso sea un eje orientado, debidamente referenciado para que se pueda restituir cuantas veces sea necesario. Teniendo como base el eje orientado se pueden trazar e-



SECCIONAMIENTO CON LASER

jes paralelos, que serán los ejes de seccionamiento ó -
 ejes en los que se apoyan los ejes transversales que -
 sirven de referencia en la fotografía.

C A P I T U L O V I I

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

- Resumén de labores del departamento Del Distrito Federal.
- Boletines de información girados por la empresa TUNEL S. A.
- Boletines girados por la gerencia de seguridad de la misma empresa.
- Memoria técnica de las obras del drenaje profundo.