



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES
ARAGON

11
2 ej'

"EXCAVACION DE TUNELES EN SUELOS BLANDOS
CON EL USO DE ESCUDO DE FRENTE PRESURIZADO"

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO CIVIL
P R E S E N T A:
PABLO GARCIA SAN MARTIN

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

SAN JUAN DE ARAGON, EDO. DE MEX.

1991



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

I N D I C E

I. INTRODUCCION	
I-1. Antecedentes	2
I-2. Características generales del proyecto	4
I-3. Ubicación del tramo Lumbrera 2 a Lumbrera 3 del -- Interceptor Centro-Centro	5
II. EXCAVACION DE TUNELES CON ESCUDO	
II-1. Generalidades	9
II-2. Descripción del escudo Japonés de frente presurizado de 6.24 m. de diámetro.	12
III. REVESTIMIENTO CON DOVELAS	
III-1. Generalidades.	48
III-2. Planta para la fabricación de dovelas.	53
III-3. Procedimiento constructivo de las dovelas.	56
IV. PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DEL TUNEL	
IV-1. Trabajos preliminares para la excavación del -- túnel	64

IV-1.1.	Campamento	64
IV-1.2.	Mejoramiento del suelo	65
IV-1.3.	Planta de tratamiento de lodos	69
IV-1.4.	Patio de dovelas	70
IV-1.5.	Subestación eléctrica.	70
IV-1.6.	Trincheras.	71
IV-1.7.	Capa del escudo.	71
IV-1.8.	Muro de atraque.	72
IV-1.9.	Sello de salida.	73
IV-1.10.	Estructuras para apoyo de equipo.	74
IV-2.	Ensamblado del escudo e instalación de equipos	
IV-2.1.	Ensamblado del escudo.	75
IV-2.2.	Instalación de equipos para el escudo.	77
IV-3.	Lanzado del escudo	
IV-3.1.	Anillos de atraque	80
IV-3.2.	Instalación de los dientes sobrecortadores	81
IV-3.3.	Demolición del muro de la Lumbrera	81
IV-4.	Excavación del túnel	
IV-4.1.	Excavación de los primeros 50.0 metros	83
IV-4.2.	Excavación de los metros subsecuentes.	86
IV-4.3.	Consideraciones generales para la excavación	89
IV-5.	Trabajos topográficos.	93
IV-6.	Instrumentación en túneles	96

V. INYECCION

V-1. Generalidades	143
V-2. Mezclas de inyección.	146
V-3. Equipos para inyección.	148
V-4. Inyección de contacto entre dovelas y terreno natural	149

VI. EQUIPO UTILIZADO E INSTALACIONES

VI-1. En superficie	154
VI-2. En túnel.	156

VII. ANALISIS DE COSTOS

VII-1. Alcance del precio unitario de la excavación del túnel en los metros subsecuentes.	160
VII-2. Análisis de precio unitario de la excavación del túnel	162
VII-2.1. Tabulador de salarios.	165
VII-2.2. Costos horarios de maquinaria.	166
VII-2.3. Costo de materiales.	198
VII-2.4. Precio unitario.	213

VIII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.	214
---	-----

CAP. I. INTRODUCCION

Las obras subterráneas han sido desde siempre un valioso recurso auxiliar para la vida del hombre. En un principio la humanidad las utilizó como refugio contra enemigos y para protegerse de los elementos naturales.

Al paso del tiempo, el hombre se convierte en constructor de obras subterráneas con fines militares ofensivos o defensivos, - para la extracción de metales y minerales, posteriormente con el crecimiento urbano al complicarse los servicios de abastecimiento de agua potable y eliminación de aguas negras, se utilizan túneles para conducción de agua.

Debido al crecimiento y desarrollo industrial de diversas ciudades en el mundo, se han construido gran cantidad de túneles en suelos blandos.

El problema de excavar en suelos blandos reviste especial importancia por el peligro inminente de falla o colapso y por la aparición de excesivas deformaciones que dañen las estructuras vecinas. La estabilidad del túnel recién excavado se resuelve me

dianate el uso de elementos mecánicos, que permitan ademar las - paredes al mismo tiempo que avanza la excavación, evitando que - se derrumbe. Tales elementos son: escudo y dovelas.

El frente de ataque, plantea dificultades más significativas puesto que se requiere asegurar la estabilidad del mismo, en es te caso se han empleado diferentes métodos, como son: aire com prizido y lodo a presión.

I.1. Antecedentes

En la actualidad el escudo de frente presurizado, se esta - utilizando en la construcción del sistema de drenaje profundo - de la Ciudad de México. El presente trabajo se refiere a la ex - cavación del túnel en el tramo de lumbrera 2 a lumbrera 3 del interceptor centro-centro.

El Valle de México, que fue una cuenca abierta con drenaje - superficial por el sur, se cerro por efecto de la erupción de - los volcánes de la sierra del Chichinauzint y dada su morfologia, se formo en el un gran lago que se ha ido secando parte por - evaporación y parte azolvado por cenizas volcánicas, quedando - en la actualidad el Lago de Texcoco.

Lo anterior ha ocasionado la sedimentación flocluenta de las cenizas volcánicas y debido a este fenómeno se ha formado un -- suelo de alta compresibilidad, conocido como arcilla del valle-

de México. En 1604 y 1607 se tuvieron grandes inundaciones en en la Ciudad de México, motivadas principalmente por los grandes escurrimientos del río Cuautitlán y por esta causa se inició la búsqueda de una solución definitiva para evitarlas, dando se como solución abrir la cuenca natural cerrada del Valle de México para dar salida a las aguas excedentes. El autor del proyecto fué el cosmógrafo alemán Heintich Martín, quien proyectó un túnel en Nochistongo. Al poco tiempo de funcionar el túnel, se presentaron fallas que lo inutilizaron y fué nuevamente habilitado en el año de 1789, quedando la obra convertida en un tajo.

Posteriormente, en 1900 una obra más ambiciosa fue la construcción del Gran Canal de desagüe y el túnel de Tequisquiac -- por el cual se tuvo la segunda salida de las aguas de la cuenca.

Todas las obras de desagüe mencionadas anteriormente, se proyectaron para trabajar por gravedad y así funcionaron inicialmente. Sin embargo, el crecimiento explosivo de la población -- del Distrito Federal en los últimos cuatro decenios, hizo crecer en forma proporcional la demanda de agua potable, por lo -- que se recurrió a la perforación y explotación de numerosos pozos en la zona urbana, lo que provocó acelerar el hundimiento -- general del terreno en el Valle de México llegando a ser mayor de 8.0 m en algunas zonas, provocando el dislocamiento de la -- red de drenaje y contrapendiente en los conductos que desaguan al Gran Canal.

Como una solución inmediata, las autoridades del Departamento del Distrito Federal se vieron obligadas a operar con esta--

ciones de bombeo lo que incrementó los costos de operación y -- mantenimiento de estas.

Tras estudios exhaustivos, el Departamento del Distrito Federal elaboró un proyecto de drenaje, que vuelve innecesario el sostenimiento de las plantas de bombeo y elimina los riesgos por fallas del Gran Canal, en sus primeros veinte kilómetros de mayor elevación que la zona central de la Ciudad de México, estando además a salvo de los problemas derivados del hundimiento del Valle. A este proyecto se le denominó SISTEMA DE DRENAJE -- PROFUNDO de la Ciudad de México.

I.2. Características generales del proyecto

En primer lugar se da una descripción general de lo que es el sistema de drenaje profundo y en el segundo punto particularizamos el tramo Lumbrera 2 a Lumbrera 3 del Interceptor Centro-Centro.

El sistema de drenaje profundo está constituido por varios -- túneles denominados interceptores, que atraviesan la ciudad de sur a norte por las zonas poniente, centro y oriente de la misma con intercomunicaciones entre ellos, para converger en el túnel del Emisor Central de 6.5 m de diámetro localizado a la altura del poblado de Tenayuca (figura I.1).

El túnel del Emisor Central, actualmente ya en operación, -- conduce finalmente las aguas hasta la presa Requena, situada a 50 Km de la Ciudad de México, localizada en el estado de Hidal-

80.

El sistema funcionará enteramente por gravedad y resolverá definitivamente el problema de drenar, conducir y desalojar el caudal de aguas negras y pluviales de la Ciudad de México, evitando así el peligro latente de inundaciones. Debido a que a lo largo de dicho sistema los túneles se encuentran ubicados en diversos tipos de suelos y rocas, en la construcción de los mismos se ha tenido que recurrir a diversos métodos constructivos que abarcan desde los tradicionales hasta la aplicación de los más sofisticados, como es el caso de la obra que nos ocupa.

I.3. Ubicación del tramo Lumbreira 2 a Lumbreira 3 del Interceptor Centro-Centro

Este interceptor forma parte del sistema y se encuentra ubicado en la zona centro de la Ciudad de México, siguiendo la dirección del arroyo de la calle J. Ma. Roa Barcenas, encontrando se totalmente urbanizado en esta zona (figura I.2).

La obra consta de un conducto subterráneo de 1186 m de longitud y 5.0 m de diámetro terminado, ubicandose a una profundidad de 22.0 m en promedio a su eje del túnel, limitado con dos lumbreiras de 12.0 m de diámetro.

El túnel se encuentra ubicado en la zona lacustre del Valle de México, caracterizada por la presencia de formaciones arcillosas blandas con alto contenido de humedad y baja resistencia

al esfuerzo cortante.

Para conocer las características índice y mecánicas del suelo, que permitieran determinar el procedimiento constructivo, - se efectuaron a lo largo del túnel tres sondeos hasta 35 m de profundidad.

CAP. II. EXCAVACION DE TUNELES CON ESCUDO

II.1. Generalidades

Los primeros túneles de que se tiene noticias, se realizaron a mano con la ayuda de rocas de mayor dureza que el terreno y - que servían como herramientas con sus consiguientes limitaciones.

Posteriormente se utilizó el calor, procedimiento en que se calentaba el frente de ataque con ayuda de fogatas y posteriormente se mojaba, provocando un cambio brusco en la temperatura lo que causaba un resquebrajamiento del material.

Las primeras herramientas metálicas que se utilizaron fueron el pico y la pala, para materiales relativamente blandos, la barreta y el marro cuando la dureza del terreno era mayor. Este procedimiento se vió mejorado con el empleo de la pólvora negra que se introducía y encendía en los orificios realizados con la barreta.

Al inicio de la era industrial empezó a emplearse la perforadora de vapor para ejecutar los barrenos, siendo ésta la prime-

ra máquina que se empleó en la excavación de túneles.

Con el descubrimiento y empleo de la dinamita como elemento explosivo, vino a mejorar aún más los procedimientos de excavación, llegando en la actualidad a utilizarse diferentes tipos de dinamita, cuya ignición se hace con retardo de tiempos con lo cual se trata de optimizar tanto el consumo de explosivos, como el avance por ciclo y el tamaño de la reza obtenida.

El mismo proceso de barrenación ha venido mejorándose, utilizando en la actualidad aire comprimido para accionar las perforadoras y empleando aceros especiales, e insertos de tungsteno, para obtener una mayor velocidad de penetración.

Los procedimientos de barrenación también en las últimas décadas han tenido mejoras de importancia. Primeramente se usaron máquinas perforadoras ligeras que podían ser fácilmente cargadas por un hombre, pero con las cuales era difícil perforar los barrenos en la dirección requerida de acuerdo con el proyecto. Más tarde vino el uso de máquinas con pierna neumática y jumbos o carros de soporte de perforadoras de mayor peso y potencia, accionadas para su posición requerida por soportes a base de tornillos mecánicos. Ya en últimas fechas, prácticamente todos los jumbos usan el tipo de soporte para las perforadoras con base en mandos hidráulicos, disminuyendo así los tiempos de posicionamiento de las perforadoras.

En la actualidad se emplean, adicionalmente a los métodos mencionados, otros métodos de excavación, a base de escudo para

materiales arcillosos o granulares.

Ha sido importante la construcción de escudos, en la época moderna han aparecido notables aportaciones tecnológicas, entre las más importantes se conocen las siguientes:

1818 Marc Brunel, inicia la excavación del primer túnel con escudo rectangular.

1869 Greathead, construye el primer escudo cilíndrico.

1879 Greathead, usa por primera vez aire comprimido en túneles.

1897 Thomphson, diseña el primer excavador mecánico.

1961 Kinner Moodie, diseña los escudos basculantes con cámara de lodo bentonítico en el frente.

1966 Aparece el escudo japonés con cabeza rotatoria, cámara de bentonita y sello triple en la cola.

Lo anterior significa que las técnicas modernas para excavar túneles en suelos blandos se han desarrollado en los últimos 150 años y en su mayoría han sido revolucionados por la electricidad, gatos hidráulicos y cemento portland, así como el empleo de pistola neumática.

Con el uso de escudos, la tecnología en la excavación de túneles presenta actualmente adelantos muy importantes tanto en rapidez como en seguridad.

En esencia el escudo consiste en un cilindro de metal rígido, que se divide en tres secciones; una parte delantera formada por una cuchilla que va cortando el material, una estructura intermedia que sirve para rigidizar la coraza y alojar los sistemas hidráulicos que empujan al escudo y una parte trasera que tiene una coraza cilíndrica o faldón en donde se coloca el mecanismo de instalación de las dovelas.

El objetivo de un escudo es prevenir la deformación del terreno hacia el túnel mediante la coraza de metal, permitir una excavación segura y colocar el ademe con sus propios dispositivos a medida que avanza.

II.2. Descripción del escudo japonés de frente presurizado de 6,24 m de diámetro.

II.2.1. Descripción general

Este escudo ha sido diseñado con características que permiten la excavación rápida y segura del suelo arcilloso de la ciudad de México. Su diseño y fabricación está basado en las siguientes consideraciones fundamentales: a). Mantener un sostenimiento continuo del frente, tanto mecánicamente, a través de la cabeza cortadora, como hidrostáticamente por medio de la presión del lodo. b). Para minimizar la posibilidad de que la arcilla blanda enfrente de la cabeza cortadora se remoldee, el escudo tiene una capota que permite la rotación de la cortadora en su interior. c). Este escudo está diseñado para utilizarlo en terrenos-

de arcilla blanda. Si se deseara ejecutar excavaciones en capas de arena gravosa o capa dura, su diseño requiere modificaciones d). El revestimiento primario es a base de dovelas de concreto-prefabricado.

Las características de diseño que contribuyen a la realización de las consideraciones mencionadas anteriormente son las siguientes:

- a.-La cabeza cortadora sostiene mecánicamente el frente en todo momento. La presión del frente de tierra es convertida en presión hidráulica y controlada desde el tablero del operador.
- b.-La cabeza cortadora no está fija longitudinalmente al escudo sino que tiene una carrera longitudinal de 40 cm. La carrera -- puede funcionar cuando la cortadora está rotando o no.
- c.-El control de la tierra que pasa a través de las aberturas de la cortadora se realiza por medio de los álabes de ranura. - Esto permite que se controle la excavación y se mantenga un apoyo mecánico a las aberturas de ranura según se requiera.
- d.-Los álabes de ranura actúan como puertas llenas de resortes, para controlar el volumen de tierra que entra en la cámara de lodo a través de la cabeza cortadora.
- e.-Los álabes de ranura pueden ser cerrados durante los periodos paralizados y proveer, en situaciones de emergencia, todo el apoyo mecánico que el frente necesite.
- f.-Los motores que impulsan la cabeza cortadora proveen el torque requerido para hacer girar la cortadora, mientras mantienen la presión de la cortadora en el frente.
- g.-La cabeza cortadora tiene dos velocidades de rotación, para satisfacer anticipadamente las condiciones del suelo se ha adop

tado también el método de impulso directo mediante motores eléctricos con engranaje reductor, con el fin de lograr una alta eficiencia de transmisión y marcada reducción del ruido.

h.-El escudo excavador avanza y es guiado mediante el uso de gatos de empuje apoyandose en las dovelas. El avance de los gatos de empuje es controlado con sensores que proveen la información direccional positiva requerida.

i.-El sistema hidráulico de los gatos de empuje suministra el circuito de presión fijadora requerida para sostener el escudo-firmemente con las dovelas.

j.-Se utiliza un montador del tipo corona dentada para instalar las dovelas del ademe primario. El montador funciona con un control a mano de tipo colgante, que permite al operador tener una vista clara de la operación.

k.-Los componentes hidráulicos funcionan por medio de los sistemas hidráulicos, tres sistemas hidráulicos son provistos para operar, los gatos de empuje, el montador de dovelas, el gato de la cortadora y los gatos de los álabes de ranura.

l.-El sistema de circulación de lodo proporciona la presión -- constante del lodo requerido para sostener el frente mientras -- que traslada la tierra desde la cámara del lodo a un ritmo suficiente que permite la penetración calculada del escudo a razón-- de 4 cm por minuto.

ll.-Un sistema de control y monitoreo semi-automático asegura -- la estabilidad continua del frente y aumenta la confiabilidad -- del escudo.

m.-Todos los controles directos del escudo, estan ubicados en -- la plataforma de operaciones montadas en el caballete de arrastre. El sistema de circulación de lodo es controlado desde la --

consola de control central en la superficie exterior.

n.-El escudo remolca los siguientes equipos de arrastre:

Casilla del operador	(Caballete No. 1)
Casilla de telecontrol y telemetría	(" ")
Unidad hidráulica	(Caballete No. 2)
Tablero de control de cambios	(" ")
Transformador	(" ")
Unidad de derivación	(Caballete No. 3)
Sistema neumático	(" ")
Bomba de descarga del lodo	(Caballete No. 4)
Unidad de la tubería telescópica	

En la figura II.1, se muestran las partes principales del escudo japonés de frente presurizado, y en la figura II.2 se representa el equipo de arrastre del escudo.

II.2.2. Especificaciones generales

Las especificaciones están basadas en las siguientes condiciones: i). El escudo está fabricado de conformidad con las normas y códigos de Japón. ii). El diseño está basado en la excavación de 2042 m desde la lumbrera inicial hasta la lumbrera de llegada. iii). El voltaje del suministro de energía primaria para el escudo, será de 4160 volts. El abastecimiento de la energía primaria será directo desde una subestación local.

Las especificaciones del escudo excavador son las que a continuación se mencionan:

D). Propulsión de la cortadora;

Motores.....	30/20 Kw x 4/6 p x 8, motor eléctrico del tipo cambiador de polos, control constante de torque.
Engranaje reductor.....	Engranaje planetario de dos etapas. Radio de reducción de engranaje recto, una etapa: 1/244
Engranaje final.....	Radio de reducción de engranaje recto: 1/7.39
Sistema de aceite lubricante....	Baño de aceite y circulación de aceite.

E). Gato de la cortadora;

Cantidad de gatos.....	1 ea
Empuje total.....	360 Ton
Carrera.....	400 mm
Presión de operación	250 Kg/cm ²
Máxima presión de operación	300 Kg/cm ²
Velocidad de extensión	10 cm/min

F). Montador;

Tipo	Propulsión, motor de aceite - hidráulico con corona dentada.
Velocidad de rotación	0.5 - 0.8 rpm
Carrera angular	330° (reversible)
Gato del montador:	
Fuerza de empuje.....	7.8 Ton
Fuerza de tracción.....	5.4 Ton
Carrera.....	650 mm

Cantidad de gatos.....	2
Presión de operación.....	100 Kg/cm ²
Presión máxima de operación.....	120 Kg/cm ²

Gato de deslizamiento:

Fuerza de empuje.....	3.1 Ton
Fuerza de tracción.....	1.8 Ton
Carrera.....	200 mm
Cantidad de gatos.....	1
Presión de operación.....	100 Kg/cm ²
Presión máxima de operación.....	120 Kg/cm ²

Gato de fijación de dovelas:

Fuerza de empuje.....	3.1 Ton
Fuerza de tracción.....	1.5 Ton
Carrera.....	70 mm
Cantidad de gatos.....	2
Presión de operación.....	100 Kg/cm ²
Presión máxima de operación.....	120 Kg/cm ²

Motor de rotación del montador:

Torque.....	500 Kg-m
Presión de operación	175 Kg/cm ²
Cantidad de motores de rotación	2

G). Unidad de energía hidráulica;

Motores.....	Del tipo totalmente cerrado y enfriado-con ventilador
--------------	---

Características de los motores

Descripción	Capacidad Kw	Polos	Suministro de energía	Cantidad de motores
Gato de empuje	30	4	440 V x 60 Hz	1
Gato y montador de la cortadora	22	4	440 V x 60 Hz	1
Gato del á-labe de ranura	11	6	440 V x 60 Hz	1

Características de las bombas hidráulicas

Descripción	Desplazamiento lts/min	Presión Kg/cm ²	Cantidad de motores
Gatos de empuje	0 - 50	300	1
Gato y montador de la cortadora	0 - 40	250	1
Gato del á-labe de ranura	30	100	1

H). Sistema de lubricación para el sello del eje de la cortadora;

Ubicación Eje cortador
 Método Lubricación forzada

I). Sistema eléctrico;

Suministro de energía:

Circuito de la energía 440 V ; 60 Hz 3Ø
 Circuito de operación 220 V ; 60 Hz 1Ø
 Circuito de iluminación 110 V ; 60 Hz 1Ø

J). Equipo de circulación de lodo;

Densidad de suministro 1.10 Ton/m³
 Presión de suministro de lodo 2.0 Kg/cm² (máx)
 1.0 Kg/cm² (mín)

Longitud de tubería entre la lumbrera y el tanque de circulación de lodo 50.0 m

Diámetro de la tubería para suministro de lodo..200 mm (8")

Diámetro de la tubería para descarga de lodo...150 mm (6")

Suministro de energía..... CA 440 V x 60 Hz

Bomba de suministro de lodo (P1):

Velocidad máxima de flujo..... 3.4 m³/min

Velocidad de bombeo..... 1 200 rpm (máx)
 (velocidad variable)

Altura total de bombeo.....27.0 m

Caballos de fuerza del eje 35.0 Kw

Motor 55 Kw x4p x 440 V x 60 Hz.
 Método de propulsión Propulsión por correa.
 Cantidad de unidades uno.

Bomba de descarga (P2):

Velocidad máxima de flujo 3.4 m³/min.
 Velocidad de bombeo..... 1350 rpm (Máx)
 (velocidad variable)
 Altura total de bombeo..... 40 m
 Caballos de fuerza del eje..... 48.5 Kw
 Motor 90 Kw x 4p x 440 V x 60 Hz
 Método de propulsión..... impulso del motor directo
 Cantidad de unidades uno

Bombas de traspaleo (P3, P4, P5 y P6):

Velocidad máxima de flujo 3.4 m³/min
 Velocidad de bombeo 1185 rpm
 (velocidad constante)
 Altura de bombeo..... 30 m
 Caballos de fuerza del eje..... 35 Kw
 Motor..... 75 Kw x 6p x 440 V x 60 Hz
 Método de propulsión..... impulso de motor directo
 Cantidad de unidades..... 4

K). Tuberías y válvulas para el control del lodo

Descripción	Diámetro (mm)	Cantidad	Observaciones
Válvulas para el control de la presión - de suministro del lodo.	200	1	Control manual.
Válvulas de compresión del suministro del lodo.	200	1	Aire comprimido.
Válvula de compresión de la descarga del lodo.	200	1	Aire comprimido.
Válvula de bola de derivación.	150	1	Aire comprimido.
Compresor de aire y accesorios.	—	1	—
Tablero de control.	—	1	—
Tuberías para descarga y suministro del lodo.	—	—	Del escudo a la tubería telescópica.
Mangueras flexibles para suministro.	150	4.5 m	—
Mangueras flexibles para descarga.	200	4.5 m	—

II.2.3. Partes del escudo

Cuerpo del escudo:

a). El cuerpo del escudo está formado por el casco de éste y el mamparo de manera que pueda resistir la fuerza de empuje, la presión de la tierra, la presión del agua, sobrecarga en la superficie y la fuerza excéntrica debido al impulso en la curva.

b). El casco del escudo está dividido en cuatro partes para su transporte.

c). El mamparo montado detrás de la cabeza cortadora, está diseñado para resistir la presión del lodo hasta $2,3 \text{ Kg/cm}^2$ y sostener el eje cortador. Junto con el mamparo, está equipado con:

- dos puertas para inspección
- válvula de alivio para la cámara de mezclado del lodo
- sensor de la presión del lodo en el frente
- sensores para indicar inclinación y balanceo
- tubería de suministro y descarga del lodo con accesorios.

d). Para montar los dispositivos auxiliares de control de dirección junto con el cuerpo del escudo, se incluye lo siguiente:

- en ambos lados de las placas de forro delanteras se han provisto 12 juegos de tuberías y accesorios para el chorro de agua

- se han provisto ménsulas para el equipo de arrastre en ambos lados del cuerpo del escudo. Cada ménsula está preparada para soportar hasta 60 Tcn de fuerza de tracción

- En la parte posterior del casco del escudo se han provis-

to tres grupos de empaques del sello de la cola. El que está -- ubicado en la parte más interna es cambiabile durante la cons--- trucción del túnel.

- El sello de tipo escobilla, que está colocado en la parte-trasera, se usa para prevenir que el relleno de la inyección -- vuelva a entrar y los empaques del sello de goma natural ubica-dos en el frente y en el medio del faldón del escudo están para detener el agua enlodada.

- En la figura II.3 se muestra el cuerpo del escudo.

Cabeza cortadora:

- La cortadora está equipada con un portacuchillas, álaves - de ranura y paletas.

- La cara frontal de la cortadora está traslapada radialmente con soldadura para disminuir el desgaste del disco de la corta-dora.

- La cortadora está conectada con pernos al eje cortador, el cual gira en cojinetes de manguito. La cortadora es impulsada - por ocho motores eléctricos con engranajes reductores.

- Dos de las direcciones de rotación de la cortadora están - provistas para corregir el balanceo del escudo.

- Dos de las velocidades de rotación de la cortadora están - provistas para satisfacer la condición anticipada del suelo.

- La posición de la cortadora está indicada en el tablero -- del operador. La relación existente entre el valor indicado y - la carrera de la cortadora se muestra en el siguiente cuadro.

Lámpara	50	100	200	300	350	400
Carrera de la cortadora	50- 100	100- 200	200- 300	300- 350	350- 400	400

- Para proteger la cabeza cortadora tiene un sistema de alarma que descarga automáticamente los gatos de empuje y se enciende la lámpara de alarma intermitentemente, mientras suena el zumbador, cuando la carrera del gato es menor de 50 mm que es el límite de retracción

- En la figura II.4 se muestra la cabeza cortadora.

Sistema hidráulico:

- Se han provisto tres tipos de unidades de energía hidráulica para los gatos de empuje, gato montador de la cortadora y gatos de los álabes de ranura

- Cada unidad de energía hidráulica incluye un motor eléctrico y una bomba. Los tres están colocados en el caballete de --- arrastre y conectados al escudo por medio de mangueras hidráulicas

- Los gatos de empuje estan provistos de una bomba de caudal variable. El cual se maneja por control remoto desde la cabina del operador

- Los gatos de álabe de ranura estan equipados con una bomba de caudal fijo

- La bomba para el gato montador de la cortadora es del tipo caudal variable. El cual se regula manualmente en la misma bomba.

- En la figura II.5 se muestra la unidad hidráulica.

Gatos de empuje:

- Se tiene 24 gatos de empuje instalados alrededor de la circunferencia interna del escudo

- La zapata del gato de empuje tiene un área suficientemente amplia para distribuir uniformemente la fuerza del empuje -- contra la dovela. También se le ha agregado goma de uretano a la zapata para proteger la dovela contra quebraduras

- El centro axial de los seis gatos de empuje inferiores es movible en un máximo de 20 mm

- Los gatos de empuje están acoplados con la corriente de -- carga de los motores impulsores de la cortadora. Cuando la corriente de carga en cada uno de los ocho motores eléctricos o la corriente total alcanza el valor de la corriente nominal, el -- circuito hidráulico de los gatos de empuje es automáticamente -- cortado por la válvula de solenoide

- La velocidad de extensión de los gatos de empuje es regula ble en un margen de 0 - 5 cm/min, mediante el control del volumen del aceite hidráulico

- En la figura II.6 se muestran los gatos de empuje

Sistema de álabes de ranura:

- La cabeza cortadora está provista de 24 álabes de ranura -- para controlar el volumen de tierra que entra en la cámara de -- mezclado. Cada álabe de ranura está compuesto de un gato y una -- puerta de goma de uretano

- Cada par de álabes de ranura dispuesto en la cortadora -- (A1/A3 al H1/H3) tiene su circuito hidráulico, como se -- muestra en la figura II.7, controlado simultáneamente
- El margen regulable de la presión del álabes de ranura es - de 0 a 100 Kg/cm².

Sistema de impulso de la cortadora:

- Detrás de la caja de engranajes se ha montado un gato de - centro hueco, para deslizar el eje de la cortadora, hacia ade-- lante y hacia atrás
- El eje de la cortadora penetra dentro del vástago del gato y se conecta con "soporte" según se muestra en la figura II.8, - el cual transmite la fuerza de impulso
- Dos juegos de cojinetes de impulso montados adentro del gto posibilitan que el eje transmita la fuerza del impulso mien- tras la cortadora gira.

Montador:

- El montador está compuesto por el anillo de montaje, brazo de montaje, equipo deslizante, gatos de montaje, gatos fijado-- res de dovelas y motores de rotación del montador
- Ocho cilindros de dirección sostienen circunferencialmente el anillo de montaje y motores de aceite hidráulico con engrana- je reductor, impiden su rotación
- El brazo de montaje se extiende y retrae en dirección ra-- dial hasta un máximo de 650 mm
- El gato de deslizamiento puede extenderse 100 mm en direc-- ción a la cola y al frente del túnel

- El gato de fijación de dovelas tiene una extensión máxima de 70 mm

- Tiene un sistema de válvula equilibradora para que absorva la fuerza de inercia producida cuando el montador detiene su rotación

- El montador se opera por control remoto a través del interruptor colgante

- El montador no puede operar mientras la cortadora este girando, debido a que ambos estan acoplados eléctricamente

- La velocidad de rotación del montador puede cambiarse de 0.5 a 0.8 rpm regulando manualmente la bomba

- El ángulo rotacional permisible del montador es de 210 grados, tanto en la dirección del movimiento de las agujas del reloj como a la inversa, con el objeto de proteger el carrete del cable y de la manguera

- En la figura II.9 se muestra el montador de dovelas

Sistema de lubricación:

- El sistema de lubricación se utiliza para los cojinetes -- del engranaje final, en la caja de este engranaje, en el gato de la cortadora, en la caja del cojinete trasero para el mamparo y el sello del eje cortador

- Cuando la presión de cualquiera de las líneas de lubricación excede los 100 Kg/cm^2 , todos los distribuidores maestros -- detienen el flujo de lubricación y el indicador de reajuste correspondiente instalado en el distribuidor maestro señala esta -- condición con el salto repentino del botón. Cuando la presión -- de la lubricación se eleva hasta los 200 Kg/cm^2 , el interruptor

limitador de la presión es accionado y la bomba de lubricación se detiene.

Sistema neumático:

- Se ha montado un compresor de aire en el caballete de arrastre. Se utiliza para operar las válvulas de compresión del sistema de circulación de lodo y la válvula de bola de derivación

- El circuito de control del aire comprimido usa válvulas operadas por solenoide

- En la figura II.10 se muestra el esquema del sistema neumático

Unidad de la tubería telescópica:

- La unidad de la tubería telescópica esta compuesta por la tubería interna y externa, incluyendo el empaque de sello, motor engranado con piñon y cremallera, y dos carritos ubicados en la parte trasera del caballete de arrastre

- La tubería telescópica se puede extender un máximo de 6000 mm a medida que el escudo avanza

- La tubería interna y externa estan montadas, respectivamente en la parte trasera y delantera de los carritos. El carrito trasero esta fijo en su posición por medio de frenos del tipo abrazadera de anclaje, mientras que la tubería externa es remolcada a medida que el escudo avanza

- Dos válvulas de operación manual estan ubicadas en el frente de la unidad para protegerse del agua fangosa cuando se instalan tuberías de lodo adicionales

- En la figura II.11, se muestra la tubería telescópica.

Sistema de circulación de lodo:

- Las válvulas A y B, que se operan manualmente están equipadas para mantener la presión en la cámara de mezclado durante periodos paralizados. En la figura II.12, se muestra el diagrama de flujo de la circulación del lodo

- Las válvulas de compresión C y D, y la válvula E (bola-de derivación) fueron provistas para los cambios de modo de la-circulación del lodo. Durante el modo frontal, las válvulas C- y D se abren, y la válvula E permanece cerrada. Durante el mo- do de derivación, las válvulas se colocan en la posición contra- ria al modo frontal. Estas válvulas accionadas por aire son con- troladas a distancia por válvulas mandadas por solenoide.

Sistema de control:

a). Sistema TC/TM

- Los sistemas de telecontrol y de telemedición fueron adop- tados para la transmisión de datos entre la consola de control- central en la superficie y el túnel. Estos sistemas están dise- ñados para transmitir una multitud de señales mediante un par - de líneas utilizando el sistema de división de tiempo

- Existan dos líneas de transmisión. Una de las líneas de -- transmisión tiene su estación maestra en la consola de control- central y una estación local en el caballate de arrastre. La o- tra línea tiene su estación maestra en la consola de control -- central y cuatro estaciones locales en cada bomba de traspaleo. A través de estas líneas se transmiten señales entre la estación

maestra y la estación local.

b). Consola de control central

- La consola de control central está compuesta de los tableros "A" y "B" que contienen los indicadores y controles para el escudo y el sistema de circulación de lodo, y realiza las siguientes funciones:

Función monitora.- El estado de la propulsión del escudo y la circulación del lodo son observados e indicados en el panel "A"

Función de control.- La consola de control central tiene dos funciones principales. Todas las operaciones y control del sistema de circulación de lodo son realizadas desde los tableros de control central.

c). Tablero del operador

- Este tablero esta instalado en la casilla montada en el ca ballete de arrastre. Está compuesto de dos tableros "A" y "B". El tablero "A" contiene los indicadores requeridos para monitoreo del estado de propulsión del escudo y parada de emergencia de éste, y para el sistema de circulación de lodo

- El tablero "B" ejecuta las siguientes funciones:

Control del sistema motor de la cortadora

Control del gato de empuje

Control del gato del álabe de ranura

Control del sistema de impulso de la cortadora

Control de la unidad de la energía hidráulica

Control del sistema de lubricación

d). Casilla del equipo eléctrico

- La casilla del equipo eléctrico instalada en el ca ballete-

de arrastre, contiene los circuitos de suministro de energía -- eléctrica, relevador para el escudo y un tablero de operación local de las válvulas de circulación de lodo:

Circuitos de suministro de energía.- La energía eléctrica-transformada de 4160 V a 440 V es abastecida a la casilla del equipo eléctrico y de ahí distribuida a los motores propulsores de la cortadora, unidades de energía hidráulica, bomba de lubricación, compresor de aire, circuitos del relevador e iluminación a través de los cortacircuitos

Tablero de operaciones.- En la parte exterior de la puerta de la casilla esta instalado un tablero de operación local, el cual permite la operación local de las válvulas de circulación de lodo y del compresor de aire

- En las figuras II.13 y II.14, se muestra el sistema del control del escudo.

Sistema de alarma:

- A continuación se relacionan las causas de alarma con monitoreo en la consola de control central:

La presión de aire del compresor baja más de lo previsto

Presión frontal del lodo en el límite más alto

Velocidad del flujo de descarga del lodo en el límite más bajo

Límite de retracción de la cortadora

Problemas en las bombas de circulación de lodo (bomba de -- suministro, bomba de descarga y bombas de traspaleo)

Pallas en el sistema de telecontrol y de telemedición

- En este caso se relacionan las causas de alarma con monito

reo en el tablero del operador:

Presión frontal del lodo en el límite más alto

Velocidad del flujo de descarga del lodo en el límite más -

bajo

Límite de retracción del gato de la cortadora

Problemas en las bombas de circulación del lodo

Sobrecarga en los motores propulsores de la cortadora

Escasez de lubricante en los tanques

La presión del aire del compresor baja más de lo previsto

Circulación anormal del aceite en la bomba

- Frente a cualquier problema que se presente en el escudo - las lámparas indicadoras del sistema se iluminan intermitentemente y los zumbadores dan también la alarma. Los zumbadores pueden detenerse volviendo a oprimir el mismo botón, mientras que las lámparas permanecerán iluminándose hasta que la falla haya sido corregida.

Parada de emergencia:

- Al oprimir el botón rojo "PARADA DE EMERGENCIA" en el tablero del operador o en el tablero de control central se dan -- las siguientes situaciones:

Se detienen, las bombas de circulación, los motores de propulsión de la cortadora, la unidad de la energía hidráulica y - las bombas de lubricación

Todos los interruptores operando en los tableros de control dejan de funcionar

El modo de circulación cambia automáticamente de frontal a derivación

La energía para la iluminación y lámparas indicadoras continúa suministrándose.

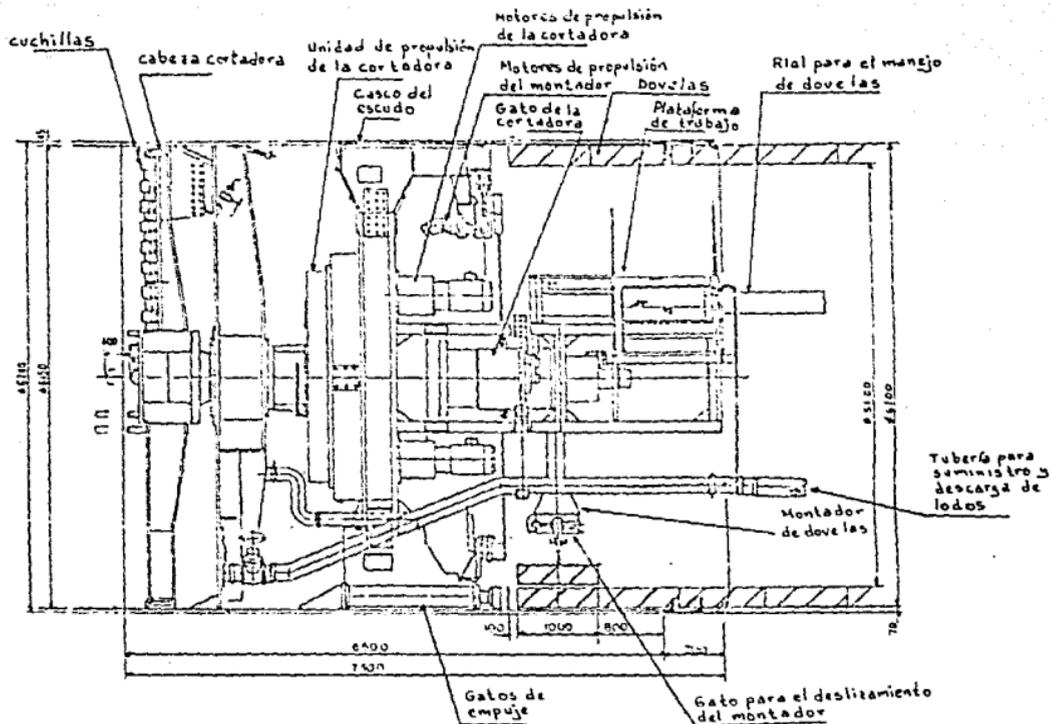


Fig.II.1. Partes principales del escudo Japonés de 6.24 m. de diámetro de frente presurizado.

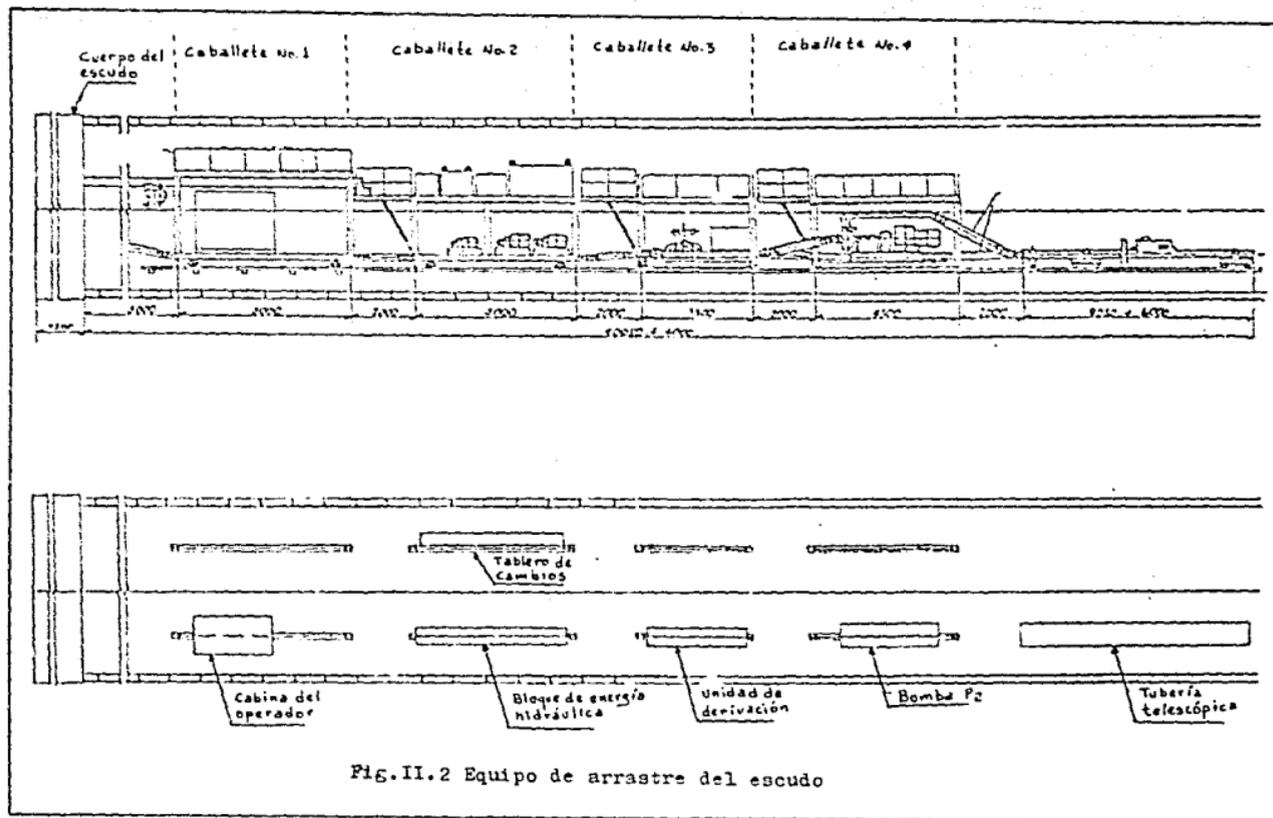


Fig. II.2 Equipo de arrastre del escudo

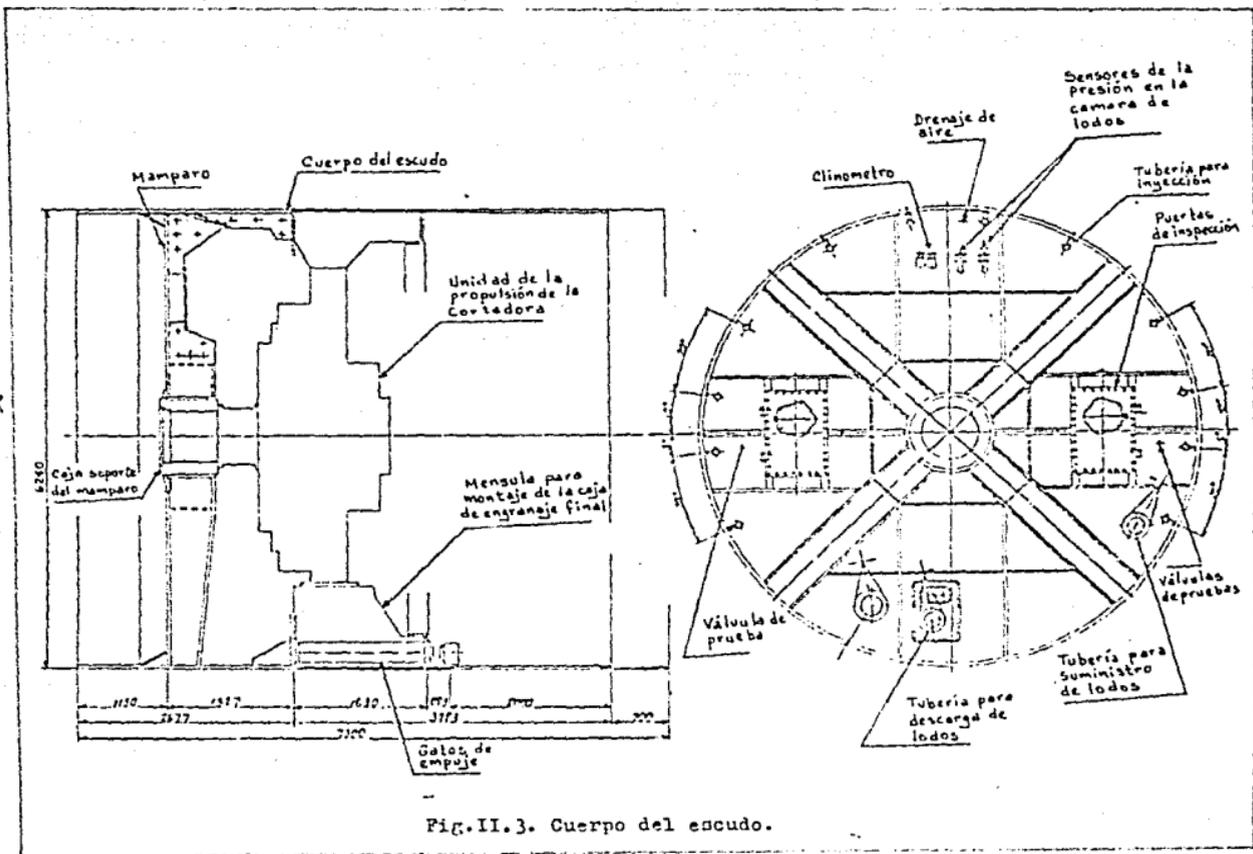


Fig.II.3. Cuerpo del escudo.

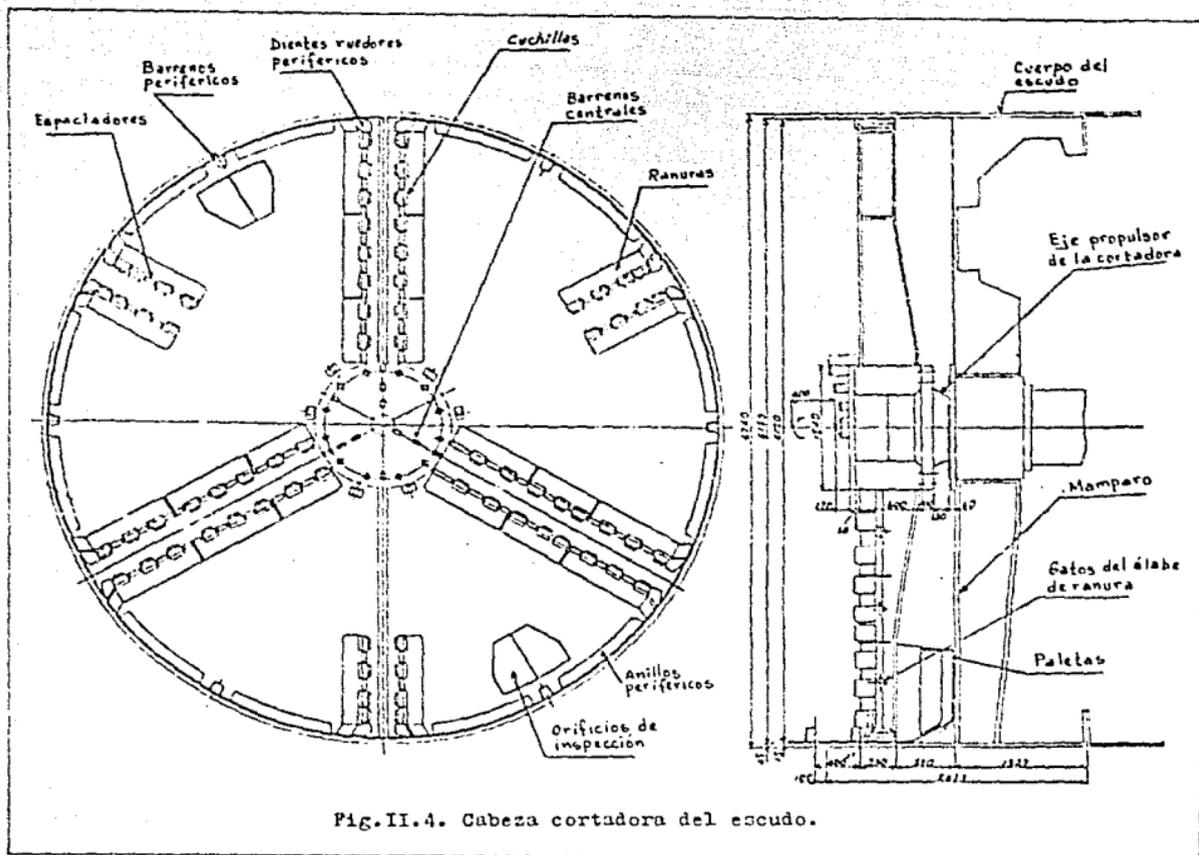


Fig. II.4. Cabeza cortadora del escudo.

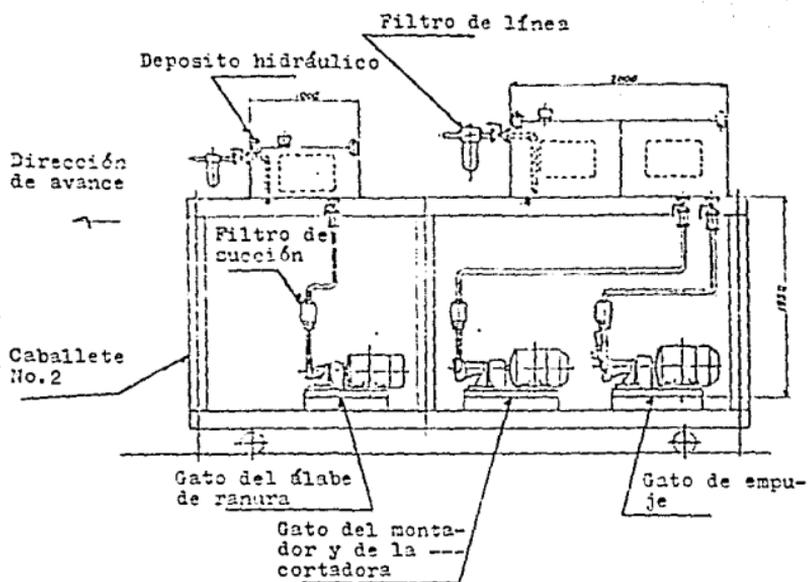


Fig.II.5.Unidad hidráulica del escudo.

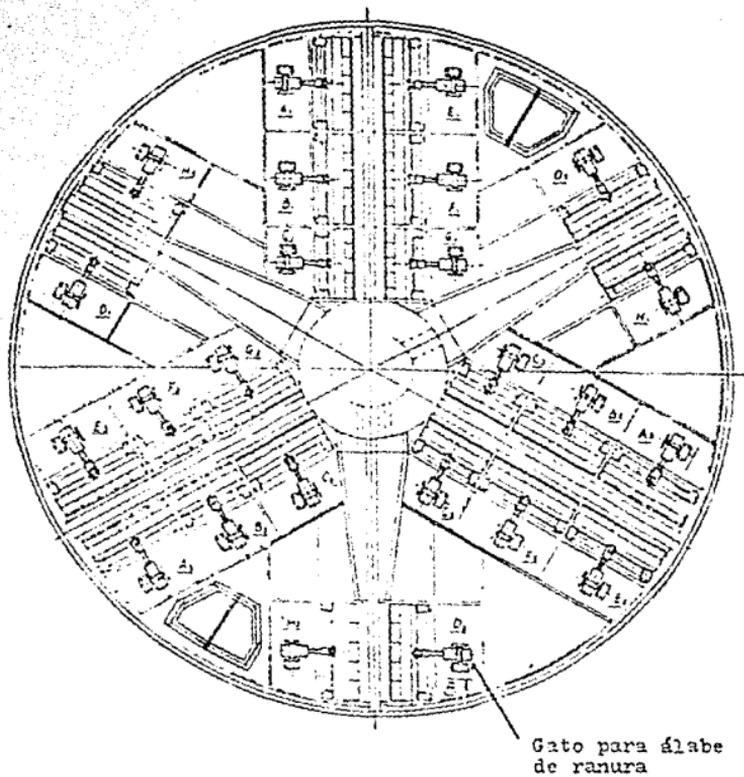


Fig.II.7. Circuito hidráulico para los gatos de álabe de ranura.

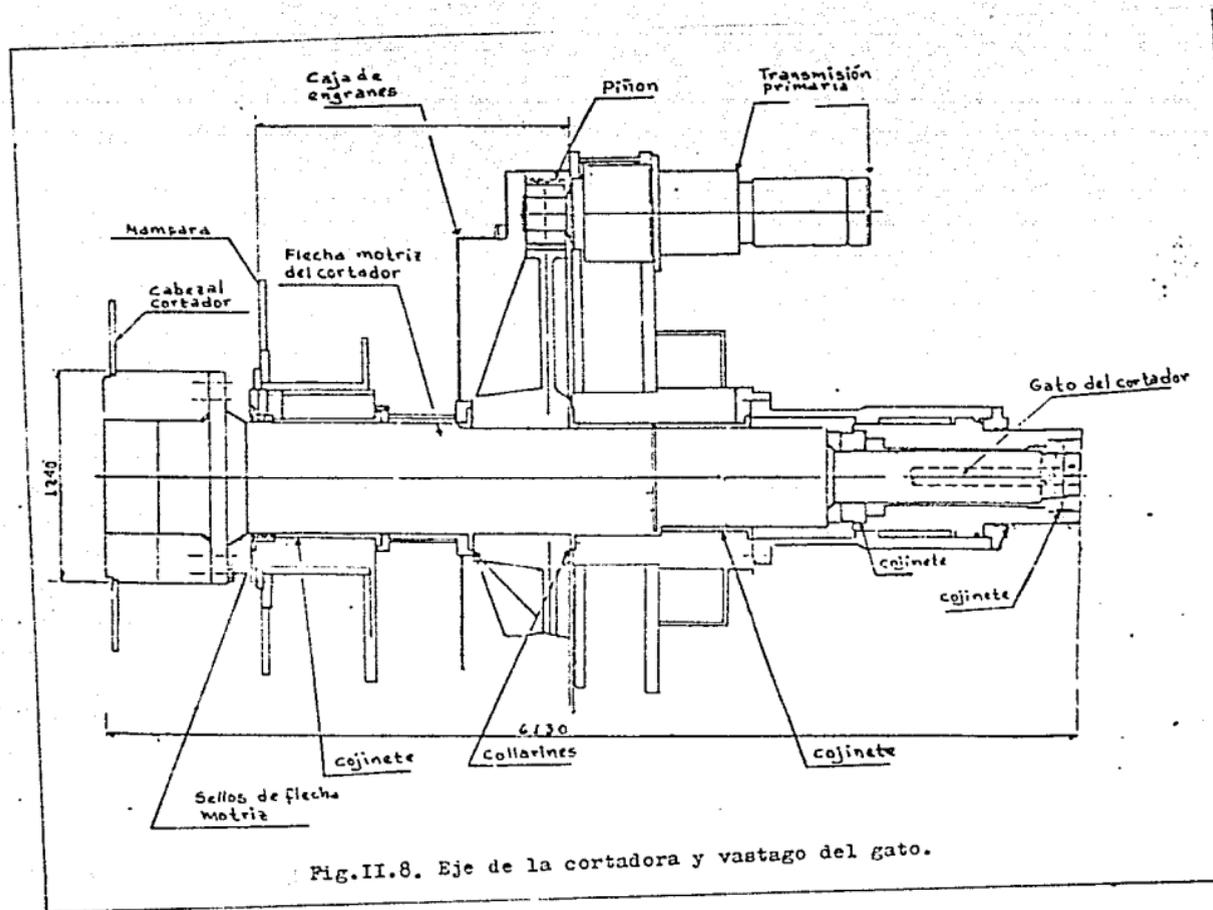


Fig.II.8. Eje de la cortadora y vastago del gato.

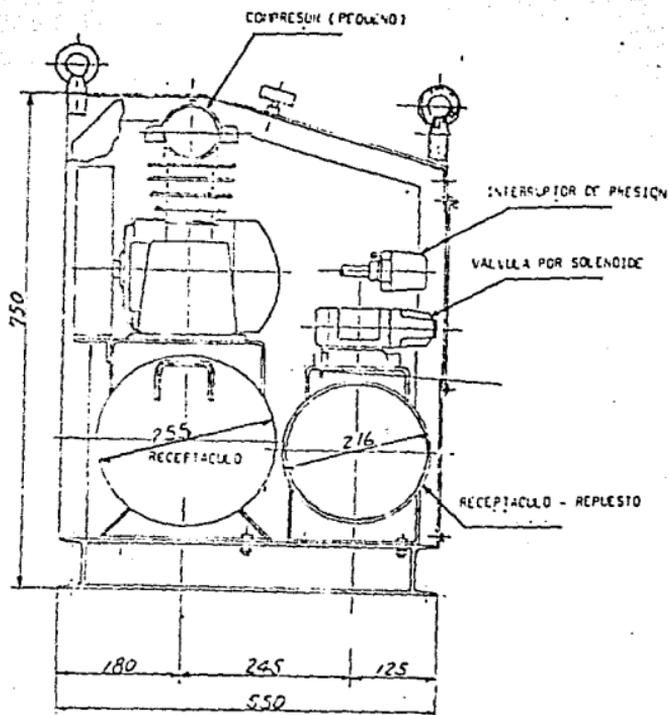


FIG.II.10. Compresor para el sistema neumático.

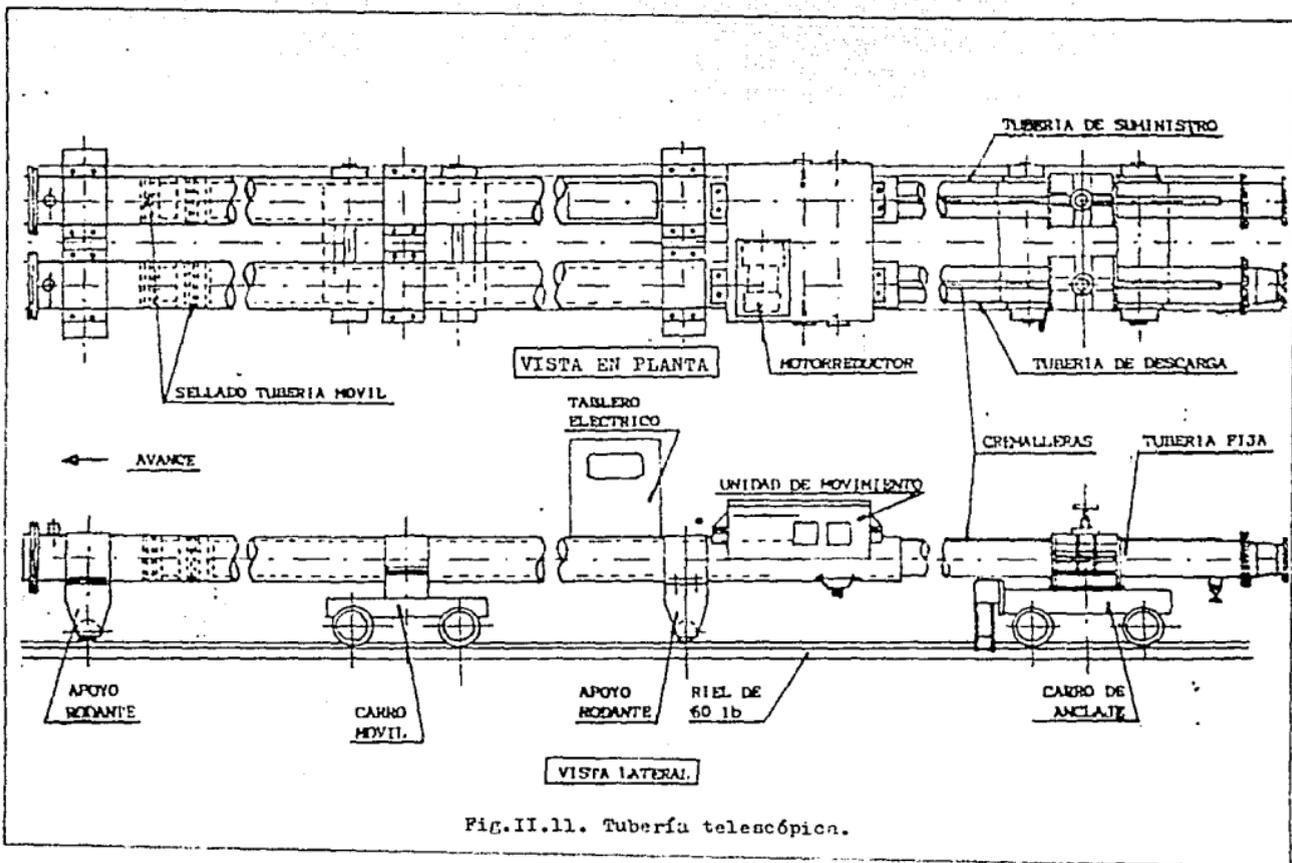
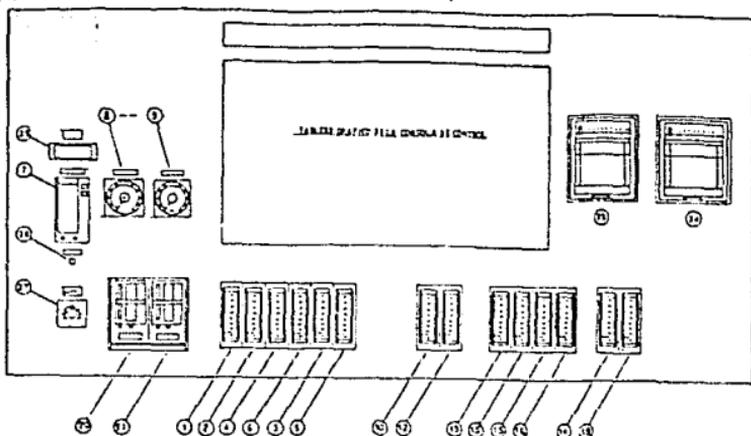
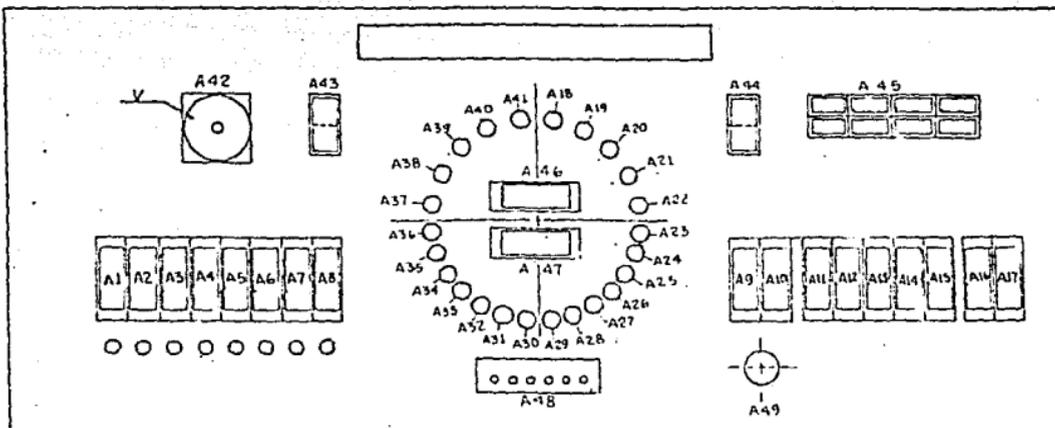


Fig.II.11. Tubería telescópica.



- 1.-Indicador de presión frontal
- 2.-Indicador de presión de suministro
- 3.-Indicador de densidad de suministro
- 4.-Indicador de velocidad de flujo de suministro
- 5.-Indicador de densidad de descarga
- 6.-Indicador de velocidad de flujo de descarga
- 7.-Indicador de volumen excavado y desplazado
- 8.-Indicador de velocidad de bomba de suministro
- 9.-Indicador de velocidad de bomba de descarga
- 10.-Indicador de corriente total de motores de la cortadora
- 12.-Indicador de presión del gato de la cortadora
- 13.-Indicador de presión del gato de empuje
- 14.-Indicador de presión del gato de ábete
- 15.-Indicador de carrera del gato de empuje
- 16.-Indicador de velocidad de avance
- 19.-Indicador de inclinación
- 20.-Presión de la bomba de suministro
- 21.-Flujo de la bomba de descarga
- 23.-Graficador No.1
- 24.-Graficador No.2
- 25.-Indicador de la proporción V_2/V_1
- 26.-Interrupción de botón
- 27.-Controlador manual

Fig.II.13. Consola de control central



- A1 a A8.-Indicador de la corriente de cada motor
 A9.-Indicador de presión frontal
 A10.-Indicador de velocidad del flujo de descarga
 A11.-Indicador de presión del gato de empuje
 A12.-Indicador de carrera del gato de empuje (izquierda)
 A13.-Indicador de carrera del gato de empuje (derecha)
 A14.-Indicador de velocidad de avance
 A15.-Indicador de volumen de aceite hidráulico
 A16.-Indicador de presión del gato de álabes
 A17.-Indicador de presión del gato de la cortadora
 A18 a A41.-Indicador de los gatos de empuje
 A42.-Tensión de línea
 A43.-Indicador de velocidad de rotación de la cortadora
 A44.-Indicador de circulación
 A45.-Indicador de alarma
 A46.-Indicador de inclinación
 A47.-Indicador de balanceo
 A48.-Indicador de carrera del gato de la cortadora
 A49.-Indicador de parada de emergencia

Fig.II.14. Tablero del operador

CAP. III. REVESTIMIENTO CON DOVELAS

III.1. Generalidades

Para los túneles que se excavan con escudos, es indispensable que tan pronto como el subsuelo deja de tener apoyo sobre la coraza del escudo, exista ya una estructura capaz de soportar los empujes que induce el subsuelo. Es por ello que todos los túneles excavados con escudo son dotados de un revestimiento a base de elementos prefabricados, que forman anillos que se unen entre sí para formar el revestimiento primario del túnel.

Hasta hoy en día, en general se han utilizado dovelas para formar los anillos del revestimiento primario, como un sistema de ademe temporal y posteriormente, un elemento de concreto colado en la periferia constituye el revestimiento definitivo.

En la práctica, las dovelas para constituir los anillos del revestimiento primario, se forman con elementos de concreto prefabricado.

Para unir las dovelas entre sí y formar los anillos, deben tener posibilidades de introducir en ellas elementos de sujeción, que en general son pernos de acero.

Finalmente, los anillos formados por las dovelas que constituyen el revestimiento primario de los túneles, deben prever la necesidad de lograr las curvas que se proyectan en el trazado del túnel y para resolver esta situación, se ha utilizado en la práctica, la de formar todos los anillos con igual geometría, pero en cada anillo las caras que limitan su ancho no son exactamente perpendiculares al túnel, sino que tienen un pequeño sesgo (anillo correctivo). Para formar los tramos rectos se elimina el sesgo (anillo normal) de un anillo a otro, mientras que para formar los tramos curvos los anillos se giran, unos con relación al inmediato anterior y se logra obtener el radio de curvatura que se requiere. En este caso las dovelas que forman cada anillo son todas de diferentes características geométricas, incluyendo a la dovela de ajuste (cuña) que es de menor dimensión. Tomando en cuenta las consideraciones antes expresadas, en las figuras III.1 y III.2, se muestran la composición de cada anillo, en cuanto al número de dovelas que lo integran, y a la vez, se indica para cada anillo el sesgo que se tiene para lograr el radio de curvatura que es de 200 m.

Las figuras III.3, a III.5 muestran las dimensiones generales de las dovelas y la ubicación de los elementos de conexión de una dovela con otra y además un detalle del espesor de la misma, en el que se señala la ranura que debe formarse para pegar en ella una banda de neopreno, que será el elemento que per

mita asegurar la impermeabilidad de las uniones de una dovela con otra al formar un anillo y de un anillo al subsecuente.

Cabe hacer notar que se ha definido en 25 cm el espesor de las dovelas, tomando en consideración las presiones a que serán sometidas, tanto a corto como a largo plazo, considerando que serán un promedio de 30 m de profundidad en que serán ubicados los túneles.

Es importante tener en cuenta los requisitos que deben cumplir las dovelas de concreto precolado, que se fabriquen para utilizarse en la formación del revestimiento primario de los túneles, pues estas requieren de procesos de fabricación cuidadosos, para que cumplan las condiciones de resistencia y las limitaciones en cuanto a tolerancias geométricas.

Los requisitos para la construcción de las dovelas son los que a continuación se mencionan:

CONCRETO. El concreto debe adquirir una resistencia de 350 Kg/cm^2 . Para producir este tipo de concreto se debe elaborar con revenimiento muy bajo (2 cm) y la compactación se realiza superficialmente y directamente.

ACERO DE REFUERZO. Es de alta resistencia, y de un límite de fluencia de 4 200 Kg/cm^2 .

ACERO PARA CAJAS DE CONEXION. El acero para las cajas de conexión de las dovelas, con barrenos para colocar los tornillos entre dovelas y anillos, debe ser de A-36 del tipo estructural.

SELLO PERIMETRAL DE LA DOVELA. Para formar estos sellos se requiere un material que tenga cierta compresibilidad, alta impermeabilidad y duración; el material que cumple estos requisitos es el neopreno.

TORNILLOS PARA SUJECION. Estos elementos pueden ser del tipo comunmente utilizado en la construcción de estructuras metálicas.

INSERTOS PARA MANEJO E INYECCION. Estos son tubos de acero comercial. Se coloca en el centro de la dovela, además deberá tener cuerda para colocar el accesorio del anillo erector al colocarse la dovela en el túnel y para la entrada de la tubería de inyección.

Para asegurar la geometría necesaria de las dovelas y de los anillos, y poder formar las curvas en los tramos en que se requieran, o asegurar la alineación en los tramos rectos y a la vez lograr la apropiada coincidencia de los barrenos para la colocación de los tornillos de sujeción, además tener un buen contacto de los sellos de neopreno entre dovelas y anillos, las dimensiones de las dovelas deberán tener tolerancias de unos cuantos milímetros, lo que en realidad significan que deben restringirse las contracciones del concreto, para que la geometría de los elementos no varíe considerablemente con respecto a la definida por los moldes de colado, una vez que se presenten las contracciones de fraguado.

Para limitar estas contracciones, el proceso de fabricación debe efectuarse con revenimiento muy bajo, a efecto de reducir-

al mínimo la relación agua-cemento, que es uno de los parámetros de mayor influencia en la contracción del concreto; otro parámetro que influye es el contenido de finos en los agregados y este debe limitarse a valores que no excedan del 2% en las arenas y del 1% en las gravas.

Los moldes que se fabriquen para formar las dovelas, deberán ser estructuras sólidas y rígidas, impermeables e indeformables, con objeto de que se puedan conservar la precisión geométrica de sus dimensiones, durante todo el tiempo en que se programe su utilización. Con lo anterior las tolerancias geométricas en las dimensiones de las dovelas se mantendrán en el orden de milímetros, para la dimensión mayor, podrá permitirse una tolerancia de ± 2 mm, lo que significa que la ubicación de los orificios y la compresibilidad de la banda de neopreno debe aceptar estas tolerancias previstas, de acuerdo con la contracción estimada para los concretos de bajo revenimiento. Se recomienda prever inclusive una variación adicional del orden de 1 mm, para asegurar que en la práctica se puedan ejecutar sin interrupciones las labores de formación de los anillos, lo que conduce a que en la mayor dimensión de las dovelas, la tolerancia geométrica sea entonces de ± 3 mm, mientras que en el ancho será de ± 1.5 mm y en el espesor se limitará a ± 1.0 mm, más bien por cuestiones prácticas de medición, que por requisitos indispensables que cumplir.

Las dovelas deben tener las siguientes características:

- Capacidad suficiente para soportar la presión total, sin-

que existan deformaciones excesivas.

. Resistencia a los esfuerzos ocasionados, por manejo brusco y colocación.

. Resistencia a los esfuerzos producidos por los gatos de empuje durante el avance del escudo.

. Resistencia a la humedad y filtraciones sobre el segmento.

III.2. Planta para la fabricación de dovelas

La planta para la fabricación de dovelas, se instala en lugar diferente a la obra del túnel. Así mismo las dovelas deberán de fabricarse antes de que se inicie la excavación del túnel, por que tiene que transcurrir un cierto tiempo, para que adquiera la resistencia especificada, éstas se pueden fabricar de resistencia normal o rápida, según las necesidades de la obra.

En las instalaciones de la planta para la fabricación de dovelas, se tienen los siguientes equipos: Instalación de la nave de colado, habilitado de acero de refuerzo y placas de conexión. Esta es una área de aproximadamente 40 m x 15 m en la nave de colado y 25 m x 15 m en la nave de habilitado de acero. Las naves se construyen a base de estructura metálica y techado con laminas de asbesto.

Molde metálico. En este se coloca el concreto para la fabricación de las dovelas, teniendo las dimensiones geométricas re-

queridas.

Planta de concreto. Lugar donde se tiene los elementos para la elaboración del concreto, con un metro cubico de capacidad y sirve para:

- . Control, manejo y almacenamiento de materiales.
- . Elaboración del concreto.

La planta de concreto consta de los siguientes accesorios:

- . Cangilones.
- . Revolvedora.
- . Banda transportadora de agregados.
- . Silos para almacenar cementos.
- . Deposito de agua.
- . Gusano suministrador de cemento.
- . Escuelas.
- . Tolva.
- . Equipo para dosificación del aditivo.

Planta de curado con vapor. Esta consta de una caldera para generar vapor, y casetas cubiertas de lona donde se colocan los moldes para el curado del concreto. Asimismo se tienen termómetros para el control de temperaturas.

Mesa vibratoria y vibradores de inmersión. Estos equipos sirven para la compactación del concreto colocado en el molde.

Dobladora y cortadora de varilla. Se utiliza en el habilita-

do del acero de refuerzo, dándole la forma y longitudes necesarias para el armado de las dovelas.

Máquinas soldadoras. Esta se usa para la aplicación de soldadura en el armado de las dovelas y cajas de conexión.

Equipo de corte. Con esta se habilita, acero de refuerzo, -- placas de conexión y todo tipo de acero utilizado en la obra.

Planta generadora de energía eléctrica. Esta maquinaria se -- utiliza de emergencia, cuando se presentan fallas en el suministro de energía eléctrica.

Compresor eléctrico estacionario de 600 pcm. Se utiliza para suministro de aire comprimido a los equipos neumáticos. Asimismo para la limpieza de moldes y área de trabajo.

Polipasto de 10 Ton de capacidad. Se utiliza para el transporte de moldes, moldes con concreto, en la nave de colados. -- Asimismo para desmolde de las dovelas y transporte al área de -- rotulación.

Truck de 36". Este se usa para transportar parrillas de acero del área de armado a la nave de colados.

Pistola neumática. Se usa para la colocación y retiro de tornillos en el ensamble de los moldes y desmolde de las dovelas.

Camión grúa hiab. Se utiliza para el transporte de dovelas - del área de rotulación al patio de almacén.

III.3. Procedimiento constructivo de las dovelas

La construcción de las dovelas, se inicia con el habilitado del acero de refuerzo, placas de conexión, tubos de inserto y armado de las parrillas. Simultáneamente se realiza la preparación del molde (limpieza, ensamble y aplicación de desencofrante).

Posteriormente se coloca en el molde la parrilla, placas de conexión, tubo de inserto y se procede al atornillado del molde, cuidando el recubrimiento especificado del acero de refuerzo.

A continuación, por medio del polipasto se trasladan los moldes hasta la cama vibratoria y se procede a la elaboración del concreto. Se cargan en la tolva los agregados (cemento, arena, grava) debidamente pesados según la dosificación, posteriormente estos materiales, por medio de la banda transportadora, se descargan a la revoladora, simultáneamente se agrega agua y aditivo. El tiempo necesario de mezclado es aproximadamente de 3 min, después de que se descargan todos los materiales a la revoladora.

Posteriormente el concreto elaborado se descarga a una banda transportadora, que vacía el concreto al molde de dovelas, de -

manera gradual o por capas para garantizar una buena compactación, ya que el concreto es aproximadamente de 2.0 cm de revenimiento. Esta compactación se realiza por medio de la mesa vibratoria y vibradores de inmersión.

Terminada la colocación del concreto en el molde, este se retira de la mesa vibratoria y se coloca en la cámara de curado.- Realizado el afino por medio de una llana metálica, para que la superficie exterior de la dovela quede lisa y no perjudique los sellos de neopreno en el faldón del escudo.

Antes de que se inicie el curado a vapor, debiera de transcurrir un tiempo de 1.5 hrs después de elaborado el concreto, para asegurar que el fraguado sea adecuado.

El curado a vapor se realiza durante 4 hrs, de la siguiente forma:

. La primera hora es para elevar, de la temperatura ambiente hasta 50°C gradualmente.

. En las siguientes 2 hrs se mantiene constante la temperatura de 50°C.

. En la tercera hora se suspende el suministro de vapor a las cámaras de curado, para que descienda la temperatura de 50°C hasta la temperatura ambiente, en una hora.

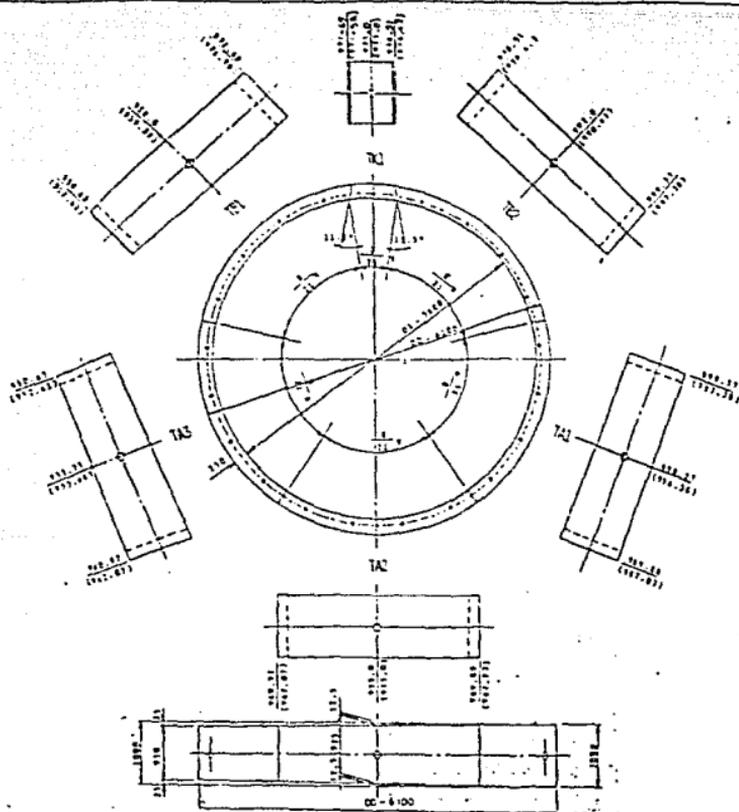
Para desmoldar las dovelas, deben tener como mínimo 100 Kg/cm² de resistencia, para obtener esta resistencia los especímenes de concreto deberán de ensayarse 0.5 hrs después de que haya termi-

nado el curado. Cabe aclarar que se debe llevar un control rígido en la elaboración del concreto para garantizar la resistencia.

Posteriormente, se procede a desatornillar los moldes y con el polipasto se retira la dovela transportandola hasta el área de rotulación, donde se identifica con la fecha de colado, tipo de anillo y su número.

Terminada la rotulación, se transporta la dovela al patio de almacen, y es aquí donde se termina su fabricación, así se procede todo el ciclo mencionado anteriormente hasta concluir el número de anillos requeridos en la obra.

Los anillos colocados en el patio de almacen, cuando alcanzan la resistencia de proyecto se proceden a identificar, para cuando se requiera en el túnel, se pueda retirar sin ningún problema.



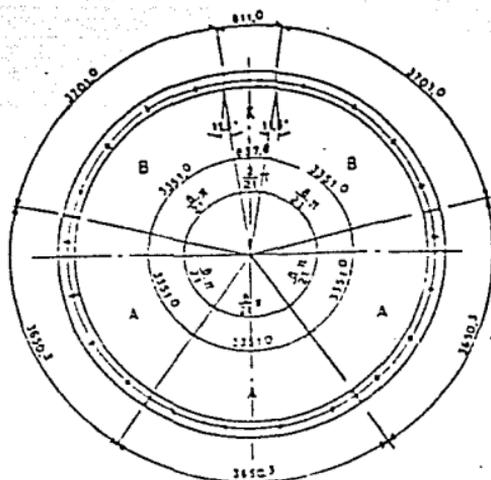
ABREVIATURAS

- TE DE VELA CLAVE ANTICABA
 TI DE VELA CLAVE ANTICABA DEL TIPO "T"
 TA DE VELA CLAVE ANTICABA DEL TIPO "A"
 TE EL ANCHUR INTERIOR
 TI EL ANCHUR EXTERIOR

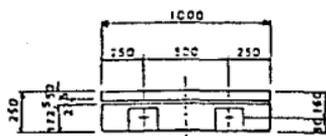
NOTA

LA DIMENSION INTERIOR ES IGUAL AL ANCHUR EXTERIOR DE LA NOVELA.
 EL PUNTO EN INTERIOR ES EL PUNTO EN EL INTERIOR AL ANCHUR
 INTERIOR DE LA NOVELA.

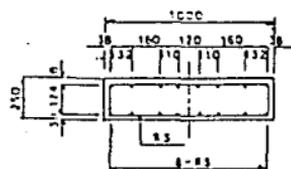
Fig. III.1. Se muestra la composición de un anillo correctivo.



CORTE TRANSVERSAL - ANILLO MONTADO



VISTA LATERAL



CORTE DE LA DOVELA

Fig.III.2. Dimensiones del anillo tipo normal.

CAP. IV. PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DEL TUNEL

IV.1. Trabajos preliminares para la excavación del túnel

En la utilización de escudo de frente presurizado, se deben realizar trabajos previos al inicio de la excavación, para la colocación de equipos e instalaciones en superficie y lumbraera, que permita no sólo el buen funcionamiento del escudo, sino también tener un avance rápido en el ciclo de la excavación.

Trabajos en superficie:

IV.1.1. Campamento.

Para este tipo de obras que son de una magnitud considerable, es necesario la construcción de una serie de instalaciones generales que dispondrá el campamento, las cuales se mencionan a continuación;

- Oficinas
- Almacén general para equipos y materiales
- Talleres de carpintería, eléctrica, mecánica y soldadura

IV.1.2. Mejoramiento del suelo.

Para iniciar o terminar la excavación de un tramo de túnel - en suelos blandos, se realiza tratamiento en el suelo circundante, a la salida o llegada del escudo en la lumbrera, cuya finalidad es incrementar la resistencia de dicho suelo, que por sus características mecánicas pueda fluir hacia la excavación o lumbrera, en el tiempo que transcurre entre la demolición del muro de lumbrera y en el momento de que el escudo empieza a ejercer presión sobre el suelo.

El mejoramiento se realiza cubriendo un volumen de las siguientes dimensiones;

Largo	1.5 D
Ancho	2.0 D
Profundidad	H + 0.5 D

En donde:

D - Es el diámetro del escudo excavador

H - Es la distancia de la superficie a la zona de cubeta - del túnel

El método para el mejoramiento del suelo es el de sustitución total o parcial del material, por otro de características apropiadas como se indica en el proyecto. A continuación se da una breve descripción del procedimiento.

-- Sustitución total:

La sustitución del suelo se realiza por el sistema clásico de cimentaciones profundas coladas en el lugar, excavandose mediante una almeja pesada o guiada.

En el área definida, se trazan y localizan los paneles, tomándose como referencia los 60 cm de espesor del mortero inyectado en el proceso constructivo de la lumbrera, las dimensiones de la sección de los paneles dependerán del equipo que se utilice.

Se excavan los paneles hasta la profundidad de proyecto, adhiriendo con lodo bentonítico la pared de excavación, conforme se vaya avanzando.

Habiendo alcanzado la profundidad de proyecto se procede a instalar el tubo tremie, posteriormente por medio de éste se coloca mezcla de mortero arena-cemento de mayor densidad que el lodo bentonítico, para que por diferencia de densidades dicho lodo se vaya desplazando.

El mortero debiera tener mayor resistencia a los 28 días, que la del suelo natural.

Al efectuar el mejoramiento del suelo por éste método se debiera tener las siguientes precauciones:

- Los paneles deben excavar y colarse en forma alternada.
- No debe iniciarse la excavación de un panel, si existe otro contiguo que no haya alcanzado su fraguado inicial.

- Al excavar, debe seguirse un estricto control de las características del lodo para ademar, de tal forma que sea el adecuado para garantizar la estabilidad de las paredes en la excavación.
- Durante el colado, debe verificarse cuidadosamente el ensamble de la tubería "tremie", colocación del balón de latex y la posición extrema de la tubería respecto al nivel superior de colado.
- La dosificación de la mezcla debe ser tal que proporcione la resistencia requerida en el lugar.

-- Sustitución parcial:

Para este tratamiento, se recurre al uso de inyecciones con el sistema puntual a alta presión, que provoca rompimiento y consolidación de la estructura arcillosa del suelo, colocando mezclas resistentes en las fracturas que la presión ocasiona.

En la realización de la inyección se hace una serie de barrenos verticales de 10 cm de diámetro dispuestos a cada metro.

Para cada barreno se instala tubo de 38 mm de diámetro, perforados en la zona de inyección a cada 50 cm, en la perforación de la tubería se coloca un obturador de hule.

Los tubos colocados en los barrenos, se inyectan con una mezcla de bentonita-cemento en la holgura que se tiene entre tubo de 38 mm de diámetro y la pared de la perforación (vaina) cuyo-

proporcionamiento sea adecuado para alcanzar una resistencia de 6 Kgf/cm^2 a los 28 días.

En forma ordenada se ubicará el doble obturador para realizar la inyección en todos los puntos previstos en cada tubo perforado, ejecutando dos etapas en cada barreno, en un intervalo menor de 48 hrs.

En la primera etapa se inyecta la mezcla bentonita-cemento con una dosificación que alcance una resistencia de 4 Kgf/cm^2 a los 28 días. En ésta etapa las presiones de inyección no serán mayores a 5 Kgf/cm^2 y el suelo se considera tratado cuando alcance la presión máxima establecida o el volumen inyectado sea de 0.25 m^3 .

En la segunda etapa se utiliza la misma mezcla que la anterior etapa, considerando que el suelo ha sido tratado cuando se tengan 10 Kgf/cm^2 como presión máxima o que el volumen de inyección alcance a 0.25 m^3 .

En caso necesario, se deberá aplicar una tercera etapa de inyección en los barrenos donde los volúmenes resultan bajos.

Al concluir el tratamiento, se retiran todos los tubos utilizados para realizar la inyección, para no interferir con el paso del fluido, sellando los huecos que dejan dichos tubos con mortero.

IV.1.3. Planta de tratamiento de lodos.

Esta planta tiene una serie de instalaciones, en las cuales se realiza la separación por medio de la sedimentación del material, producto de la excavación y el lodo que se utiliza en la estabilización en el frente del túnel durante la excavación.

La construcción se realiza en una área cercana a la lumbrera y consta de lo siguiente:

Carcamo de descarga. Es el lugar donde se deposita el lodo - proveniente del frente de la excavación y en el que se inicia - la sedimentación del material, producto de la excavación que ha sido acarreado por el lodo de suministro.

Carcamo de sedimentación. Es el lugar en el cual continua el proceso de sedimentación del material, producto de la excavación que está en suspensión.

Carcamo de suministro. Es el lugar en el que se deposita --- el lodo tratado, teniendo las características especificadas para ser reutilizado en el frente de excavación.

Caseta central de control. Lugar en donde se coloca la consola de control, para recibir toda la información que se genere - durante la excavación del túnel y controlar todo el sistema de circulación de lodos. Esta caseta deberá construirse junto a -- los carcamos, de manera que tenga una buena visibilidad el ope-

rador de la consola hacia dichos carcamos y a su vez quede protegida la consola de control.

Tuberías para circulación de lodo. Colocación de tuberías de 6" y 8" de diámetro, para descarga y suministro del lodo respectivamente. La de 6" de diámetro se conecta al carcamo de descarga y la de 8" de diámetro a la bomba F-1, ambas tuberías se tienden hasta el fondo de la lumbrera, para posteriormente conectar se a las tuberías que se colocarán conforme avance la excavación del túnel.

IV.1.4. Patio de dovelas.

En ésta tipo de obras, se requiere un lugar para el almacenaje de las dovelas que se colocarán como revestimiento primario en el túnel, de tal forma que puedan estibarse eficientemente y que se puedan manejar fácilmente con la grúa del sistema de manteo.

El área del patio de dovelas estará regida por la que se dispone en el campamento, teniendo en cuenta que sea por lo mínimo suficiente para almacenar el "stock" de dovelas necesarias para el avance diario programado del túnel.

IV.1.5. Subestación eléctrica.

El escudo de frente presurizado, como el equipo complementa-

rio funcionan por medio de energía eléctrica, por eso es necesario instalar una subestación cuya capacidad estara en función de los equipos por alimentar. La tensión de alimentación será de 23 Kv, con tres diferentes distribuciones, 4160 V para el túnel, 440 V para la superficie y 220 V para el alumbrado en general.

IV.1.6. Trincheras.

Las derivaciones del cableado para suministro de energía eléctrica de los equipos se alojan en trincheras, con el fin de darles protección a dichos cables sin que interfieran la circulación normal dentro del campamento.

Trabajos en lumbrera:

Se requieren trabajos en muro o fondo de la lumbrera, algunos de los cuales se emplearán exclusivamente para el inicio de la excavación del túnel y otros permanecerán durante la realización de la obra.

IV.1.7. Cuna del escudo.

La cuna es una estructura de concreto reforzado, anclada a la losa de fondo de la lumbrera, cuya finalidad es proporcionar apoyo al escudo y conformar un elemento de continuidad para el túnel en la lumbrera, sus dimensiones están dadas en función de

los datos de proyecto y del escudo.

En la cuna se colocan tres rieles a lo largo de su cara superior, ahogados en el concreto, con objeto de facilitar el deslizamiento del escudo durante los empujes, en la colocación de estos rieles se debe tener cuidado en el alineamiento y nivelación porque será la guía del escudo. También se dejan preparaciones con placas de acero localizadas en los hombros de la cuna, las que posteriormente servirán de apoyo a la estructura para la construcción de una plataforma de trabajo en el fondo de la lumbrera.

Es necesario que la cuna se construya en dos o tres secciones, dejando pasillos entre éstas para que el fondo de la lumbrera, quede formando un carcamo de captación del agua proveniente del túnel para posteriormente bombearlo a la superficie.

El procedimiento constructivo de la cuna es el tradicional para el colado de elementos masivos de concreto reforzado, en el cual se deberá tener cuidado al anclar en la loza de fondo de la lumbrera.

IV.1.8. Muro de atraque.

Este elemento es una estructura de concreto reforzado que esta situado en la pared de la lumbrera, orientado perpendicularmente respecto al eje del túnel, cuya finalidad es dar apoyo a

los semianillos de dovelas, sobre las cuales reaccionan los gajos de empuje del escudo, cuando se inicia la excavación.

En caso de que el área para construir el muro de atraque que de dentro de la sección del túnel excavado o el muro de lumbreira pierda continuidad, entonces puede construirse un atraque a base de estructura metálica, cuya función será exactamente la misma que la de concreto. Para este tipo, se deberá tener cuidado que dicha estructura este debidamente anclada y apoyada para no tener deformaciones excesivas que podrían causar problemas - en el alineamiento del escudo al ser empujado.

IV.1.9. Sello de salida

Esta estructura tiene como finalidad proporcionar un elemento de contención, que no permita el flujo del lodo hacia la lumbreira cuando el escudo se introduce al túnel, ya que existe olgura entre la camisa del escudo y la pared de la excavación, - en la zona demolida de la pared de la lumbreira.

El sello consiste en un conjunto de anillos metálicos y de hule de diferentes diámetros, que atornillados entre sí forman un sólo elemento, permitiendo en su interior el paso del escudo.

Este sello de salida se coloca anclando en el concreto reforzado, por lo que el plano de la sección de dicho sello deberá estar perpendicular al eje del túnel. Así mismo, en la estructura del concreto reforzado, se coloca una válvula en la zona de-

clave del túnel, que tendrá como función liberar el aire atrapado, al momento de iniciar la presurización en la cámara frontal del escudo.

IV.1.10. Estructuras para apoyo de equipo.

Al inicio de la excavación solamente se tiene el área del fondo de la lumbrera para alojar el tren de equipo, cuya longitud aproximada, instalada en el túnel, es del orden de 50 m por lo que es insuficiente el área y para cubrir tal necesidad se construyen plataformas para colocar los equipos del escudo.

Las plataformas se anclan en el muro de la lumbrera, a una elevación mayor que la cuna del escudo, de esta forma; al iniciar los trabajos de excavación la ubicación del equipo no interfiriera con las actividades que se realicen en el fondo de la lumbrera, tales como demolición, retiro de rezaga, colocación de anillos de atraque, etc.

Conforme la excavación del túnel avanza el equipo se va colocando en el túnel, hasta que las plataformas quedan vacías y puedan ser retiradas de la lumbrera.

Cuando todo el equipo del escudo se ha colocado en el túnel y ha sido retirado el sistema de atraque (anillos y troqueles), es conveniente la construcción de una plataforma de trabajo, con lo cual se obtendrá mayor espacio para maniobras.

IV.2. Ensamblado del escudo e instalación de equipos.

IV.2.1. Ensamblado del escudo.

En esta obra, Lumbrera No.2 del interceptor Centro-Centro, - se suministro el segundo escudo japonés de frente presurizado - de 6.24 m de diámetro, adquirido por el Departamento del Distrito Federal.

El escudo se conforma de diferentes partes, y para su utilización es necesario el ensamble de éstas. El cuál se realiza sobre la cuna del escudo como se describe a continuación.

Antes del ensamblado definitivo, algunas partes del escudo - se habilitan para conformarse, como una sola pieza y además para reforzar dichas partes, Como a continuación se mencionan:

Cabeza cortadora.- Esta parte se conforma de diferentes piezas, por eso se le aplica soldadura para unir las. Así mismo se colocaron los dientes y puertas de acceso.

Anillo erector.- Aplicación de soldadura para colocación de los gatos hidráulicos.

Paldón.- Colocación de sello metálico y de neopreno.

Transmisión.- Colocación de tornillos y aceite hidráulico.

En las fotografías No.IV.1 a IV.6, se observa el habilitado de algunas partes del escudo.

Para el ensamblado definitivo de las partes del escudo, en el fondo de la lumbrera, se efectuó el decenso en el siguiente orden:

- Parte inferior del anillo "B"
- Parte inferior del anillo "A"
- Transmisión de la cabeza cortadora
- Cabeza cortadora
- Parte superior del anillo "B"
- Anillo erector de dovelas
- Parte superior del anillo "A"
- Faldon del escudo

En las fotografías No. IV.7 a IV.14 se observa el decenso de las piezas del escudo.

De acuerdo al orden de decenso de las partes, se describe en forma resumida el proceso de ensamblado.

Se inicia con la colocación de los anillos inferiores "B" y "A" en la cuna, posteriormente se coloca la transmisión sobre dichos anillos. A continuación la cabeza cortadora se coloca en la transmisión y se atornilla, terminada esta actividad se coloca la parte superior del anillo "B". Después se coloca el anillo erector de dovelas y la parte superior del anillo "A", para concluir el ensamblado se coloca el faldón.

En las fotografías de la No. IV.15 a IV.22, se muestra la colocación de partes del escudo en la cuna.

Durante el proceso de ensamblado se realizan las siguientes actividades:

- .- Aplicación de soldadura entre las uniones de los anillos "A" y "B".
- .- Conexión de tubos de 6" y 8" de diámetro en la cámara de lodos.
- .- Colocación de protección a los dientes del anillo erector.
- .- Colocación de piezas de uretano a las paletas en la cámara de lodos.
- .- Colocación de plataformas de trabajo.
- .- Atornillado de la cabeza cortadora con la transmisión.
- .- Instalación del sistema hidráulico en el escudo.
- .- Instalación del sistema eléctrico en el escudo.

En el movimiento de las piezas del escudo, para su habilitado se utilizó una grúa de 60 Ton de capacidad.

Para el descenso de las partes del escudo hacia el fondo de la lumbrera, para su ensamble definitivo, se utilizaron dos grúas, una de 140 Ton. y la otra de 250 Ton. de capacidad.

IV.2.2. Instalación de equipos para el escudo.

a). Instalación provisional de los equipos del escudo para dar inicio a la excavación del túnel.

En las tres estructuras para soporte de equipo del escudo se colocan provisionalmente los siguientes equipos, como se mues--

tra en las figuras IV.1 y IV.2.

Unidad hidráulica.

Bomba P-2.

Sistema neumático

Unidad de válvulas para control de lodo.

Gabinete de equipo eléctrico.

Cabina del operador.

En las fotografías de la IV.23 a la IV.25, se muestra la colocación provisional del equipo del escudo.

b). Instalación definitiva de los equipos del escudo que se utilizaran en el transcurso de la excavación del tunel.

Bomba P-1. Cerca del carcamo de suministro se instala la bomba P-1, sobre una base rectangular de concreto, teniendo cuidado que no se tenga problema de succión por la distancia entre dicha bomba y el carcamo.

Consola de control. Esta se instala en una caseta, desde la cual se opera el sistema de circulación de lodos, consta de indicadores necesarios para monitorear el funcionamiento y operación del escudo y dos graficadores de la información obtenida por los sensores del escudo.

Bombas de traspaleo (P-3, P-4, P-5 y P-6). Estas bombas son instaladas a cada 400 m aproximadamente, para tener la potencia

requerida en el desalojo de lodo hasta el carcamo de descarga.

Medidores de flujo de suministro y descarga. Este accesorio se instala en el muro de lumbrera y registra la velocidad del lodo que esta circulando por las tuberías, los datos obtenidos son utilizados para ajustar las velocidades de las bombas de suministro y extracción de lodos.

Medidores de la densidad de suministro y descarga. Se instalan en el muro de la lumbrera y registran las densidades de lodos que circulan por las tuberías, los datos obtenidos se utilizan para ajustar el tratamiento del lodo, para mantener la densidad en las especificaciones para el buen funcionamiento de las bombas.

Tren de equipo. La instalación del tren de equipo en el túnel que remolca el escudo, se realiza conforme se tenga el avance de la excavación, colocandose cada uno de los caballetes con todos los equipos que lleva consigo, en el siguiente orden:

Caballote No. 1. Se coloca cuando el avance del túnel es de 8.0 m.

Caballote No. 2. Se coloca cuando el avance del túnel es de 15.0 m.

Caballote No. 3. Se coloca cuando el avance del túnel es de 21.0 m.

Caballote No. 4. Se coloca cuando el avance del túnel es de 28.0 m.

Unidad de tubería telescópica. Esta es instalada al final - del tren de equipo, cuando el avance del túnel es de 45.0 m.

En las fotografías de la IV.26 a IV.28, se muestra la colocación definitiva del equipo del escudo.

IV.3. Lanzado del escudo.

IV.3.1. Anillos de atraque.

El procedimiento de colocación de los anillos de atraque, se realiza como la colocación normal de cualquier anillo, solamente que al completar cada uno de los cuatro primeros anillos se van empujando los anillos y no el escudo, hasta que el primero quede pegado al muro de atraque.

El primer anillo no queda totalmente apoyando en el muro de atraque, por lo que se hace el ajuste colandose un muro en la holgura que queda entre el muro de atraque y el primer anillo.

Posteriormente se colocan los semianillos siguientes, en este caso conforme se termina el ciclo de colocación, los gatos de empuje se apoyan en el anillo colocado y el escudo va avanzando, hasta colocar 10 anillos, los que después se retiran.

En los primeros seis anillos de atraque se retiran dos dovelas en la zona de clave, y se sustituye por una estructura tu-

bular (troqueles), con el fin de tener mayor área para el suministro de dovelas o materiales que se requieran durante la excavación del túnel. En la figura IV.3, se muestra la colocación de los anillos de atraque.

IV.3.2. Instalación de los dientes sobrecortadores.

El escudo consta de dos dientes sobrecortadores, que se colocan al iniciar la excavación y se retiran cuando el escudo ha atravesado el suelo tratado, la sobreexcavación es para reducir la fricción entre el suelo tratado y el cuerpo del escudo.

En la figura IV.4, se muestran los dientes sobrecortadores.

IV.3.3. Demolición del muro de la lumbrera.

La demolición se realiza por etapas, hasta llegar al suelo tratado, como se describe a continuación:

Primero.- Se demuele hasta llegar a la segunda parrilla del armado, del muro de la lumbrera.

Segundo.- Cuando este concluida totalmente la primera etapa, se procede a efectuar preparaciones para la entrada del escudo al túnel.

Posteriormente se realiza la demolición final, aproximadamente de 5.0 cm de espesor, para llegar a la zona del mejoramiento

del suelo. Así mismo, se realiza limpieza y afine en el perímetro de la demolición, para evitar cualquier desperfecto en el cuerpo del escudo, durante la introducción al túnel.

La demolición en esta etapa deberá efectuarse en el menor tiempo posible, para evitar alguna posible falla que podría presentarse.

En la figura IV.5, se muestran las etapas de la demolición del muro de la lumbrera.

IV.4. Excavación del túnel.

Para iniciar la excavación del túnel, se deberán tener todas las instalaciones necesarias para el equipo del escudo. Estos equipos deben probarse con todo el sistema para la conducción del escudo, con el fin de detectar posibles fallas o fugas en las conexiones de los cables y mangueras respectivamente. Así mismo, para verificar la intercomunicación entre la cabina del operador y la consola de control central.

Después de que se haya terminado la demolición de la segunda etapa del muro de lumbrera, se procede a empujar el escudo para iniciar la excavación del túnel, al entrar el escudo pasa por el sello de salida, en el cual el anillo de neopreno se deforma sobre el cuerpo del escudo en todo su perímetro, además las placas metálicas se mueven de tal manera que el escudo entre libremente, posteriormente estas placas se ajustan hacia el cuerpo -

del escudo, para evitar que el sello de neopreno se regrese, al llegar el escudo a la zona de mejoramiento del suelo se detiene y se procede a presurizar la cámara de lodos. En este momento - inicia a trabajar el escudo con todo el sistema ya que antes de llegar a esta zona se conducía solamente con los gatos de empuje sin utilizar el sistema de circulación de lodos.

La presurización se realiza llenando la cámara con lodo estabilizador, hasta tener 1 Kg/cm^2 de presión, el aire atrapado es expulsado por la válvula instalada en la parte superior del sello de salida. En la figura IV.6, se muestra la presurización de esta cámara.

IV.4.1. Excavación de los primeros 50.0 m.

Al inicio de la excavación de un tramo de túnel, para los primeros 50 m no se realiza de una manera continua, debido a -- que en esta longitud se va instalando el tren de equipo del escudo y se divide en dos etapas; de 5 y 45 m.

Los primeros 5 m (zona de mejoramiento del suelo).

El empuje se realiza por medio de los gatos hidráulicos, dependiendo de la posición del escudo, en cuanto a inclinación, -- giro y desviación del proyecto, se deberá elegir el número de -- gatos que se utilizaran para dicho empuje. En cada ciclo de excavación es diferente la forma de realizar la conducción del escudo, por lo que para efectuar una buena ejecución del ciclo de-

excavación se requiere una planación bien definida para el -- avance del escudo,

Al tener definidos los gatos que se utilizaran, se procede a girar la cabeza cortadora con las ranuras abiertas y operar los gatos hidráulicos apoyandose en los anillos de atraque, lo que provoca que el escudo avance, entonces es cuando se da inicio la excavación.

Cuando los gatos de empuje se han extendido totalmente, el - movimiento del cortador se detiene y se cierran las compuertas de las ranuras, para evitar que el material del frente fluya -- hacia la cámara de lodos.

El suelo excavado pasa a la cámara de lodos, en donde se incorpora a la circulación del lodo estabilizador, con la ayuda - de las paletas colocadas en dicha cámara, el material producto de la excavación se va mezclando, logrando así conducirlo por - medio de la circulación del lodo en las tuberías, hacia el cargamo de descarga que se ubica en la superficie, como se muestra en la figura IV.7.

La recirculación de lodos através del frente se mantiene has ta que la densidad del lodo de descarga se iguala a la del lodo de suministro, esto garantiza que ha sido desalojado de la cáma ra de lodo todo el material producto de la excavación.

Posteriormente, con el anillo erector se realiza la coloca--

ción del anillo de dovelas, retrayendo los gatos de empuje necesarios para dejar el espacio requerido para cada dovela hasta colocar el anillo completo, convirtiéndose este anillo en el -- nuevo apoyo de los gatos de empuje y así continuar sucesivamente cada ciclo, hasta terminar la excavación del tramo del túnel.

Al introducirse el escudo al túnel deberá ser horizontalmente y recto para evitar que el cuerpo del escudo pegue en el marco metálico del sello de salida. Cuando se tenga totalmente penetrado el escudo en el sello de salida, se deben cerrar las -- placas perimetrales del marco metálico.

Durante la excavación en la zona de mejoramiento del suelo, -- es frecuente que se presenten taponamientos en la tubería de -- extracción de lodo. Para eliminar el taponamiento de la línea, -- es necesario desconectar las tuberías flexibles para intercambiar la tubería de suministro y extracción del lodo, por lo que el flujo del lodo en dirección opuesta deberá liberar el obstáculo en dicha línea. Si el taponamiento continua, se deberá buscar el obstáculo, desacoplando la tubería en otros puntos, tales como cambios de dirección, unión de tuberías, etc.

Los siguientes 45.0 m.

Cuando la cabeza cortadora ha cruzado la zona de mejoramiento del suelo, se deben retirar los dientes de sobreexcavación. -- Asimismo, se debe ajustar la presión frontal, de acuerdo a lo -- indicado en el estudio de mecánica de suelos o se puede determi

nar aumentando, en 0.2 Kg/cm^2 la presión señalada en el manómetro instalado en la mampara metálica.

Posteriormente, se efectúa el empuje del escudo como se indicó anteriormente, ya en esta zona es de terreno natural; donde se deberá tener cuidado en los parámetros que nos permite conocer la situación de la conducción del escudo, para prevenir -- cualquier falla que podría ocurrir, estos parámetros son: presión frontal, presión en los gatos de empuje, inclinación, volumen excavado, volumen desplazado.

En esta longitud, es cuando se coloca el tren de equipo, esto ocasiona que el avance de la excavación no sea continuo, interrumpiéndose al momento de introducir al túnel cada uno de los componentes de dicho tren de equipo.

La inyección de contacto entre dovela y terreno natural, se efectúa como se indica en el capítulo V.

IV.4.2. Excavación de los metros subsecuentes.

Al concluir las actividades correspondientes a los 50 m, se continúa con la excavación de los metros subsecuentes, efectuándose de manera cíclica hasta llegar a la zona de mejoramiento del suelo para la llegada del escudo en la lumbrera.

- Ciclo de trabajo.

Las actividades críticas para el ciclo de excavación son: empuje del escudo, excavación, inyección de contacto y colocación de dovelas.

Las actividades complementarias de excavación, se pueden realizar simultáneamente a las actividades críticas, que son: colocación de durmientes y vías, que se pueden realizar durante el empuje, instalación de tuberías para circulación de lodos, durante la colocación de las dovelas. Análogamente se colocan tuberías para suministro de agua, ductos para ventilación, instalaciones para suministro de energía y alumbrado.

- Retiro de anillos de atraque.

Los anillos de atraque se retiran cuando se tiene un avance de 60 m aproximadamente, con esta longitud la fuerza de los gatos de empuje del escudo, es absorbida por la fricción que se produce entre anillos y suelo, de tal forma que no se tiene ningun desplazamiento de los anillos colocados.

- Terminación de la excavación en un tramo de túnel.

Quando el avance del túnel esta llegando a la lumbrera, el escudo debe cruzar la zona de tratamiento del suelo identico al del inicio de la excavación. A continuación se describe el procedimiento a seguir;

a). Cuando el escudo llega a la zona de tratamiento, se colocan los dientes de sobreexcavación.

b). Cuando el escudo se localiza a un metro de distancia del muro de la lumbrera, se despresuriza la cámara de lodo, debido a que ya no es necesario utilizar el sistema de circulación de lodos. Así mismo, se suspende la inyección de contacto.

c). Se realiza la demolición de una parte del muro de la lumbrera, para descubrir la cabeza cortadora, con lo cual se da la posición física del escudo y posteriormente se delimita el área del muro de la lumbrera, que hay que demoler.

d). Al concluir las demoliciones del muro de la lumbrera y la excavación manual, en la zona entre muro de lumbrera y la posición del escudo. El escudo se conduce sin girar la cabeza cortadora, hasta que quede en el paño del muro de la lumbrera.

e). Cuando se tiene la cuna o cama en su posición correcta, se realiza el desplazamiento del escudo, hacia el centro de la lumbrera.

f). Posteriormente, se retiran los anillos de dovelas que sirvieron solamente para el desplazamiento del escudo.

g). El espacio perimetral entre anillo y muro de lumbrera, se calafatea, para después efectuar la inyección de contacto que había sido suspendida, con esta actividad se da por conclui

da la excavación del túnel.

IV.4.3. Consideraciones generales para la excavación.

- Separación entre faldon y dovelas.

Esta separación es el resultado de la diferencia del diámetro interior del faldon y del diámetro exterior del anillo de dovelas. Por especificación la separación mínima que debe permitirse es de 5 mm.

En cada ciclo se deberá tener cuidado especial, en que la separación no exceda del mínimo, para evitar que al pegarse el anillo en el faldon del escudo, se generen en las dovelas esfuerzos que pueden provocar falla en dichas dovelas, además puede dañar los sellos de neopreno, causando con esto fugas de mortero para inyección, así como filtración de lodo hacia el interior del escudo. La posición ideal es mantener concéntricos los anillos con respecto al faldon del escudo.

Para despegar las dovelas del faldon, se dejan de usar algunos gatos de empuje en la zona, durante el empuje del escudo, con esto se provoca un desbalanceo de las fuerzas aplicadas, lo que trae como consecuencia, que en esta zona el avance sea menor.

- Formas de avance.

Los controles independientes para desplazamiento de la cabeza cortadora y de los gatos de empuje, permiten al escudo desarrollar dos formas de avance.

AVANCE ALTERNADO. Este se realiza por repetición de ciclo, - como se menciona a continuación:

a). La excavación se efectúa girando y expandiendo la cabeza cortadora, hasta tener un avance de 40 cm, con las compuertas - de control de excavación abiertas, mientras que el cuerpo del es cudo permanece fijo con respecto al suelo.

b). Posteriormente, el cuerpo del escudo avanza cortando el terreno, mientras la cabeza cortadora mantiene la presión en el frente, con las compuertas de control cerradas y el gato de la cabeza cortadora se va retrayendo conforme avanza el cuerpo del escudo.

AVANCE SIMULTANEO. En esta forma el cuerpo del escudo y la - cabeza cortadora avanzan simultáneamente. Esto se realiza exten diendo los gatos de empuje, con la cabeza cortadora girando y - manteniendo fijo su desplazamiento.

- Volumen excavado y volumen desplazado.

Durante los empujes, en la consola de control central, se -- tiene una computadora que va calculando en forma contínua la re lación entre el volumen excavado (VE) y el volumen desplazado - (VD), que debe mantenerse en la unidad, para evitar sobrexcava-

ción o inducir esfuerzos de compresión en el terreno.

VOLUMEN EXCAVADO. Es la cantidad de material que pasa por las compuertas de control de excavación, es calculado por la computadora, a partir de los datos registrados en los medidores de flujo de suministro y extracción de lodos.

VOLUMEN DESPLAZADO. Es el volumen ocupado por el escudo durante su avance. Es calculado por la computadora a partir de los datos registrados por los sensores de carrera de los gatos de empuje.

Cuando la relación VE/VD es mayor que la unidad, indica que se esta excavando más volumen que el desplazado, lo que implica que se debe ajustar la abertura de las compuertas de control de excavación o disminuir la velocidad del escudo.

Cuando la relación VE/VD es menor que la unidad, indica que se esta empujando el terreno, lo que implica que se debe ajustar la velocidad de avance del escudo o abrir más las compuertas de control de excavación.

- Revestimiento primario.

El escudo de frente presurizado, instala el ademe a base de anillos de dovelas de concreto reforzado, de $f'_c = 350 \text{ Kg/cm}^2$, de 6,10 m de diámetro exterior y 25 cm de espesor.

El anillo de dovelas consta de 6 piezas, que se enumeran a -
continuación:

- 3 tipo "A" o normales
- 2 tipo "B" o tangenciales
- 1 tipo "K" o cuña.

La conexión de las dovelas para formar el anillo, se realiza por medio de 33 tornillos de $1\frac{1}{8}$ " de diámetro, de acero; grado 5, con tuerca y rondana.

En el centro de la dovela se tiene un tubo, que se utiliza - para manejo durante la colocación y posteriormente por medio de éste se realiza la inyección de contacto entre dovela y terreno.

En el perímetro de la dovela se tiene preparación para la colocación de sello de neopreno, cuya función es evitar filtraciones en el túnel.

- Tipos de anillos.

Se tienen dos tipos de anillos, normales y correctivos.

Los anillos normales tienen 1.0 m de ancho en toda su longitud y se usan en los tramos rectos.

Los anillos correctivos tienen un ancho que varía de 1.0 m a 0.95 m, su función es la de facilitar el cambio de dirección -- del túnel.

Los anillos correctivos, se utilizan en los tramos rectos - para corregir las desviaciones del escudo y para despegar el en dovelado del faldón.

El uso principal de los anillos correctivos es en las curvas. La ejecución de los empujes en curvas se efectúa de acuerdo a - una modulación previamente calculada de los anillos correctivos y norzales.

En los empujes para anillos correctivos, se dejan de utilizar algunos gatos en el sentido de la curva. Para verificar que el escudo se está conduciendo de acuerdo a la programación del empuje, se debe cuidar que en la carrera de los gatos, se vaya reflejando la diferencia de los anchos del anillo correctivo, - de tal forma que al finalizar el empuje se deben tener 5.0 cm - de diferencia entre uno y otro lado del escudo. No debe olvidarse que se ha de respetar la separación mínima entre dovelas y - faldón.

IV.5. Trabajos topográficos.

La topografía tiene un papel importante en muchas ramas de - la ingeniería, por ejemplo: se requieren levantamientos topográficos antes, durante y después de la planeación y construcción de carreteras, vías ferreas, edificios, puentes, túneles, canales, - presas, sistemas de drenaje y sistemas de aprovechamiento de agua potable.

El alineamiento de túneles es una especialidad particular -- que requiere técnicas de levantamientos topográficos de superficie, así como procedimientos de control de poligonales subterráneos, además de un extenso conocimiento de los problemas de excavación en túneles.

Esencialmente el alineamiento horizontal debe "bajarse" -- por una lumbrera vertical, para enlazar el levantamiento subterráneo con los puntos de control en superficie, para que la excavación del túnel siga la línea de proyecto.

Normalmente existen pocas oportunidades para efectuar verificaciones independientes, con respecto al control de superficie, por medio de otras lumbreras o túneles de acceso de modo que es indispensable ser meticulosos durante la operación de bajar los puntos que definirán la línea.

Una vez bajada la línea, en el túnel se instalan puntos fijos de alineamiento, ya sea en las paredes o en el techo, pero siempre procurando que sean accesibles y estén asegurados contra golpes y movimientos accidentales.

Cuando el túnel llega correctamente a la lumbrera siguiente, o cuando dos segmentos del mismo se encuentran, esto constituye la primera verificación, del alineamiento y la primera oportunidad, también para hacer los ajustes que fueran necesarios.

Para garantizar la exactitud de las cotas en túneles o lum--

breras lo mejor que se puede hacer es medir hacia abajo las distancias verticales, utilizando una cinta de acero de una sola - pieza y con una longitud suficiente.

En la superficie debe contarse con bancos de nivel dispues-- tos cerca de la boca de lumbrera y deben prepararse otras en el fondo o cerca de él, para determinar su cota en un momento da-- do.

Al avanzar la excavación, las nivelaciones deben apoyarse in variablemente en dos o más bancos de nivel seguros, puesto que-- en los túneles estos están siempre sujetos a desplazamientos -- accidentales.

La responsabilidad del alineamiento y del control de las pen-- dientes es sumamente grande en las operaciones de construcción-- de túneles, debido al enorme costo que supondría la rectificac-- ción de algún error.

Actualmente existe un nuevo método para orientar una línea - dentro de un túnel gracias al perfeccionamiento de los teodolitos giroscópicos.

El alineamiento de túneles por medio del teodolito giroscópi-- co, se recomienda para proyectos de costo considerable y para - aquellos en que existen pocas oportunidades de hacer comprobacio-- nes frecuentes.

El nuevo método se basa en el principio físico de que si un giroscopo en revolución, se suspende de manera que su eje de giro se mantenga en un plano horizontal, la rotación de la tierra originara en él un momento direccional que hará que dicho eje se desplace, hasta colocarse en el plano del meridiano del lugar, es decir, en un plano orientado norte-sur.

Con el teodolito giroscópico se puede descubrir la dirección del túnel, al obtenerse la posición del meridiano cuando se le coloca, sobre un sólo punto fijado de antemano en el fondo de la lumbrera. En este punto se hacen múltiples observaciones, con lo que es posible determinar o comprobar la dirección inicial.

El rayo laser ha aparecido oportuna y satisfactoriamente como un medio para alinear el equipo de excavación y de proporcionar datos de alineamientos y pendientes.

Se coloca un generador de rayos laser apuntando en una dirección paralela al eje del túnel y con el gradiente adecuado, se puede obtener con facilidad tanto la línea como la pendiente.

IV.6. Instrumentación en túneles.

- Importancia de la instrumentación en túneles.

La instrumentación en túneles tiene un papel importante, debido a que nos proporciona el grado de deformación que se tiene

durante las excavaciones, por los esfuerzos que se transmiten - del subsuelo al revestimiento primario o definitivo.

En cuanto a la instrumentación superficial, esta debe basarse en la instalación de secciones transversales y con ello poder determinar la zona de influencia que se presenta con los asentamientos en la superficie, provocados por la excavación del túnel debido a la disminución de esfuerzos.

- Objetivos principales de la instrumentación en túneles.

El diseño de obras subterráneas, desde suelos blandos hasta rocas, hace poco era cuestión sólo de la experiencia. En las últimas décadas, han aparecido métodos de investigación en el campo técnico de las mediciones sistematizadas. Así como nuevos métodos de cálculo que proporcionan poderosos elementos de diseño que conducen a la construcción de estructuras más seguras y económicas. La instrumentación y medición de túneles tiene como finalidad conocer la problemática que existe entre la construcción de un túnel y de los diversos aspectos de la instrumentación, los instrumentos; tomando en cuenta su diseño conceptual, su fabricación y el uso.

La instrumentación se entiende como la definición del número, tipo y ubicación de los instrumentos requeridos para realizar las mediciones que la ingeniería de proyecto establece, las características geométricas de la excavación, la forma de su ejecución y los ademes provisionales y definitivos, determinados -

para lograr su estabilización y la actividad culminante identificada como la construcción de tuneles.

Se tienen varias razones que fundamentan la necesidad y la conveniencia de realizar mediciones en tuneles, todas ellas válidas, algunas con mayor importancia en casos particulares y -- pueden expresarse en dos grupos.

a). Registrar el comportamiento que se tienen en el espacio afectado por la excavación, donde esta induce variaciones en el estado físico del medio que lo rodea, es decir, variaciones en esfuerzos y presiones hidráulicas e inducción de deformaciones y desplazamientos de la masa del subsuelo en que se excava el túnel.

b). Mejorar el conocimiento sobre el comportamiento de este tipo de obras, de tal manera que se puedan establecer procedimientos de análisis y diseño para este tipo de obras de ingeniería.

Los propósitos antes mencionados tienen como fin perseguir -- las siguientes causas:

1). Seguridad. Durante la ejecución de la obra se llevara a cabo sin problemas, es decir, la instrumentación de un túnel debe cumplir su objetivo, que es de preveer una posible falla o -- bien que nos garantice que la excavación se esta llevando de -- acuerdo a lo estipulado en el proyecto, sin poner en peligro el

factor humano, así como todo el equipo, maquinaria y materiales necesarios para su realización.

2). Economía. En el renglon de costos y beneficios, correspondientes a la ingeniería, para crear diseños más seguros con la economía correspondiente.

3). Confiabilidad. Para que la obra ejecutada cumpla satisfactoriamente con la función para la cual fue programada y diseñada.

- Aspectos fundamentales de la instrumentación.

La importancia práctica de las mediciones sistemáticas de un proyecto determinado, depende de hasta que grado los resultados de las observaciones continuas puedan influir en el procedimiento constructivo.

En el caso de un túnel excavado con escudo y soportado con dovelas, las decisiones constructivas más importantes deben resolverse mucho antes de que se inicie la construcción y se resolvieran por ejemplo; al diámetro del escudo, basándose en los movimientos esperados del suelo y en las deformaciones del revestimiento, para diseñar las dovelas.

La observación de las deformaciones de la sección transversal del túnel, de los movimientos del terreno circundante y de los asentamientos en superficie del terreno, tienen por objeto-

el de verificar el comportamiento estructural respecto al diseño y a una correcta ejecución de los trabajos, de esta forma, es posible determinar anomalías que pudieran presentarse durante el relleno del espacio anular (inyección de contacto entre dove las y terreno natural), a las deformaciones que se presentan -- por un comportamiento inadecuado del frente de excavación o del revestimiento primario de un túnel.

Un programa amplio de mediciones, permite adquirir mayor conocimiento en la información dentro del proceso constructivo -- del túnel, es decir, que de no haber ningún problema en la ines tabilidad del frente o del revestimiento primario, la toma de - lecturas tanto superficiales como del interior del túnel, deben de estar dentro de un rango aceptable de deformación, con lo -- cual nos garantice que la ejecución de los trabajos, así como - el comportamiento del revestimiento primario es correcto.

Las instrumentaciones son práctica común, que con un buen -- planteamiento en el programa puedan obtenerse los datos desea-- dos que se deriven, para la verificación del comportamiento ade cuado de una excavación o bien nos informen de una posible ines tabilidad que pudiera traer graves consecuencias.

Mucho de esto tiene que ver con la confiabilidad de opera--- ción de los instrumentos, pero también parte de esta actividad - ha sido motivada por una inapropiada utilización de instrumen-- tos de calidad satisfactoria, es decir, esta se deba de planear de tal manera que el diseño de una sección de instrumentación -

debe de cumplir sus objetivos principales, que son: satisfacer la demanda de información inmediata, para verificar el comportamiento de la estructura, para tomarlos como base en los futuros tuneles y que esta información no pase inadvertida.

- Propósitos de las mediciones.

Los fines prácticos que se persiguen con la instrumentación de las obras subterráneas y los objetivos principales de un programa de observaciones, pueden ser los siguientes:

- a). Desplazamientos relativos (sin puntos fijos).
- b). Desplazamientos absolutos (con puntos fijos).
- c). Cambios de cobertura (en revestimiento).
- d). Presión del suelo sobre el revestimiento.

- Mediciones de convergencia en el drenaje profundo.

Las mediciones de convergencia son las que se realizan de -- los desplazamientos que se presentan en el túnel, esto es cuantificación, tanto de los desplazamientos como de las deformaciones. Estas deformaciones tienen un comportamiento particular -- que se encuentra unido al avance de la excavación, es decir, en tre mayor sea la excavación del túnel, menor tiempo a la disminución de esfuerzos del subsuelo y menores deformaciones, al -- mismo tiempo estas deformaciones reflejan los efectos de los cam bios en el transcurso del tiempo de las propiedades del terreno natural por pérdidas de humedad y presencia del agua (altera--- ción, degradación, pérdidas de cohesión).

Las mediciones de convergencia, permiten conocer en forma — global, el comportamiento de la excavación en el túnel, si para ello se elige el esquema adecuado de las dimensiones de la oquedad o abertura que se pretenda estudiar, como se muestra en la figura IV.8.



Para túneles igual o menor de 6.0 m de diámetro.



Para túneles mayores de 6.0 m de diámetro.

Fig. IV.8. Secciones de convergencia en tuneles.

De acuerdo a la experiencia que se ha tenido con el uso del escudo de frente presurizado en suelos blandos, se observa que durante el desarrollo de los trabajos de la excavación, que al instalar el revestimiento primario a base de dovelas, las deformaciones que se presentan pueden considerarse despreciables debido a que en su etapa inicial, es decir el anillo que se va a instrumentar se encuentra dentro del faldón del escudo (sin estar en contacto directo con el suelo circunvecino) se efectúa la instalación de la sección de instrumentación y su primera medición, con el objeto de poder estar en posibilidades de determinar el grado de deformación que tiene el anillo de dovelas —

cuando sale del faldon del escudo y éste entra en contacto con el suelo natural, es cuando se presenta el mayor incremento de la deformación del anillo, alcanzando el 50% de la deformación total, esto puede considerarse, por encontrarse el anillo en suspensión y por peso propio de la estructura, esta presenta una deformación inicial muy fuerte.

En base a las observaciones por la experiencia, en cuanto a medición de convergencias, estas deben de cumplir con el objetivo de informar si la sección del túnel se esta deformando, por lo que resulta conveniente localizar las secciones de medición, cuando menos a cada 20.0 m.

Es preciso indicar que en una sección de medición de convergencias, pueden incluirse el número de líneas que se deseen, -- pero también esto puede provocar confusión por la gran cantidad de información que se obtendría, dificultando su ordenamiento.

En lo que respecta a las mediciones de convergencia, diremos que esta información se usa actualmente para el calculo y diseño del revestimiento definitivo.

Podemos decir que las mediciones de convergencia indican fundamentalmente tiempos de estabilización del terreno, formas y velocidades de deformación que se presentan durante la excavación. bien después, para determinar cual fue la deformación máxima obtenida.

- Instrumentación de tuneles sobre el eje superficial de la excavación.

Las referencias de nivel superficial (R.N.S.), son mojoneras de concreto instaladas en superficie a poca profundidad, se realiza la perforación, posteriormente se rellena de concreto en el centro de la perforación se hince una varilla corrugada de $3/8"$ de diámetro a 50 cm de profundidad, dejando 1.0 cm libre de concreto para la toma de lecturas en la nivelación, como se muestra en la figura IV.9, donde se indica el detalle de la R.N.S. y la distribución de la sección transversal.

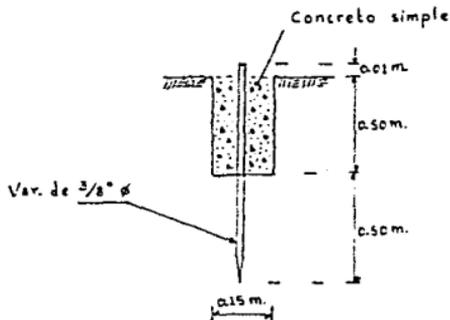


Fig. IV.9. Banco de nivel superficial.

Las referencias de nivel profundo (R.N.P.), se instalan entre la superficie y la clavel del túnel consisten de una boya -

de tubo de 3" de diámetro y 30 cm de longitud a la que se le --
 acopla una tubería galvanizada de 1" de diámetro hasta tener la
 longitud especificada, como se muestra en la figura IV.10.

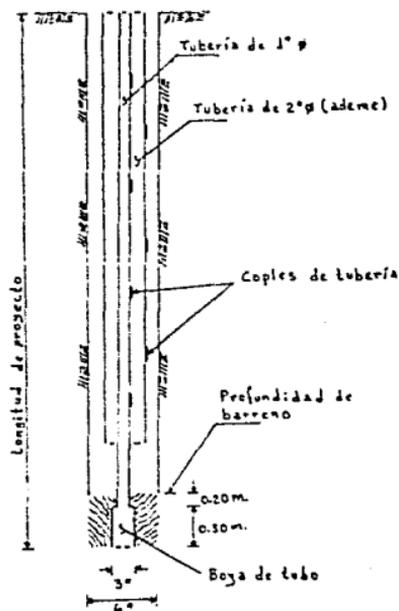


Fig. IV.10. Banco de nivel profundo.

La inatención de las R.N.P., se hace dentro de una perforación, la cual se ha ejecutado previamente con máquina rotatoria y broca triconica de 6" de diámetro. La perforación se suspende 50 cm antes de la profundidad programada, con el objeto de hincar la boya en terreno natural. Este hincado puede hacerse a mano o mediante el auxilio de los gatos hidráulicos de la perforadora. Una vez instalada la R.N.P. en la perforación, se coloca un ademe de dos pulgadas de diámetro a partir de dos metros por arriba de la boya. Lo anterior, es con el objeto de evitar la -influencia del rozamiento en el material de relleno colocado entre la perforación y la tubería de una pulgada de diámetro.

La toma de lecturas de las R.N.S., se realizan mediante la -utilización de un nivel convencional a partir de un punto de referencia alejado de las R.N.S., entre 100 y 150 m. Se toma una lectura inicial para saber la posición de cada banco de nivel, -posteriormente se efectuara una lectura diaria cuando el frente de excavación se encuentre a cinco diámetros de la sección, antes y después, posteriormente se tomarán dos lecturas semanales -o bien cuando el escudo se encuentre a 15 diámetros de la estación y una lectura mensual hasta que la gráfica tiempo-deformación, tenga una franca estabilidad.

- Analisis comparativo de asentamientos transversales.

La práctica se ha observado que cuando el frente de excavación se encuentra bajo la sección de instrumentación, se presentan asentamientos del orden de 5 mm como promedio, cuando se

instala el anillo bajo la sección, se presenta el 50% del asentamiento en el instante que el anillo sale del faldon del escudo.

Haciendo una comparación con los asentamientos que se han registrado con el escudo de frente presurizado y el uso de un escudo de frente abierto con aire comprimido, para la excavación de túneles en suelos blandos, se observa que la diferencia de asentamientos es seis veces más bajo, es decir, mientras en la excavación con aire comprimido se registran 150 mm, con el nuevo procedimiento es de 25 mm, esto quiere decir, que este nuevo método es el indicado debido a que no existen problemas fuertes de asentamientos en la superficie.

Por otra parte, cabe aclarar que en la excavación del drenaje profundo, utilizando el escudo de frente cerrado y lodo a presión, se han cruzado estructuras importantes tales como: el metro elevado, metro subterráneo, viaducto, con un colchon de aproximadamente 8.0 m entre la clave del tunel y las estructuras mencionadas.

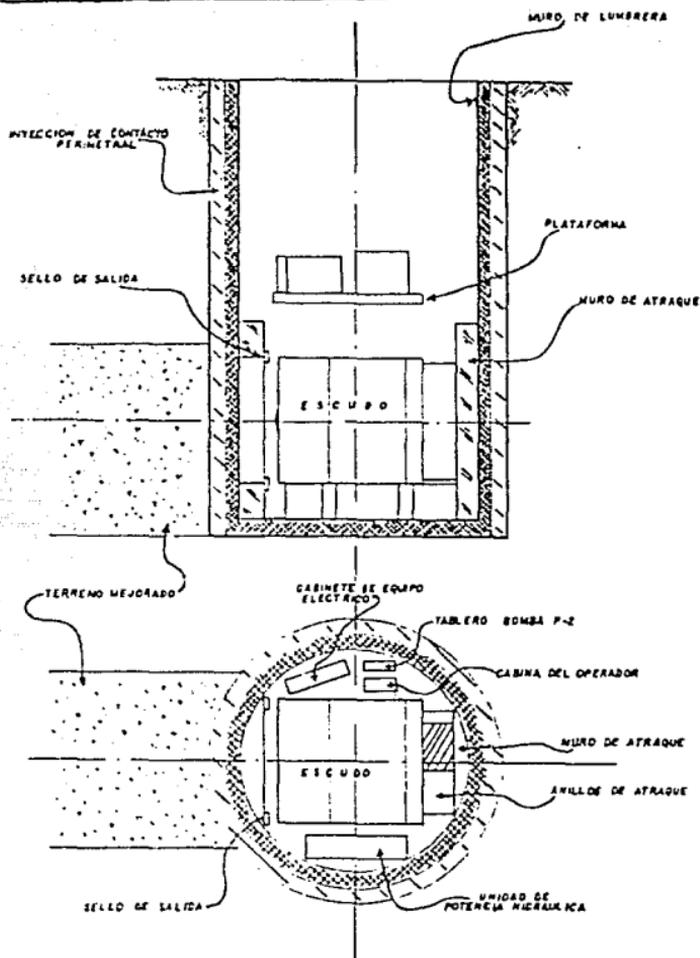
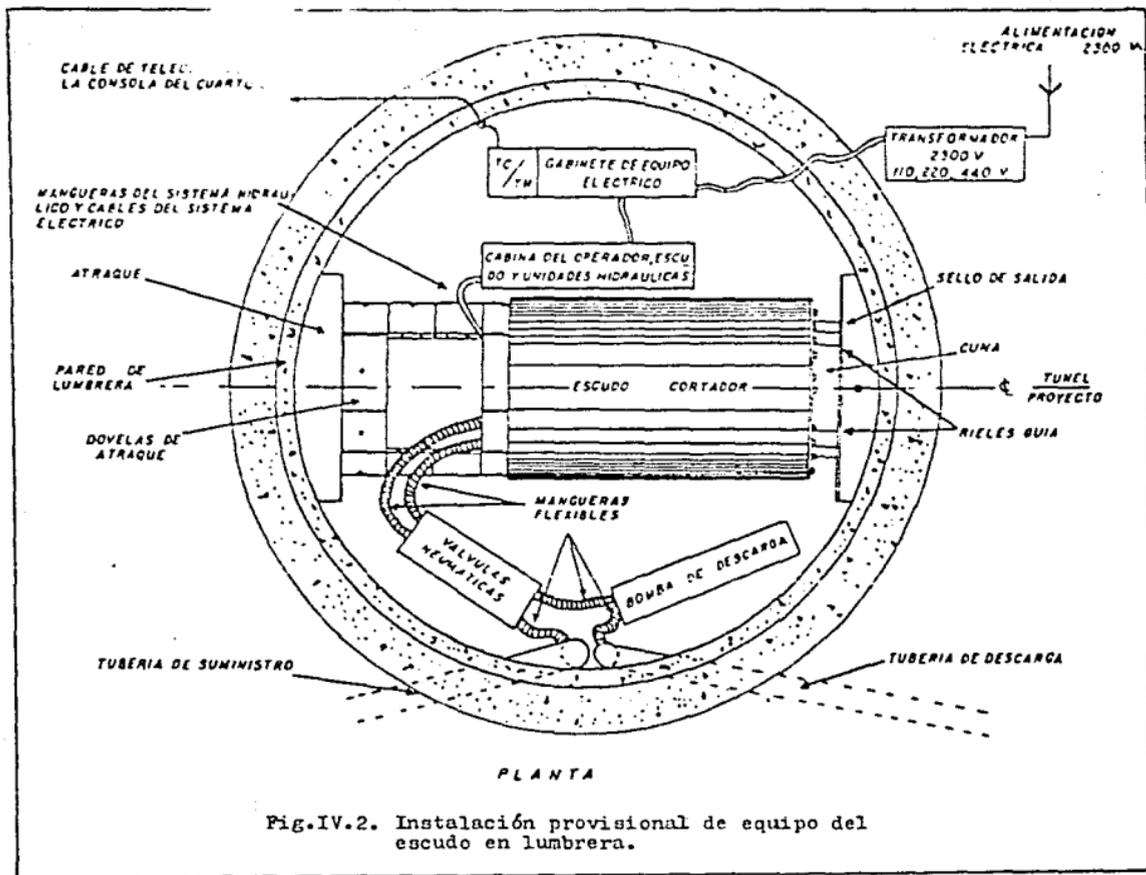


Fig. IV.1. Ubicación de las estructuras o plataformas, para la colocación provisional del equipo -- del escudo.



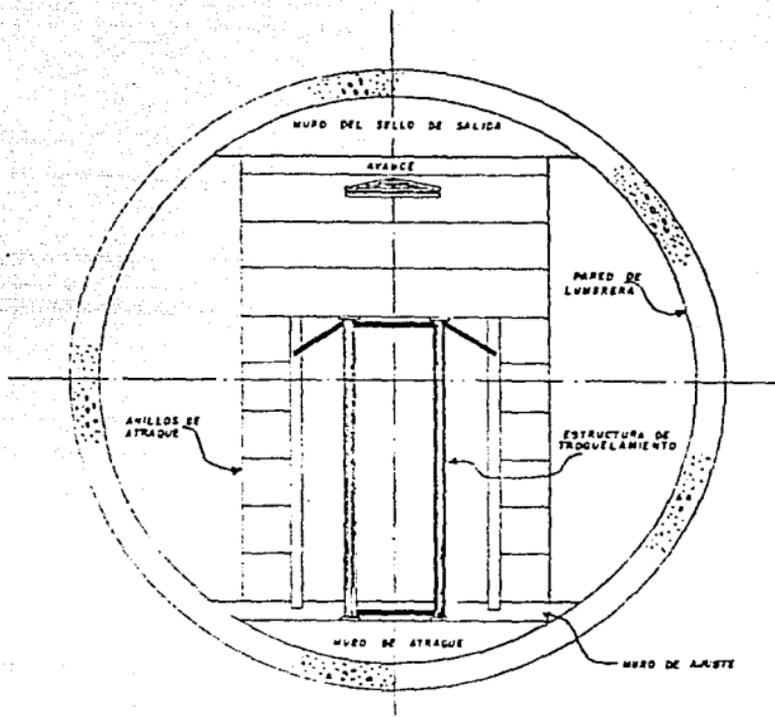


Fig.IV.3. Colocación de los anillos de atraque, para el inicio de la excavación del túnel.

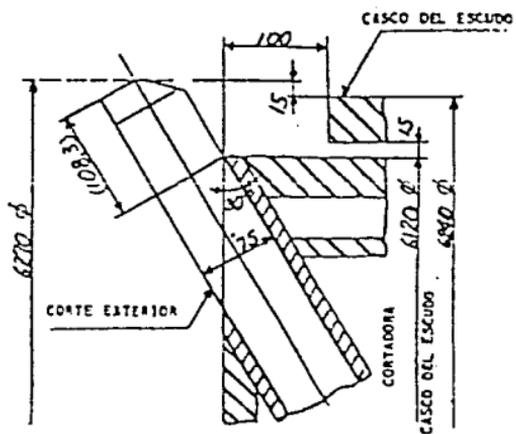


Fig.IV.4. Dientes sobrecortadores del escudo.

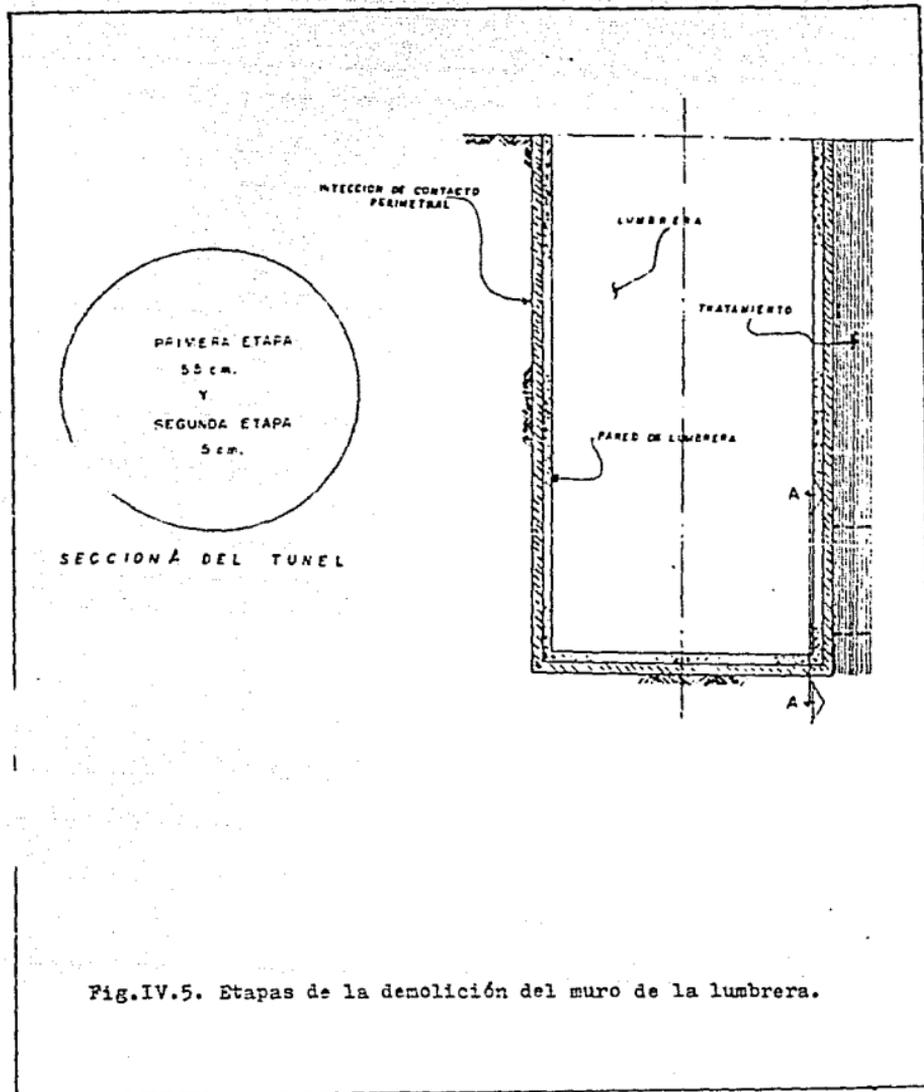


Fig.IV.5. Etapas de la demolición del muro de la lumbra.

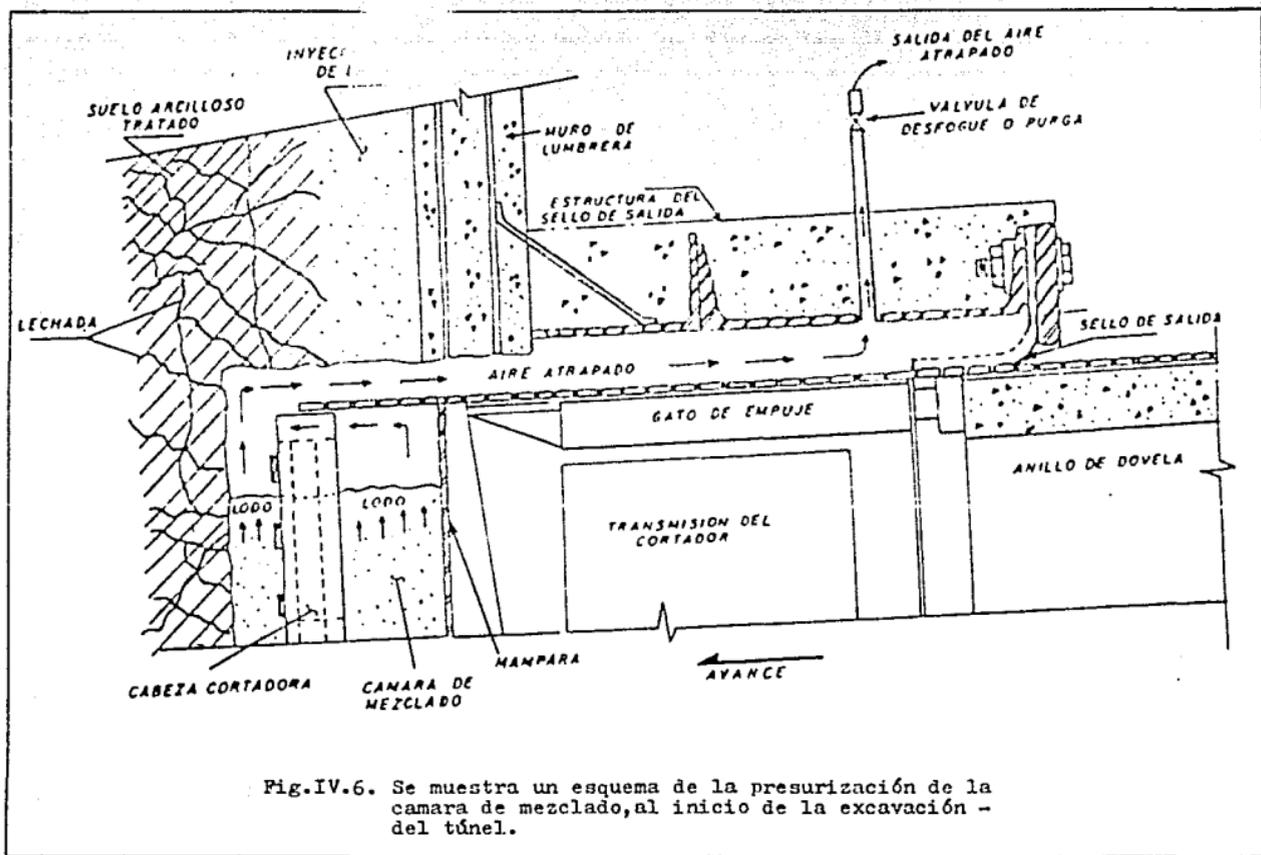


Fig.IV.6. Se muestra un esquema de la presurización de la cámara de mezclado, al inicio de la excavación del túnel.

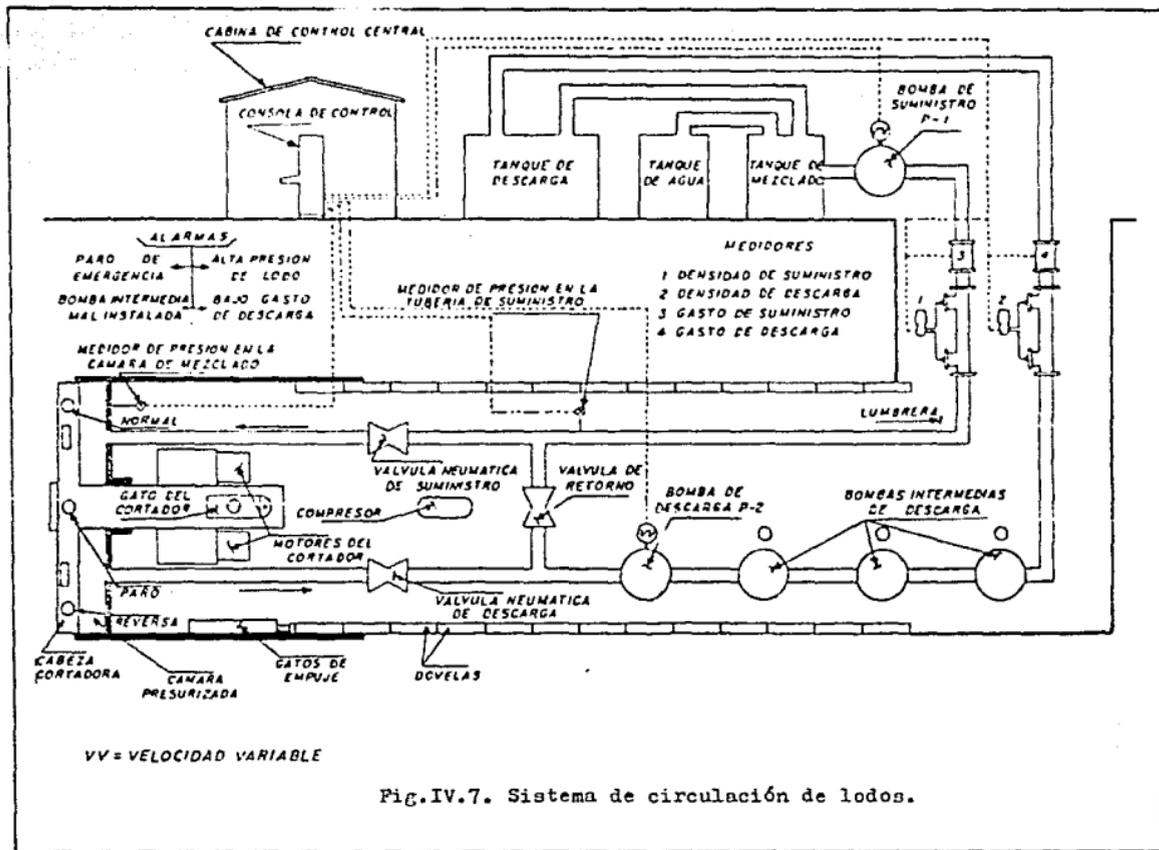
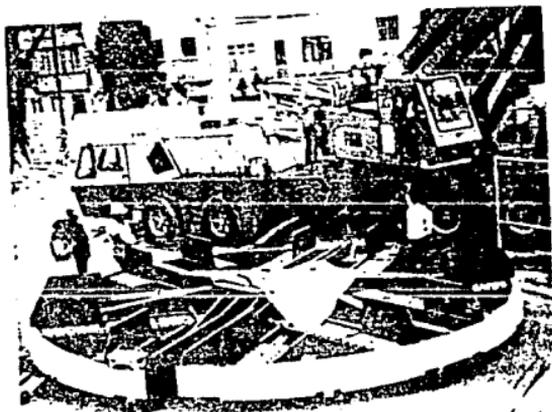
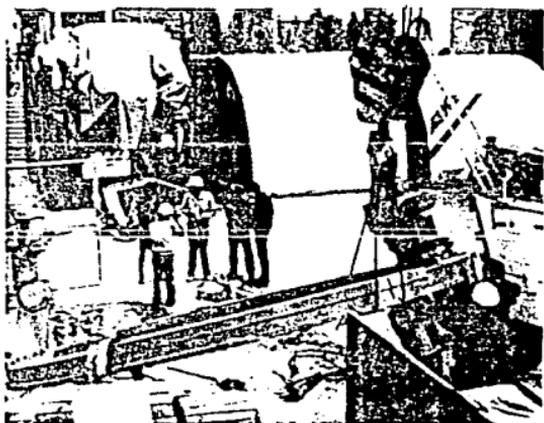


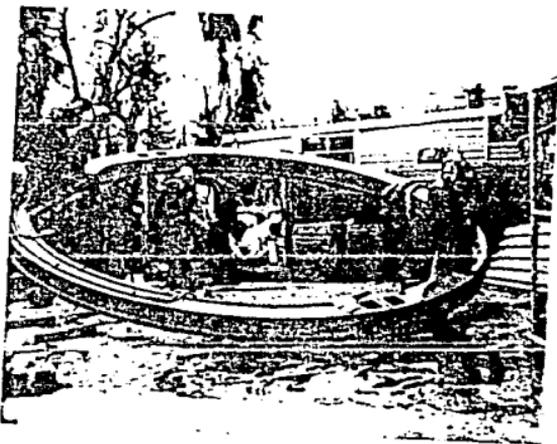
Fig. IV.7. Sistema de circulación de lodos.



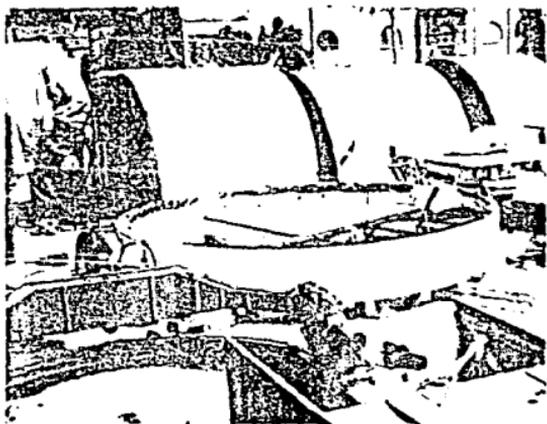
Fotografía IV.1. Habilitado de la cabeza cortadora.



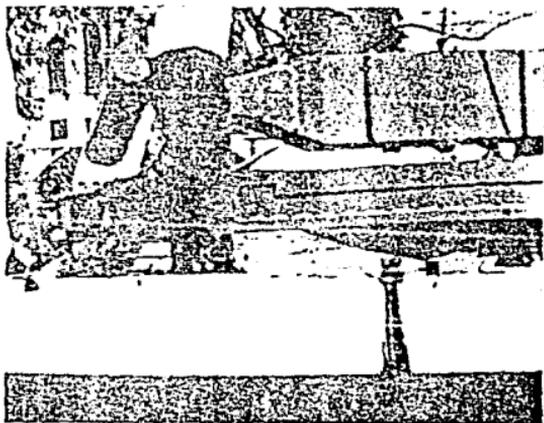
Fotografía IV.2. Habilitado del gato hidráulico en el anillo erector de dovelas.



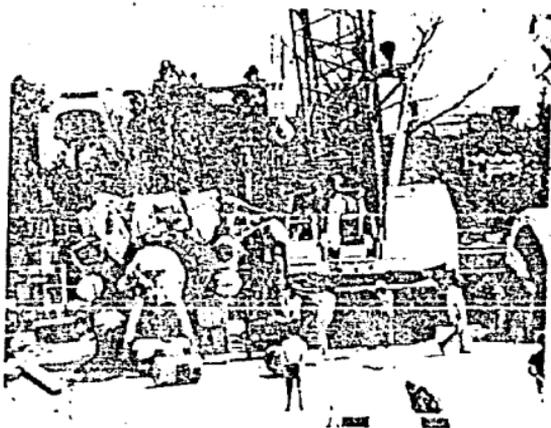
Fotografía IV.3. Habilitado del anillo erector de dovelas.



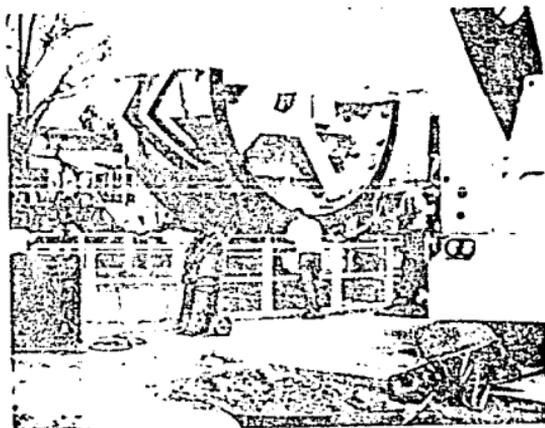
Fotografía IV.4. Habilidadado del faldon del escudo.



Fotografía IV.5. Unión de las partes de la cabeza cortadora.



Fotografía IV.6. Colocación de aceite hidráulico en la transmisión del escudo.



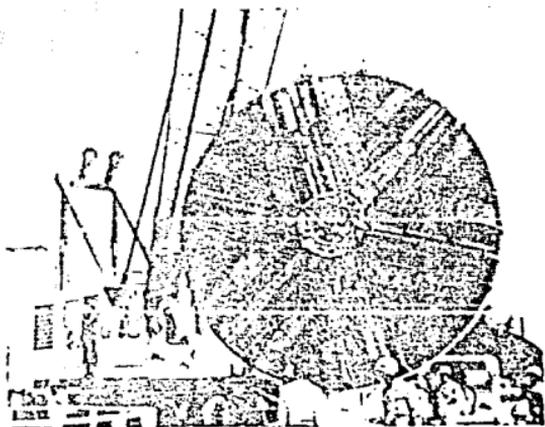
Fotografía IV.7. Decenso de la parte inferior del anillo "B".



Fotografía IV.8. Decenso de la parte inferior del anillo "A".



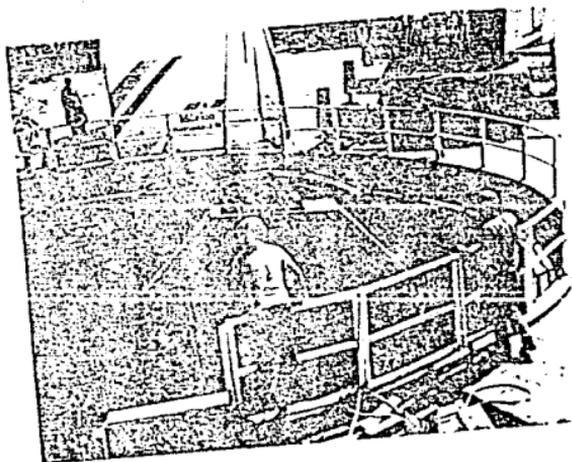
Fotografía IV.9. Decenso de la transmisión del escudo



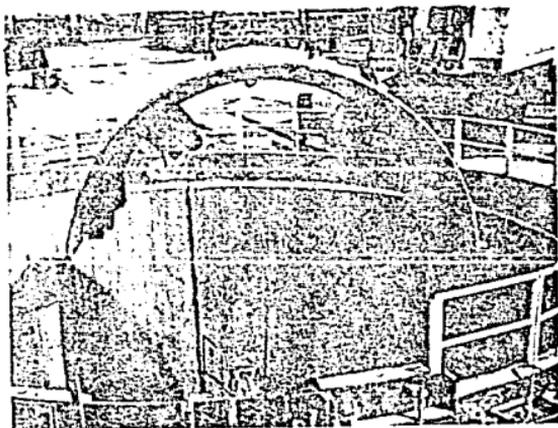
Fotografía IV.10. Decenso de la cabeza cortadora.



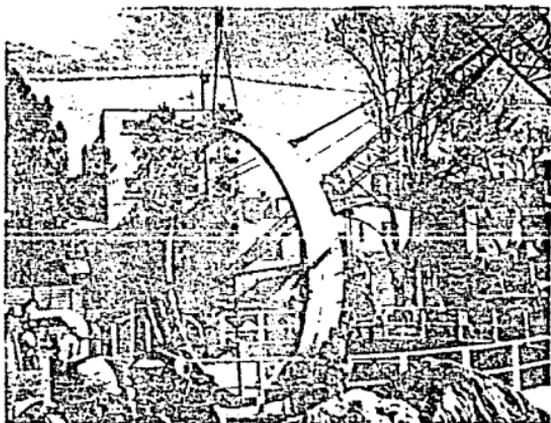
Fotografía IV.11. Decenso de la parte superior del anillo "B"



Fotografía IV.12. Descenso del anillo erector de coveñas



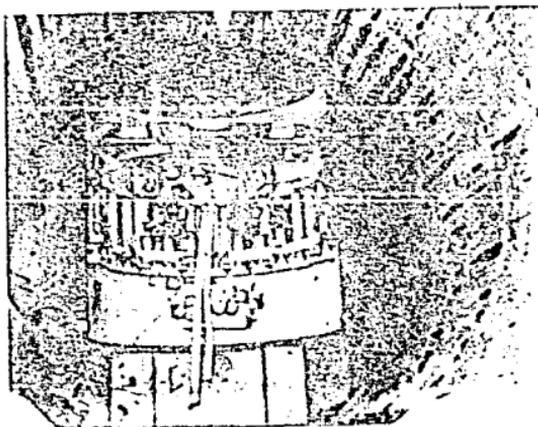
Fotografía 19. B. Detalle de la parte superior del anillo -
"A".



Fotografía IV.14. Decenso del faldon del escudo.

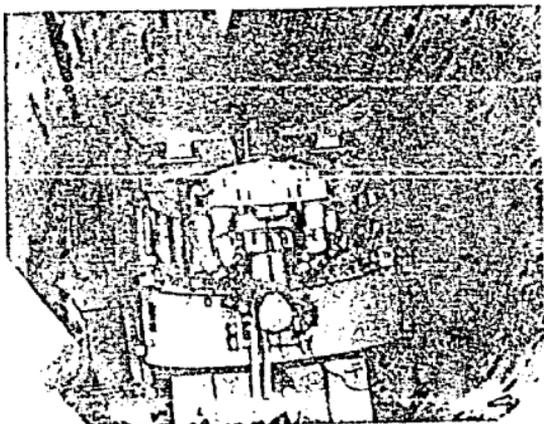


Fotografía IV.15. Ensamble de la parte inferior del anillo -
"B".

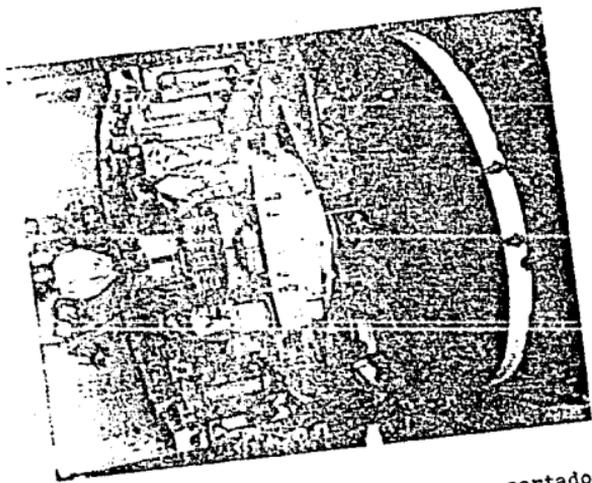


Fotografía IV.16. Ensamble de la parte inferior del anillo -

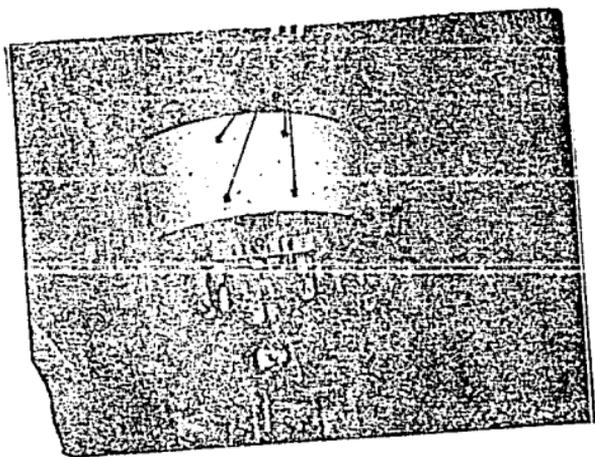
"A".



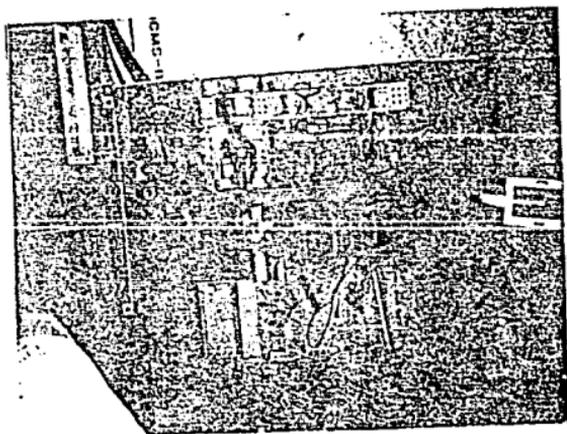
Fotografía IV.17. Ensamble de la transmisión del escudo.



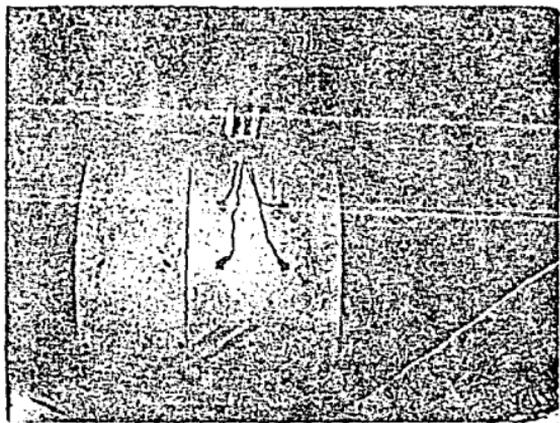
Fotografía IV.13. Ensamble de la cabeza cortadora.



Fotografía IV.19. Ensemble de la parte superior del anillo -
"B".



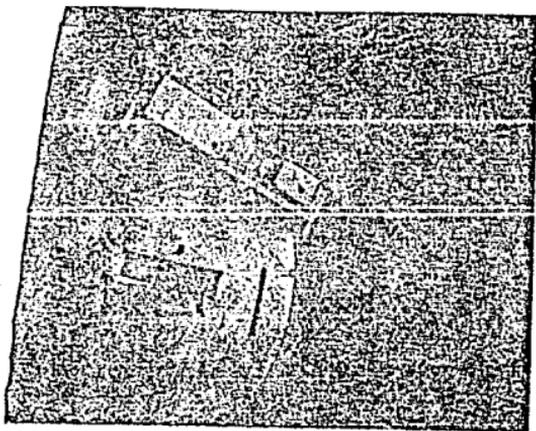
Fotografía IV.20. Ensamble del anillo erector de dovelas.



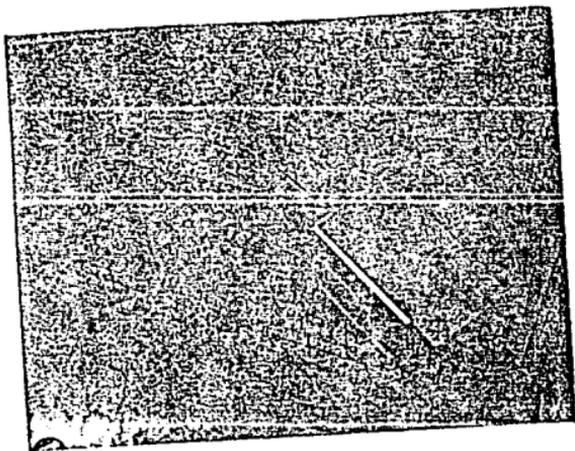
Fotografía IV.21. Ensamble de la parte superior del anillo -
"A".



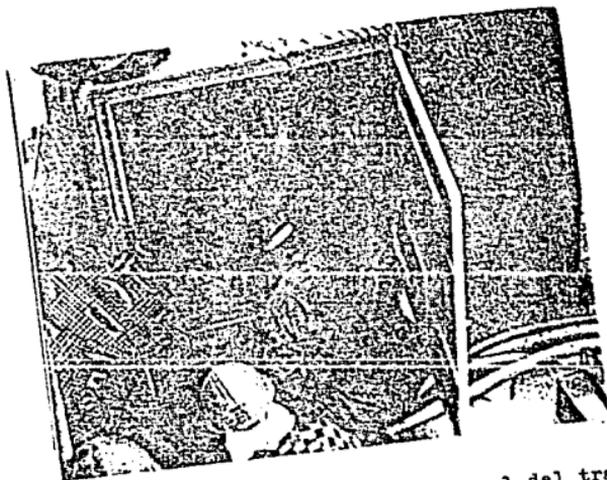
Fotografía IV.22. Ensamble del faldon del escudo.



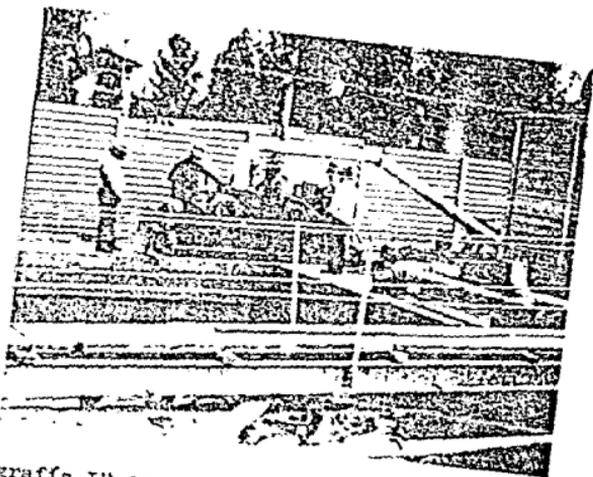
Fotografía IV.23. Colocación provisional del sistema de energía hidráulica



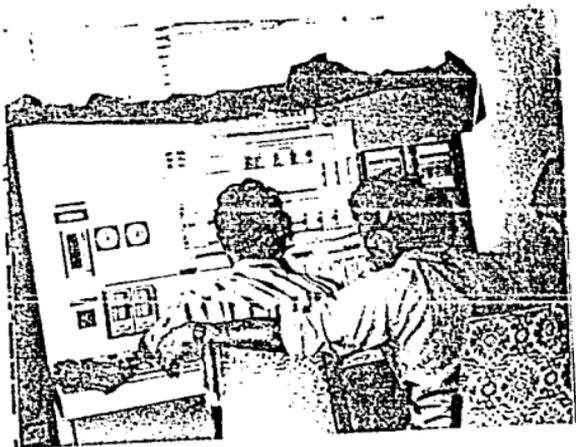
Fotografía IV.24. Colocación provisional de la cabina del -
operador y gabinete eléctrico del escudo.



Fotografía IV.25. Colocación provisional del transformador -
para el escudo.



Fotografía IV.26. Instalación de la bomba P-1, para suministro de lodo.



Fotografía IV.27. Instalación de la consola de control central.



Fotografía IV.28. Instalación del tren de equipo, donde se observa la cabina del operador y polipasto.

CAP. V. INYECCION

V.1. Generalidades

La inyección es el conjunto de técnicas que pone en práctica el ingeniero civil, para hacer penetrar fluidos de composición y características controlables en el interior de fisuras, fracturas, fallas, huecos, conductos y vacíos de terreno, para lograr los siguientes objetivos:

- a). Mejoramiento del terreno débil, adelante del túnel o rellenar los espacios anulares y en derrumbes de excavaciones.
- b). Reparar daños excesivos en voladuras de roca y excavaciones.
- c). Transmitir esfuerzos al terreno vecino, alrededor de túneles o tuberías de presión.
- d). Preesforzar el revestimiento de túneles y excavaciones - para reducir su espesor.
- e). Ligar revestimientos, anclas y demás elementos de refuerzo en excavaciones o túneles al terreno vecino, para que trabajen en combinación con éste, como un todo.
- f). Reducir la filtración de agua, hacia excavaciones subterráneas, a cielo abierto y apoyo de presas situadas debajo del-

nivel freático.

g). Consolidar las cimentaciones, apoyos de presas y de otras estructuras pesadas.

El conjunto de estudios que se toman en cuenta para decidir la forma de inyección son:

Geología. Proporciona la localización y tipos de terreno, arreglo estructural, principales accidentes y discontinuidades, condiciones hidráulicas y puntos de debilidad (inestabilidad o permeabilidad) para el tipo de obra que se proyecte construir.

Mecánica de Rocas y Mecánica de Suelos. Cada una informa en detalle el grado de estabilidad y permeabilidad del terreno, la granulometría en suelos y la fracturación en rocas, lo que nos permite seleccionar los productos y mezclas que puedan penetrar a través de ellos, el rango de presiones que deberá utilizarse durante el tratamiento para no dañar al terreno y al terminar la inyección nos proporcionará el grado de permeabilidad e inestabilidad final.

Mecánica de fluidos. Estudia el comportamiento de los líquidos más o menos viscosos (mezclas de inyección), que serán transportados a presión a través de los conductos o fisuras del terreno y la respuesta de ésta durante el paso de los mismos, y con el tiempo cuando estos líquidos fraguen y adquieran resistencia.

Geotécnica. Analiza toda la información anterior y proporció

na en igual caso el tipo de inyección, la resistencia y fluidez necesaria para la mezcla, la presión de sellado, y el tipo de -barrenación a ejecutar, y en el proceso de la obra lleva la ---coordinación y control de los trabajos, mediante instrumenta---ción adecuada para analizar el comportamiento del terreno.

Química. Aporta la técnica para preparar mezclas, que debe--berán cumplir con las siguientes cualidades:

- Inyectabilidad. Esta depende de la penetración de la mezcla en el terreno y del equipo a emplear para bombearla.

- Estabilidad. Que la mezcla tenga un buen comportamiento -durante la inyección y el acomodo final dentro del terreno.

- Inalterabilidad. La mezcla que no se altere con la sustan--cia o elemento del terreno, en la zona por inyectar, tales co--mo: concreto, acero, madera, etc., y ya fraguada mantenga una -rígidez suficiente y permanente.

- Resistencia. La efectividad de la mezcla, debe ser tal --que cumpla con la resistencia especificada.

- Economía. Depende del costo de la obra.

Ingeniería mecánica. De acuerdo con las condiciones y necesi--dades de la obra, nos proporciona:

- Selección del equipo, tanto para perforación e inyección, que cumpla las condiciones de eficiencia y economía.

- El diseño de dispositivos, adaptaciones e instalaciones,- para poder tener un mayor rendimiento de la maquinaria y de la-obra en general.

V.2. Mezclas de inyección.

Como se indicó anteriormente, cada terreno por inyectar será estudiado para determinar su procedimiento constructivo, de igual manera, para cada inyección se debe estudiar que mezcla se va a utilizar. La elección, en general esta determinada por el estudio preliminar de los materiales del sitio a tratar, resultado del reconocimiento efectuado en el curso de los sondeos.

A pesar de que las condiciones de campo no pueden ser reproducidas con fidelidad en los ensayos de laboratorio, estos son adecuados como procedimientos de bajo costo, que permite determinar la mezcla más conveniente de inyectar en el subsuelo de acuerdo a la granulometría y permeabilidad del mismo.

Las mezclas apropiadas para la inyección deben ser suficientemente fluidas para permitir su bombeo; su grano debe ser muy fino para que pueda fluir con la presión, en las aberturas y fisuras muy pequeñas. Debe ser una mezcla resistente a la compresión cuando endurece.

Las mezclas se dividen en: inestables y estables.

En éste trabajo nos referiremos a las mezclas estables en particular a la de cemento-bentonita-arena, que es la que se utiliza para la inyección de contacto entre dovela y terreno en la excavación de túneles con uso de escudo de frente presurizado en suelos blandos.

Las mezclas estables son suspensiones en agua, de granos suficientemente pequeños, para que no pueda presentarse sedimentación alguna durante la inyección, pero siempre y cuando mantenga la fluidez necesaria para realizar esta y después proporcione la rigidez suficiente.

Asimismo, existe una gran variedad de combinaciones de productos base y aditivos para reducir al mínimo la sedimentación durante la inyección.

Mezcla cemento-bentonita-arena. El uso de la bentonita, mejora la estabilidad y disminuye la decantación sin reducir de manera importante la resistencia de la mezcla, además de proporcionar una mezcla homogénea y eventualmente tixotrópica. Generalmente, se emplea en inyección de aluviones con características granulométricas muy particulares, y como consecuencia de la fuerte dosificación de cemento resultan muy caras, pero en este caso de la inyección de contacto entre dovela y terreno natural es eficiente, ya que se requiere de alta resistencia para consolidar e impermeabilizar.

Materiales para inyección.

- Agua. Debera ser limpia y estar libre de sustancias perjudiciales, tales como: aceite, materia orgánica, sales, etc.

- Arena. De preferencia arena de río, con dimensiones máximas de 1.5 mm, no deberá contener exceso de partículas alargadas que afecten a la trabajabilidad de la mezcla.

- Cemento. Podrá ser del tipo normal o de otro, ya que esto

no tiene mayor importancia para la inyección de los túneles localizados por abajo del nivel freático. Tratándose de túneles - debajo del mar o en zonas cuyas aguas tengan contenido de sulfatos o sales, se le dará un tratamiento especial.

- Bentonita. El aspecto más importante de las mezclas es el contenido de arena en la bentonita, debido a que esta funciona como un estabilizador de sólidos manteniendo las arenas en suspensión.

- Aditivo. Los aditivos pueden ser usados para modificar -- las propiedades de la mezcla en tal forma que lo hagan más adecuado para las condiciones de trabajo o por economía.

Se recomienda para la elaboración de la mezcla que se siga - el siguiente orden: agua, bentonita, cemento y arena.

V.3. Equipos para inyección.

Estos equipos se dividen en dos tipos, para elaboración de mezclas y en sí para la inyección.

a). Para elaboración de mezclas. La elaboración del mortero para la inyección de contacto entre dodela y terreno, se realiza en planta dosificadora semiautomática o manual.

La dosificadora semiautomática, puede instalarse en superficie o en muro de lumbreira, consta de las siguientes partes: agitadores, silós para almacenar cemento y arena, hidrómetro, básculas, tolva, tablero de control y plataforma de trabajo.

La dosificadora manual se instala en superficie y consta de las siguientes partes: agitadores, bomba para suministro de agua, tanque para almacenar agua, tanque para almacenar la mezcla preparada, bomba para suministro de la mezcla al carro de inyección, áreas para almacenar los materiales y plataforma de trabajo.

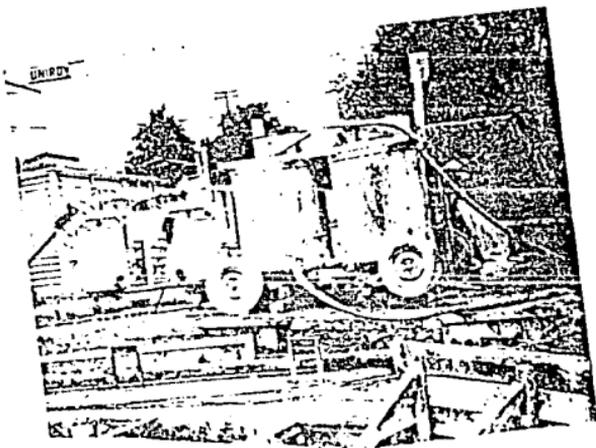
La capacidad de la dosificadora deberá de corresponder a la cantidad de inyección requerida para efectuar en los anillos programados para un día.

b). Para inyección. Para suministro de mezclas se utiliza un carro tanque, que consta de todos los accesorios necesarios para la inyección, ésta se habilita sobre un truck para ser transportado por medio de la locomotora hasta en el frente de trabajo, que consta de: tanque de 2.5 m³ de capacidad, bomba que proporcione la presión de inyección especificada, manómetros, válvulas y boquillas. En las fotografías de V.1 a V.3 se muestran los equipos para inyección de contacto entre dovela y terreno.

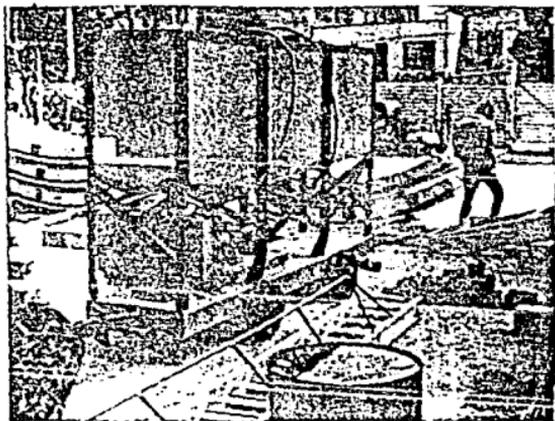
V.4. Inyección de contacto entre dovelas y terreno natural

Los anillos de dovelas tienen un diámetro exterior menor al de la excavación, ya que estas se ensamblan bajo la protección del escudo. Por esta razón, cuando los anillos salen de esta protección, va quedando un hueco anular entre dovelas y terreno.

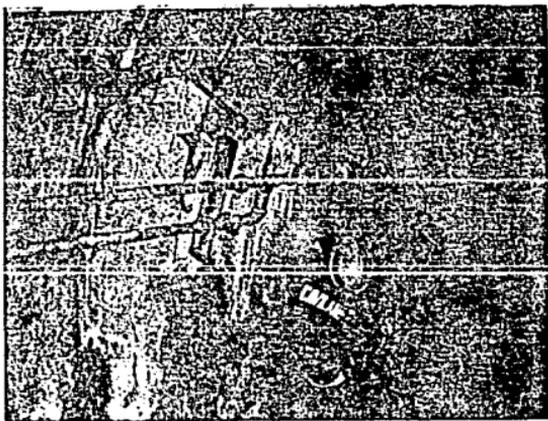
Esto puede provocar asentamientos superficiales, además de filtraciones, por lo que para reducir estos problemas, se requiere que la oquedad sea llenada con una mezcla o lechada de manera inmediata, lográndose esta con la inyección a través del tubo de inserto.



Fotografía V.1. Agitadores para la mezcla de materiales.
que se utiliza en inyección.



Fotografía V.2. Tanque para el transporte de la mezcla de inyección.



Fotografía V.3. Tubería y válvula para efectuar la inyección de contacto entre dovela y terreno natural.

CAP. VI. EQUIPO UTILIZADO E INSTALACIONES.

El equipo que se utiliza para la excavación de túneles con el uso del escudo de frente presurizado, la mayoría es parte del escudo, ya que en esta se encuentra todo el equipo para la excavación, complementándose con algunas instalaciones y equipos.

Las instalaciones en el túnel son para suministrar al frente de trabajo los materiales y equipos necesarios para la excavación, así como para circular el equipo y personal.

En el proceso constructivo para la excavación del túnel, se requiere equipo complementario e instalaciones, que se mencionan a continuación.

VI.1. En superficie.

a). Una grúa pórtico de 8.0 Ton. En el sistema de manto generalmente se usa grúa pórtico, pero podría utilizarse solamente una motogrúa, estas sirven para suministrar dovelas al túnel y abastecer de materiales o equipos que se requirieron para la excavación del túnel.

b). Una draga LS-68. Su uso es para la carga del camión de volteo, con material sólido producto de la excavación, esta deberá ser con almeja sin dientes y sin barrenos para evitar que se vacíe el lodo al momento de rezagar.

c). Dos bombas eléctricas de 20 Hp de 4" de diámetro. Se requieren para cargar lodo a los camiones pipa.

d). Dos bombas de tazones de 25 Hp de 6" de diámetro. Se utiliza para el manejo de agua tratada en la planta de lodos, con el fin de mantener uniforme la densidad en el carcamo de suministro.

e). Una bomba eléctrica de 20 Hp de 4" de diámetro. Esta se utiliza para el traspaleo del lodo del carcamo de descarga al carcamo de suministro.

f). Camión pipa. Se utiliza para transportar el lodo de desecho de la obra al tiradero.

g). Camión volteo. Es utilizado para transportar el material sólido producto de la excavación, de la obra al tiradero.

h). Tres bombas licuadoras. Equipo por medio del cual se realiza la licuación del material sedimentado en el carcamo de descarga, para posteriormente cargarlo a las pipas.

i). Un compresor eléctrico de 600 PCM con tanque metálico. Suministra aire comprimido al equipo neumático en general. Asimismo se utiliza para agitar el lodo en el carcamo de suministro para uniformizar la densidad de dicho lodo.

j). Una planta generadora de energía eléctrica de 310 KW. Este equipo se requiere en casos de emergencia, cuando se presentan fallas en el suministro de energía eléctrica. La capacidad de la planta debe ser la necesaria para mantener únicamente la-

iluminación del túnel. Ya que el escudo tiene un sistema de seguridad propio que cierra las válvulas del "by-pass", manteniendo el frente presurizado en el momento de la suspensión de la energía eléctrica.

k). Equipo para talleres. Se requiere el equipo necesario para los talleres de carpintería, mecánico, soldadura y eléctrico.

l). Camión grúa hidráulica. Se utiliza para suministrar materiales pesados a la obra, tales como, tubos de acero, durmientes, placas de acero, carretes de cable, etc.

m). Camión con plataforma. Se utiliza para el suministro de dovelas a la obra.

n). Tanque metálico. Se requiere para almacenar agua potable que se utiliza para elaborar mortero para inyección.

o). Elevador con 1000 Kg de capacidad. Se utiliza para el censo y ascenso de personal que labora en la obra.

VI.2. En túnel.

a). Dos locomotoras eléctricas o de diesel. Maquinaria que se utiliza para mover los trucks, por medio de los cuales se transportan los materiales o equipos que se requieren en el frente de excavación.

b). Un polipasto de 3 Ton de capacidad. Aunque el escudo cuenta ya con este equipo, es conveniente tener uno como reserva, ya que es de los equipos que más se deteriora y que ello puede ocasionar paro de actividades si llegara a fallar.

c). Ventiladores axiales de 15 Hp de 24" de diámetro. Estos-

equipos se requieren para la ventilación del túnel, con los que se suministra aire fresco para sanear el medio ambiente y a la vez expulsar hacia el exterior los gases producto de la combustión interna de la maquinaria que se usa en el túnel. Estos ventiladores se colocan a cada 400 m aproximadamente.

d). Bomba sumergible de 5 Hp de 2" de diámetro. Este equipo se usa para retirar el agua acumulada en el faldón del escudo, en zona de cubeta, ya que dificulta la colocación de las dovelas.

e). Una bomba de 20 Hp de 4" de diámetro. Esta se instala en el fondo de la lumbrera, para bombear el agua acumulada producto de escurrimientos del túnel, hacia el carcamo de suministro.

f). Las instalaciones para la excavación del túnel con escudo de frente presurizado, se muestran en la figura VI.1, como se menciona a continuación:

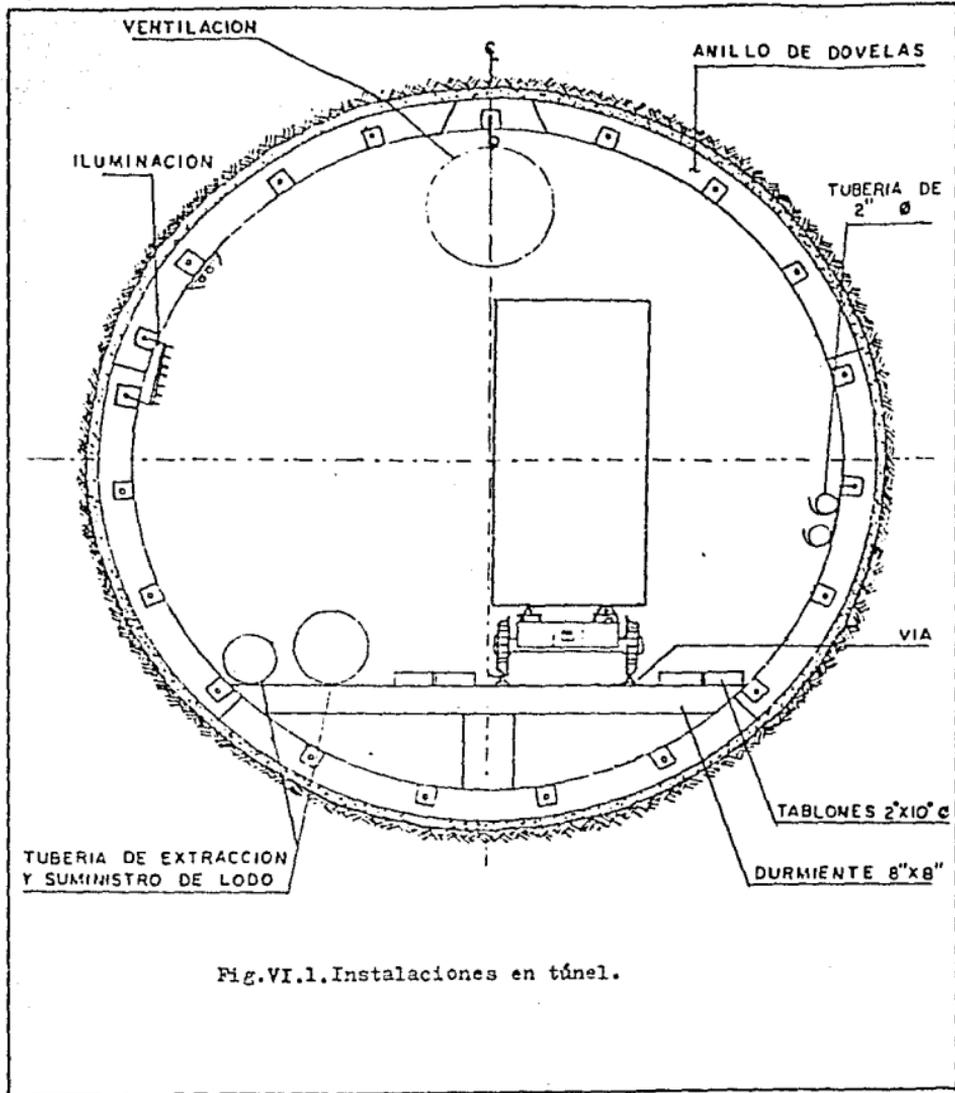
1.- Para circulación de equipos y personal. Se colocan, durmientes de 8" x 8" a cada metro, vías para circulación del equipo de transporte y tablonas de 2" x 10" para andenes.

2.- Iluminación y energización del escudo. Las instalaciones para la iluminación del túnel; una línea trifásica de 220 V, colocada en bastidores de siste aisladores a cada 5 m, y lámparas de 2 x 74 W, colocadas a cada 10 m. La línea para suministro de energía eléctrica al escudo, es de 4160 V.

3.- Ventilación. El ducto de ventilación, es de lona aulada de 24" de diámetro, el cual es alimentado por ventiladores eléctricos, con capacidad suficiente para proporcionar una condición adecuada de trabajo en el frente. Este ducto se instala en la zona de clave del túnel.

4.- Tuberías para agua y aire. El suministro de agua y aire, que se requiere para limpieza, se suministra por medio de dos tuberías de 2" de diámetro colocadas en el lado derecho del avance del escudo, colocando conexiones rápidas a cada 100 m, estas tuberías se anclan en los tornillos de las dovelas por medio de placas de acero, habilitadas en obra.

5.- Escalera de caracol. Esta escalera es provisional, se utiliza para descenso de personal al fondo de la lumbrera y túnel, durante el inicio de los trabajos, ya que cuando se retirarán los anillos de atraque se procede a la colocación del elevador.



CAPITULO VII. ANALISIS DE COSTOS

VII.1. Alcance del precio unitario de la excavación del túnel - en los metros subsecuentes.

El precio unitario incluye: el suministro de todos los mate riales básicos y de consumo, tales como, tornillería, juntas - de hule, cemento, arena, bentonita oxígeno, acetileno, soldadu ra, etc., recuperables como son: tuberías de acero, maderas, - cables y accesorios eléctricos, etc., la mano de obra especia- lizada, equipo y herramienta necesaria para realizar las si- - guientes actividades:

- 1).- Tratamiento y manejo de los lodos necesarios para la - excavación del túnel.
- 2).- Excavación del túnel de 6.24 m de diámetro exterior, - empleando equipo cortador de frente presurizado con lo dos.
- 3).- Limpieza de cárcamos de la planta de lodos, incluyendo el acarreo del primer kilómetro de material sólido al- tiro asignado.
- 4).- Suministro e instalación de vías y cambios con todos - sus accesorios en el interior del túnel; incluyendo --

- durmientes de madera, clavos, planchuelas, riel.
- 5).- Carga, transporte, bajada al fondo de la lumbrera, manejo y colocación de dovelas en el interior del túnel, incluyendo materiales empleados en su fijación.
 - 6).- Suministro e instalación de alumbrado del túnel, incluyendo cables eléctricos, luminarias, fijación y mantenimiento.
 - 7).- Suministro e instalación de tuberías y accesorios para el manejo de lodos, en el interior del túnel y maniobras en el frente de excavación.
 - 8).- Inyección de contacto entre dovelas y terrono natural, incluyendo elaboración, conducción y colocación de la mezcla.
 - 9).- Control topográfico del túnel, nivelación y alineamiento.
 - 10).- Limpieza y mantenimiento del túnel y lumbrera.
 - 11).- Bombeo de agua producto de filtraciones y precipitaciones pluviales, además del lodo que se fuga por las juntas de las tuberías. Únicamente durante el proceso de excavación.
 - 12).- Suministro y operación de la planta de emergencia de 2 500 KVA.
 - 13).- Así como los indirectos y la utilidad de la empresa; la unidad de medición es el metro de túnel excavado.

VII.2. Análisis de precios unitarios de la excavación del túnel.

A).- SALARIOS REALES

Cálculo de los factores aplicables al salario base, para obtener el salario real.

a.- Días no laborables al año,	
Domingos	52.00
Vacaciones	6.00
Días festivos oficiales (por ley) ⁺	7.17
Por condiciones de clima	0.50
Total	<u>65.67</u>

⁺ 1^o de Enero, 5 de Febrero, 21 de Marzo, 1^o de Mayo, 16 de Septiembre, 20 de Noviembre, 1^o de Diciembre de cada 6 años y 25 de Diciembre.

b.- Días trabajados al año,	
Días del año	365.00
Días no laborados al año	65.67
Total	<u>299.33</u>

c.- Días pagados al año,	
Días del año	365.00
Días de aguinaldo	15.00
Días por prima vacacional (6 días x 25%)	1.50
Total	<u>381.50</u>

d.- Prestaciones,

Para salario mínimo:

Días pagados al año	381.50
Factor IMSS (0.196875 x 381.50)	75.11
Factor ISPT (0.01 x 381.50)	3.82
Factor guarderías (0.01 x 365)	3.65
Total	<u>464.08</u>

Factor de costo real para salario mínimo,

$$= \frac{464.08}{299.33} = 1.5504$$

Para salarios mayores al mínimo:

Días pagados al año	381.50
Factor IMSS (0.159375 x 381.5)	60.80
Factor ISPT (0.01 x 381.5)	3.82
Factor guarderías (0.01 x 365)	3.65
Total	<u>449.77</u>

Factor de costo real para salarios mayores al mínimo,

$$= \frac{449.77}{299.33} = 1.5026$$

e.- Cálculo del factor por tiempo extraordinario, en --

base a turno de 10 horas:

Considerando dos turnos de trabajo y dos domingos -
al mes.

Horas por ley:

Primer turno (6 días x 8 hrs.) . . .	48.0 Hrs.
Segundo turno (6 días x 7 hrs.) . .	<u>42.0 Hrs.</u>
Total .	90.0 Hrs.

Horas extras:

Primer turno (6 días x 2 hrs.) . . .	12.0 Hrs.
Segundo turno (6 días x 3 hrs.) . .	<u>18.0 Hrs.</u>
SubTotal . .	30.0 Hrs.

Dos domingos x 8 hrs \div 4.3 sem/mes = 3.72 Hrs.

Subtotal de horas extras (30 + 3.72) = 33.72 Hrs.

Por impuesto suplementario (10 %)

= 33.72 x 1.10 = 37.09 Hrs.

Dobles (9 hrs x 2.0) = 18.00 Hrs.

Triples (28.09 hrs x 3.0) = 84.27 Hrs.

Total . . 102.27 Hrs.

f). Factor de tiempo extra = $\frac{102.27}{90} = 1.1363$

g.- Factor total

Para salario mínimo (1.5504 + 1.1363) = 2.6867

Para salario mayor al mínimo

(1.5026 + 1.1363) = 2.6389

A).TABULADOR DE SALARIOS (Turno de 10:00 Hrs.).

CATEGORIA	SALARIO BASE	P.S.R.	SALARIO REAL
Topógrafo	28,389.00	2.6389	74,916.00
Aux. de topógrafo	11,457.00	"	30,234.00
Cadenero	11,102.00	"	29,296.00
Cabo especializado	19,654.00	"	51,864.00
Cabo "B"	14,523.00	"	38,326.00
Maniobrista	11,629.00	"	30,689.00
Ayte. de maniobrista	10,433.00	"	27,532.00
Op. de escudo	14,879.00	"	39,264.00
Ayte. del op. de escudo	10,639.00	"	28,075.00
Compresorista	14,879.00	"	39,264.00
Op. de locomotora	14,879.00	"	39,264.00
Ayte. del op. locomotora	10,639.00	"	28,075.00
Op. de motogrúa	14,879.00	"	39,264.00
Ayte. del op. de motogrúa	10,639.00	"	28,075.00
Op. de grúa pórtico	14,879.00	"	39,264.00
Ayte. de op. de grúa pórtico	10,639.00	"	28,075.00
Op. de grúa Hiab	14,879.00	"	39,264.00
Ayte. de op. de grúa Hiab	10,639.00	"	28,075.00
Op. de dosificadora	14,879.00	"	39,264.00
Op. de caviem	14,879.00	"	39,264.00
Chofer de volteo	13,844.00	"	36,534.00
Rielero	13,458.00	"	35,514.00
Tubero	17,418.00	"	45,964.00
Señalero	13,458.00	"	35,514.00
Injectista	13,844.00	"	36,534.00
Soldador calificado	13,782.00	"	36,369.00
Electricista	13,651.00	"	36,024.00
Oficial mecánico	14,492.00	"	38,244.00
Fierrero	13,004.00	"	34,315.00
Carpintero	13,004.00	"	34,315.00
Albañil	13,975.00	"	36,879.00
Vibradorista	10,522.00	"	27,766.00
Perforista	13,975.00	"	36,879.00
Op. de maq. pesada	14,879.00	"	39,264.00
Ayte. de op. maq. pesada	10,639.00	"	28,075.00
Ayte. de of. calificado	10,639.00	"	28,075.00
Ayte. general	10,521.00	"	27,766.00
Pintor	14,127.00	"	37,280.00

B). COSTOS HORARIOS DE MAQUINARIA

MAQUINARIA	COSTO HORARIO	
	ACTIVA	INACTIVA
Escudo cortador de 6.24 m de ϕ	762,712.00	750,312.00
Draga LS-68	157,765.00	152,676.00
Compresor portátil de 600 PCM	30,247.00	16,816.00
Locomotora eléctrica	118,753.00	118,753.00
Desarenadora cavien	30,990.00	30,990.00
Planta de luz de 2500 Kw	272,456.00	166,136.00
Grúa pórtico (incluye polipasto)	38,233.00	38,233.00
Camión de volteo F-600	31,751.00	24,344.00
Almaja de $3/4$ yd ³	6,242.00	6,242.00
Planta dosificadora de inyección	15,872.00	15,872.00
Bomba moyno 3L-10	13,000.00	8,186.00
Bomba para lodos de 4" ϕ	7,062.00	7,062.00
Bomba ocelco de 2" ϕ	3,939.00	3,939.00
Bomba sumergible para lodos de 8" ϕ	12,345.00	12,345.00
Bomba de vacío	13,505.00	13,505.00
Agitador vertical para lodos	3,066.00	3,066.00
Truck para dovelas, (30")	3,218.00	3,218.00
Truck para materiales, (30")	2,950.00	2,950.00
Carro de inyección	6,938.00	6,938.00
Ventilador de 36" de ϕ	2,920.00	2,920.00
Elevador de personal	113,936.00	113,936.00
Sierra circular	4,239.00	4,239.00
Teodolito Wild T-2	7,987.00	7,987.00
Ocular Laser GL-02	8,429.00	8,429.00
Giróscopo GAK-1	16,658.00	16,658.00
Nivel Wild KAK-2	1,759.00	1,759.00
Distanciómetro	13,327.00	13,327.00
Cargador de baterías	15,117.00	15,117.00
Equipo de corte oxi-acetileno	30.00	30.00
Soldadora eléctrica de 300 Amp	6,645.00	6,645.00
Camión con grúa Hiab	38,015.00	25,834.00

ANALISIS DE COSTO HORA MAQUINA

DESCRIPCION DE LA MAQUINA	EXCAVACION DE TUNEL DE 6.24M. DE DIAMETRO					
DRAGA LS-68	JULIO DE 1989					
DATOS GENERALES						
(Pm) PRECIO DE LA MAQUINA	\$ 708,180,000.00 (k)	PRIMA DE SEGURO 2.00 % ANUAL				
(M) VALOR DE LAS LLANTAS	\$ 5,180,000.00 (k)	FACTOR DE ALMACENAJE 7.00 %				
(Vp) VALOR PIEZAS ESPECIALES	\$ --- (k)	MANTENIMIENTO MAYOR Y MENOR 100 %				
(Va) VALOR DE ADQUISICION	\$ 703,000,000.00 (k)	MOTOR DS DE 47 HP.				
(Vr) VALOR DE RESCATE 20% Pm	\$ 140,600,000.00 (k)	VIDA DE LAS LLANTAS --- HORAS				
(Vd) VALOR A DEPRECIAR	\$ 562,400,000.00 (k)	VIDA DE LAS PIEZAS ESPE. --- HORAS				
(V) VIDA ECONOMICA 10,000 HORAS		(DILA) DIAS LABORADOS AL AÑO 200.33 DIAS				
(I) TASA DE INVERSION ANUAL 12 %		(H) HORAS DE LA JORNADA 10 HORAS				
(Hd) HORAS EFECTIVAS POR AÑO 2,000 HORAS						
CARGOS FIJOS		COSTO				
DEPRECIACION	$D = (Vd - Vr) / V = 562,400,000.00 / 10,000$	56,240.00				
INVERSION	$I = (V) + Vr * i / 2H = 843,600,000.00 * 0.12 / 2 * 2,000$	25,308.00				
SEGUROS	$S = (V) + Vr * % / 2H = 843,600,000.00 * 0.02 / 2 * 2,000$	4,218.00				
ALMACENAJE	$A = K * D = 0.07 * 56,240.00$	3,937.00				
MANTENIMIENTO	$T = O * D = 1.00 * 56,240.00$	56,240.00				
SUMA		\$ 145,943.00				
CONSUMOS						
COMBUSTIBLE	UNIDAD	H.P.	M. DIESEL	M. GASOL	CANT.	COSTO U.
GASOLINA	LITRO			0.0803		
DIESEL	LITRO	47	0.1000		4.70	450.00
ACEITE DE MOTOR	LITRO	47	0.0034	0.0023	0.16	2,400.00
OTRAS FUENTES ENER.						
SUMA						\$ 2,499.00
LLANTAS						
MEDIDAS	LLANTA	COSTO VARIABLE		NJM. DE PIEZAS	IMPORTE	
SUMA						
CARGO POR LLANTAS = $S / (H * V) = 56,240,000.00 / 2,000$ HRS.						SUMA \$ 2,590.00
OTROS ELEMENTOS (PIEZAS ESPECIALES)						
CARGO OTROS ELEMENTOS \$ / (H * Vp)						SUMA \$
CATEGORIAS	S. NOMINAL	S. REAL	CANTIDAD	IMPORTE		
a) OPERADOR		39,264.00	1	39,264.00		
b) AYUDANTE		28,075.00	1	28,075.00		
c)						
CARGOS						SUMA So. \$ 67,339.00
$S = So / H = 67,339.00 / 10$						SUMA \$ 6,733.00
COSTOS DIRECTOS POR HORA						ACTIVA \$ 157,765.00
						INACTIVA \$ 152,676.00

ANALISIS DE COSTO HORA MAQUINA

DESCRIPCION DE LA MAQUINA EXCAVACION DE TUNEL DE 6.24M DE DIAMETRO

PLANTA DE LUZ DE 2,500 KW.

JULIO DE 1989

DATOS GENERALES

IPm I FREC DE LA MAQUINA \$ 1105976250.00 (s) PRMA DE SEGURO 2.00 % ANUAL
 ML I VALOR DE LAS LLANTAS \$ -- (K) FACTOR DE ALMACENAJE 7.00 %
 IVpe I VALOR PIEZAS ESPECIALES \$ -- (Q) MANTENIMIENTO MAYOR Y MENOR 50 %
 IVo I VALOR DE ADQUISICION \$ 1105976250.00 (H) MOTOR DS DE 2000 HP.
 IVr I VALOR DE RESCATE 20% Pm \$ 221195250.00 (HVLL) VIDA DE LAS LLANTAS -- HORAS
 IVd I VALOR A DEPRECIAR \$ 884781000.00 (HVpe) VIDA DE LAS PIEZAS ESPE. -- HORAS
 IVe I VIDA ECONOMICA 12,000 HORAS (IDILA) DIAS LABORADOS AL AÑO 299.33 DIAS
 (I) TASA DE INVERSION ANUAL 12 % (H) HORAS DE LA JORNADA 10 HORAS
 (IH) HORAS EFECTIVAS POR AÑO 2,000 HORAS

CARGOS FIJOS	COSTO
DEPRECIACION D: $IVd \cdot Vr / Vm = 884781000.00 / 12,000$	73,732.00
INVERSION I: $(M+Vr) \cdot H / 2 \cdot H = 1,327,171,500.00 \times 0.12 / 2 \times 2,000$	39,815.00
SEGUROS S: $M+Vr \cdot H / 2 \cdot H = 1,327,171,500.00 \times 0.02 / 2 \times 2,000$	6,636.00
ALMACENAJE A: $K \cdot D = 0.07 \times 73,732.00$	5,161.00
MANTENIMIENTO T: $Q \cdot D = 0.50 \times 73,732.00$	36,866.00
SUMA	\$ 162,210.00

CONSUMOS						
COMBUSTIBLE	UNIDAD	H. P.	M. DIESEL	M. GASOL	CANT.	COSTO U.
GASOLINA	LITRO			0.0603		
DIESEL	LITRO	2,000	0.1000		200.00	90,000.00
ACEITE DE MOTOR	LITRO	2,000	0.0034	0.0023	6.80	2,400.00
OTRAS FUENTES ENER.						
SUMA						\$ 106,320.00

LLANTAS						
MEDIDAS	LLANTA	COSTOS UNIDADES	UNIDADES	SUMA	NUM DE PIEZAS	IMPORTE
SUMA						

CARGO POR LLANTAS: $S / (HVLL \cdot S)$	/	HRS.	SUMA	\$
OTROS ELEMENTOS (PIEZAS ESPECIALES)				
CARGO OTROS ELEMENTOS S	/	(HVpe)	SUMA	\$

CATEGORIAS	S. NOMINAL	S. REAL	CANTIDAD	IMPORTE
a) OPERADOR		39,264.00	1	39,264.00
b)				
c)				
CARGOS				SUMA So = 39,264.00

$S = So / H = 39,264.00 / 10$	SUMA	\$ 3,926.00
COSTOS DIRECTOS POR HORA	ACTIVA	\$ 272,456.00
	INACTIVA	\$ 166,136.00

ANALISIS DE COSTO HORA MAQUINA

DESCRIPCION DE LA MAQUINA AIAEJA DE 3/4 YD³	EXCAVACION DE TUNEL DE 6 24M DE DIAMETRO JULIO DE 1989																																										
DATOS GENERALES																																											
(Pm) PRECIO DE LA MAQUINA \$ 35'549,250.00 (s)	PRIMA DE SEGURO 2.00 % ANUAL																																										
(ML) VALOR DE LAS LLANTAS \$ -- (K)	FACTOR DE ALMACENAJE 7.00 %																																										
(Np) VALOR DE PIEZAS ESPECIALES \$ -- (Q)	MANTENIMIENTO MAYOR Y MENOR 60 %																																										
(Nq) VALOR DE ADQUISICION \$ 35'549,250.00 (P)	MOTOR -- DE -- HP.																																										
(Nr) VALOR DE RESCATE 20% Pm \$ 7'109,855.00 (VLL)	VIDA DE LAS LLANTAS -- HORAS																																										
(Nd) VALOR A DEPRECIAR \$ 28'439,424.00 (Hvp)	VIDA DE LAS PIEZAS ESPS. -- HORAS																																										
(Ve) VIDA ECONOMICA 10,000 HORAS	(DILA) DIAS LABORADOS AL AÑO 299.33 DIAS																																										
(I) TASA DE INVERSION ANUAL 12 %	(H) HORAS DE LA JORNADA 10 HORAS																																										
(IH) HORAS EFECTIVAS POR AÑO 2,000 HORAS																																											
CARGOS FIJOS																																											
DEPRECIACION $D = (W \cdot V_r) / W = 28'439,424.00 / 10,000$	2,844.00																																										
INVERSION $I = (Nq + V_r) / 2 \cdot H = 22'659,135.00 \times 0.12 / 2 \times 2,000$	1,280.00																																										
SEGUROS $S = (M + V_r) / 2 \cdot H = 0.07 \times 2,844.00$	199.00																																										
ALMACENAJE $A = K \cdot D = 0.002 \times 2,844.00$	5.69																																										
MANTENIMIENTO $T = Q \cdot D = 0.002 \times 2,844.00$	5.69																																										
SUMA	\$ 6,242.00																																										
CONSUMOS																																											
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>COMBUSTIBLE</th> <th>UNIDAD</th> <th>H. P</th> <th>M. DIESEL</th> <th>M. GASOL</th> <th>CANT.</th> <th>COSTO U.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>GASOLINA</td> <td>LITRO</td> <td></td> <td></td> <td>0.0803</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>DIESEL</td> <td>LITRO</td> <td></td> <td>0.1000</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>ACEITE DE MOTOR</td> <td>LITRO</td> <td></td> <td>0.0034</td> <td>0.0023</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>OTRAS FUENTES HER.</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="6" style="text-align: right;">SUMA</td> <td>\$</td> </tr> </tbody> </table>	COMBUSTIBLE	UNIDAD	H. P	M. DIESEL	M. GASOL	CANT.	COSTO U.	GASOLINA	LITRO			0.0803			DIESEL	LITRO		0.1000				ACEITE DE MOTOR	LITRO		0.0034	0.0023			OTRAS FUENTES HER.							SUMA						\$	
COMBUSTIBLE	UNIDAD	H. P	M. DIESEL	M. GASOL	CANT.	COSTO U.																																					
GASOLINA	LITRO			0.0803																																							
DIESEL	LITRO		0.1000																																								
ACEITE DE MOTOR	LITRO		0.0034	0.0023																																							
OTRAS FUENTES HER.																																											
SUMA						\$																																					
LLANTAS																																											
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>MEDIDAS</th> <th>UNIDAD</th> <th>CANTIDAD</th> <th>PRECIO</th> <th>SUMA</th> <th>NUM DE PIEZAS</th> <th>IMPORTE</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="5" style="text-align: right;">SUMA</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	MEDIDAS	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	SUMA	NUM DE PIEZAS	IMPORTE								SUMA																												
MEDIDAS	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	SUMA	NUM DE PIEZAS	IMPORTE																																					
SUMA																																											
CARGO POR LLANTAS = \$ / (Hvps)	HRS.	SUMA \$																																									
OTROS ELEMENTOS (PIEZAS ESPECIALES)																																											
CARGO OTROS ELEMENTOS \$ / (Hvp)		SUMA \$																																									
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>CATEGORIAS</th> <th>S. NOMINAL</th> <th>S. REAL</th> <th>CANTIDAD</th> <th>IMPORTE</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>a)</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>b)</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>c)</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	CATEGORIAS	S. NOMINAL	S. REAL	CANTIDAD	IMPORTE	a)					b)					c)																											
CATEGORIAS	S. NOMINAL	S. REAL	CANTIDAD	IMPORTE																																							
a)																																											
b)																																											
c)																																											
CARGOS	SUMA \$ = \$																																										
$S = S_0 / H =$		SUMA \$																																									
COSTOS DIRECTOS POR HORA		ACTIVA \$ 6,242.00																																									
		INACTIVA \$ 6,242.00																																									

ANALISIS DE COSTO HORA MAQUINA

DESCRIPCION DE LA MAQUINA BOMBA KOYNO 3I-10	EXCAVACION DE TUNEL DE 6.24M DE DIAMETRO JULIO DE 1989																																										
DATOS GENERALES																																											
IPM I FRECO DE LA MAQUINA \$ 23'200,944.00 (s)	PRIMA DE SEGURO 200 % ANUAL																																										
MLI VALOR DE LAS LLANTAS \$ -- (M)	FACTOR DE ALMACENAJE 7.00 %																																										
IPE VALOR PIEZAS ESPECIALES \$ 7'221,280.00 (Q)	MANTENIMIENTO MAYOR Y MENOR 75 %																																										
IVA VALOR DE ADQUISICION \$ 16'579,864.00 (P)	MOTOR -- DE -- HP.																																										
Nv VALOR DE RESCATE 10% Pm \$ 1'657,986.00 (HV)	IVIDA DE LAS LLANTAS -- HORAS																																										
Nv VALOR A DEPRECIAR \$ 14'921,638.00 (HVP)	IVIDA DE LAS PIEZAS ESPE. 1,500 HORAS																																										
Nv IVIDA ECONOMICA 6,000 HORAS	(DILA) DIAS LABORADOS AL AÑO 299.33 DIAS																																										
II TASA DE INVERSION ANUAL 12 %	(H) HORAS DE LA JORNADA 10 HORAS																																										
(H) HORAS EFECTIVAS POR AÑO 1,500 HORAS																																											
CARGOS FIJOS																																											
DEPRECIACION D: (V-VI) / Vv = 14'921,638.00 / 6,000	COSTO																																										
INVERSION I: (M+V) II / 2Hd = 18'237,630.00 x 0.12 / 2 x 1,500	2,287.00																																										
SEGUROS S: (M+V) K / 2Hd = 18'237,630.00 x 0.02 / 2 x 1,500	730.00																																										
ALMACENAJE A: K x D = 0.07 x 2,487.00	122.00																																										
MANTENIMIENTO T: O x D = 0.75 x 2,487.00	174.00																																										
	1,865.00																																										
	SUMA \$ 5,378.00																																										
CONSUMOS																																											
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>COMBUSTIBLE</th> <th>UNIDAD</th> <th>H.P.</th> <th>M. DIESEL</th> <th>M. GASOL</th> <th>CANT.</th> <th>COSTO U.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>GA SOLINA</td> <td>LITRO</td> <td></td> <td></td> <td>0.0803</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>DIESEL</td> <td>LITRO</td> <td></td> <td>0.1000</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>ACEITE DE MOTOR</td> <td>LITRO</td> <td></td> <td>0.0034</td> <td>0.0023</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="6">OTRAS FUENTES ENER.</td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="6" style="text-align: right;">SUMA</td> <td>\$</td> </tr> </tbody> </table>	COMBUSTIBLE	UNIDAD	H.P.	M. DIESEL	M. GASOL	CANT.	COSTO U.	GA SOLINA	LITRO			0.0803			DIESEL	LITRO		0.1000				ACEITE DE MOTOR	LITRO		0.0034	0.0023			OTRAS FUENTES ENER.							SUMA						\$	
COMBUSTIBLE	UNIDAD	H.P.	M. DIESEL	M. GASOL	CANT.	COSTO U.																																					
GA SOLINA	LITRO			0.0803																																							
DIESEL	LITRO		0.1000																																								
ACEITE DE MOTOR	LITRO		0.0034	0.0023																																							
OTRAS FUENTES ENER.																																											
SUMA						\$																																					
LLANTAS																																											
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>MEDIDAS</th> <th>UNIDAD</th> <th>COSTOS UNITARIOS</th> <th>SUMAS</th> <th>NUM. DE PIEZAS</th> <th>IMPORTE</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="5" style="text-align: right;">SUMA</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	MEDIDAS	UNIDAD	COSTOS UNITARIOS	SUMAS	NUM. DE PIEZAS	IMPORTE																			SUMA																		
MEDIDAS	UNIDAD	COSTOS UNITARIOS	SUMAS	NUM. DE PIEZAS	IMPORTE																																						
SUMA																																											
CARGO POR LLANTAS : S / (M/LL) S / HRS.		SUMA \$																																									
OTROS ELEMENTOS (PIEZAS ESPECIALES)																																											
CARGO OTROS ELEMENTOS \$ 7'221,280.00 / 1,500 (HVP)		SUMA \$ 4,814.00																																									
CATEGORIAS																																											
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>S. NOMINAL</th> <th>S. REAL</th> <th>CANTIDAD</th> <th>IMPORTE</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>01 OPERADOR</td> <td>28,075.00</td> <td>1</td> <td>28,075.00</td> </tr> <tr> <td>DI</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>CI</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="3" style="text-align: right;">SUMA So =</td> <td>\$ 28,075.00</td> </tr> </tbody> </table>	S. NOMINAL	S. REAL	CANTIDAD	IMPORTE	01 OPERADOR	28,075.00	1	28,075.00	DI				CI				SUMA So =			\$ 28,075.00																							
S. NOMINAL	S. REAL	CANTIDAD	IMPORTE																																								
01 OPERADOR	28,075.00	1	28,075.00																																								
DI																																											
CI																																											
SUMA So =			\$ 28,075.00																																								
S : So / H = 28,075.00 / 10																																											
	SUMA \$	2,808.00																																									
COSTOS DIRECTOS POR HORA		ACTIVA \$ 13,000.00																																									
		INACTIVA \$ 8,186.00																																									

ANALISIS DE COSTO HORA MAQUINA

DESCRIPCION DE LA MAQUINA BOMBA PARA LODOS DE 4" DE DIAMETRO.	EXCAVACION DE TUNEL DE 6.24M. DE DIAMETRO JULIO DE 1989					
DATOS GENERALES						
(Pm) PRECIO DE LA MAQUINA \$ <u>12,822,948.00</u> (K) PRIMA DE SEGURO <u>2.00</u> % ANUAL (M) VALOR DE LAS LLANTAS \$ <u>---</u> (Kd) FACTOR DE ALMACENAJE <u>7.00</u> % (Q) VALOR PIEZAS ESPECIALES \$ <u>---</u> (O) MANTENIMIENTO MAYOR Y MENOR <u>80</u> % (H) VALOR DE ADQUISICION \$ <u>12,822,948.00</u> (Hp) MOTOR <u>---</u> DE <u>---</u> HP. (Hv) VALOR DE RESCATE 10% Pm \$ <u>1,282,295.00</u> (Hvll) VIDUA DE LAS LLANTAS <u>---</u> HORAS (Vd) VALOR A DEPRECIAR \$ <u>11,540,653.00</u> (Hvpe) VIDUA DE LAS PIEZAS ESPE. <u>---</u> HORAS (Ve) VIDUA ECONOMICA <u>6,000</u> HORAS (DILA) DIAS LABORADOS AL AÑO <u>299.33</u> DIAS (i) TASA DE INVERSION ANUAL <u>12</u> % (H) HORAS DE LA JORNADA <u>10</u> HORAS (Hh) HORAS EFECTIVAS POR AÑO <u>1,500</u> HORAS						
CARGOS FIJOS						
	COSTO					
DEPRECIACION $D = (Vd - Vv) / Ve = 11,540,653.00 / 6,000$	1,923.50					
INVERSION $I = (M + Vv) * i / 2 * Hh = 14,105,243.00 * 0.12 / 2 * 1,500$	554.00					
SEGUROS $S = (M + Vv) * s / 2 * Hh = 14,105,243.00 * 0.02 / 2 * 1,500$	94.00					
ALMACENAJE $A = Kd * D = 0.07 * 1,923.50$	135.00					
MANTENIMIENTO $T = Q * D = 0.80 * 1,923.50$	1,538.00					
SUMA	\$ 4,254.00					
CONSUMOS						
COMBUSTIBLE	UNIDAD	H.P.	M. DIESEL	M. GASOL	CANT.	COSTO U.
GASOLINA	LITRO			0.0803		
DIESEL	LITRO		0.1000			
ACEITE DE MOTOR	LITRO		0.0034	0.0023		
OTRAS FUENTES ENER.						
SUMA						\$
LLANTAS						
MEDIDA S	CONVEX	CONCAV	SUMA	NUM. DE PIEZAS	IMPORTE	
SUMA						
CARGO POR LLANTAS = \$ / (Hvll) HRS.		SUMA \$				
OTROS ELEMENTOS (PIEZAS ESPECIALES)						
CARGO OTROS ELEMENTOS \$ / (Hvpe)		SUMA \$				
CATEGORIAS						
CATEGORIAS	S. NOMINAL	S. REAL	CANTIDAD	IMPORTE		
(a) OPERADOR		28,075.00	1	28,075.00		
(b)						
(c)						
SUMA				\$ 28,075.00		
CARGOS $S = S0 / H = 28,075.00 / 10$		SUMA \$				
COSTOS DIRECTOS POR HORA		SUMA \$				
		ACTIVA \$ 7,062.00				
		INACTIVA \$ 7,062.00				

ANALISIS DE COSTO HORA MAQUINA

DESCRIPCION DE LA MAQUINA BOLBA SUMERGIBLE PARA LDCDS DE 8" DE DIAMETRO.	EXCAVACION DE TUNEL DE 6.24M. DE DIAMETRO. JULIO DE 1989
DATOS GENERALES	
(Pm) PRECIO DE LA MAQUINA \$ 37'200,000.00 (K) PRIMA DE SEGURO 2.00 % ANUAL (ML) VALOR DE LAS LLANTAS \$ -- (Kd) FACTOR DE ALMACENAJE 7.00 % (Vp) VALOR PIEZAS ESPECIALES \$ -- (Q) MANTENIMIENTO MAYOR Y MENOR 50 % (Vg) VALOR DE ADQUISICION \$ 37'200,000.00 (Hp) MOTOR -- DE -- HP. (Vr) VALOR DE RESCATE 10% Pm \$ 3'720,000.00 (HVLL) VIDA DE LAS LLANTAS -- HORAS (Vd) VALOR A DEPRECIAR \$ 33'480,000.00 (HVpe) VIDA DE LAS PIEZAS ESPE. -- HORAS (Vb) VIDA ECONOMICA 6,000 HORAS (DILA) DIAS LABORADOS AL AÑO 299.33 DIAS (I) TASA DE INVERSION ANUAL 12 % (H) HORAS DE LA JORNADA 10 HORAS (IH) HORAS EFECTIVAS POR AÑO 1,500 HORAS	

CARGOS FIJOS	COSTO
DEPRECIACION $D = (Vd - Vr) / Vb = 33'480,000.00 / 6,000$	5,580.00
INVERSION $I = (M + V) / 2 \times H = 40'920,000.00 \times 0.12 / 2 \times 1,500$	1,637.00
SEGUROS $S = (M + Vr) \times 2 / H = 40'920,000.00 \times 0.02 / 2 \times 1,500$	273.00
ALMACENAJE $A = K \times D = 0.07 \times 5,580.00$	391.00
MANTENIMIENTO $T = Q \times D = 0.50 \times 5,580.00$	4,464.00
SUMA	\$ 12,345.00

CONSUMOS						
COMBUSTIBLE	UNIDAD	H.P.	M. DIESEL	M. GASOL	CANT.	COSTO U.
GASOLINA	LITRO			0.0903		
DIESEL	LITRO		0.1000			
ACEITE DE MOTOR	LITRO		0.0034	0.0023		
OTRAS FUENTES ENER.						
SUMA						\$

LLANTAS						
MEDIDAS	COSTOS UNITARIOS			NUM. DE PIEZAS	IMPORTE	
	LLANTA	CAMERA	TRCERATA	SUMA		
SUMA						

CARGO POR LLANTAS: \$ / (HVLL)	HRS.	SUMA
OTROS ELEMENTOS (PIEZAS ESPECIALES)		

CARGO OTROS ELEMENTOS \$	(HVpe)	SUMA
--------------------------	--------	-------------

CATEGORIAS	S. NOMINAL	S. REAL	CANTIDAD	IMPORTE
(a)				
(b)				
(c)				
SUMA				\$

CARGOS	SUMA
\$: \$0 / H :	
SUMA	
ACTIVA	\$ 12,345.00
INACTIVA	\$ 12,345.00

COSTOS DIRECTOS POR HORA

ANALISIS DE COSTO HORA MAQUINA

DESCRIPCION DE LA MAQUINA TRUCK PARA DOVELAS DE 30"		EXCAVACION DE TUNEL DE 6.24M. DE DIAMETRO JULIO DE 1989	
DATOS GENERALES			
IPm) PRECIO DE LA MAQUINA	\$ 19'200,000.00 (s)	PRIMA DE SEGURO	2,00 % ANUAL
MLL) VALOR DE LAS LLANTAS	\$ -- (M)	FACTOR DE ALMACENAJE	7,00 %
IVpe) VALOR PIEZAS ESPECIALES	\$ -- (O)	MANTENIMIENTO MAYOR Y MENOR	75 %
IVa) VALOR DE ADQUISICION	\$ 19'200,000.00 (H)	MOTOR	-- DE -- HP.
IVr) VALOR DE RESCATE 20% Pm	\$ 3'840,000.00 (HVL)	VIDA DE LAS LLANTAS	-- HORAS
IVd) VALOR A DEPRECIAR	\$ 15'360,000.00 (HVpe)	VIDA DE LAS PIEZAS ESPE.	-- HORAS
IVe) VIDA ECONOMICA 10,000	HORAS (DILA)	DIAS LABORADOS AL AÑO	299,33 DIAS
(I) TASA DE INVERSION ANUAL 12%	(H)	HORAS DE LA JORNADA	10 HORAS
(IH) HORAS EFECTIVAS POR AÑO	2,000 HORAS		
CARGOS FIJOS			COSTO
DEPRECIACION	$D = (IVa - IVr) / Ve = 15'360,000.00 / 10,000$		1,536.00
INVERSION	$I = (IVa + IVr) / 2 \cdot H = 23'040,000.00 \times 0.12 / 2 \times 2,000$		691.00
SEGUROS	$S = (IVa + IVr) \cdot K / 2 \cdot H = 23'040,000.00 \times 0.02 / 2 \times 2,000$		115.00
ALMACENAJE	$A = K \cdot D = 0.07 \times 1,536.00$		108.00
MANTENIMIENTO	$T = Q \cdot D = 0.50 \times 1,536.00$		768.00
SUMA			\$ 3,218.00
CONSUMOS			
COMBUSTIBLE	UNIDAD	H.P.	M. DIESEL / M. GASOL
GASOLINA	LITRO		0.0803
DIESEL	LITRO		0.1000
ACEITE DE MOTOR	LITRO		0.0034 / 0.0023
OTRAS FUENTES ENER.			
SUMA			\$
LLANTAS			
MEDIDAS	LLANTA	CANTIDAD	NUM. DE PIEZAS
SUMA			\$
CARGO POR LLANTAS	$S / (H \cdot VLL) =$	HRS.	SUMA \$
OTROS ELEMENTOS (PIEZAS ESPECIALES)			
CARGO OTROS ELEMENTOS	\$ /	(HVpe)	SUMA \$
CATEGORIAS	S. NOMINAL	S. REAL	CANTIDAD IMPORTE
a)			
b)			
c)			
CARGOS	SUMA \$ = \$		
$S = S_0 / H =$			SUMA \$
COSTOS DIRECTOS POR HORA			ACTIVA \$ 3,218.00
			INACTIVA \$ 3,218.00

ANALISIS DE COSTO HORA MAQUINA

DESCRIPCION DE LA MAQUINA CARRO DE INYECCION	EXCAVACION DE TUNEL DE 6.24M DE DIAMETRO JULIO DE 1989						
DATOS GENERALES							
(Pm) PRECIO DE LA MAQUINA \$ 24'640,000.00 (S)	PRIMA DE SEGURO 2.00 % ANUAL						
(ML) VALOR DE LAS LLANTAS \$ -- (H)	FACTOR DE ALMACENAJE 7.00 %						
(Vp) VALOR DE PIEZAS ESPECIALES \$ -- (Q)	MANTENIMIENTO MAYOR Y MENOR 50 %						
(Va) VALOR DE ADQUISICION \$ 24'640,000.00 (H)	MOTOR -- DE -- HP.						
(Vr) VALOR DE RESCATE 20% Pm \$ 4'928,000.00 (H)	VIDA DE LAS LLANTAS -- HORAS						
(Vd) VALOR A DEPRECIAR \$ 19'712,000.00 (H)	VIDA DE LAS PIEZAS ESPE. -- HORAS						
(Vv) Vida ECONOMICA 10,000 HORAS	(DILA) DIAS LABORADOS AL AÑO 299.33 DIAS						
(I) TASA DE INVERSION ANUAL 12 %	(H) HORAS DE LA JORNADA 10 HORAS						
(Hh) HORAS EFECTIVAS POR AÑO 2,000 HORAS							
CARGOS FIJOS							
DEPRECIACION $D = (Vd - Vr) / Vv = 19'712,000.00 / 10,000$	1,971.00						
INVERSION $I = (Va + Vr) * i / 2 * H = 29'568,000.00 * 0.12 / 2 * 2,000$	887.00						
SEGUROS $S = (M + Vp) * k / 2 * H = 29'568,000.00 * 0.02 / 2 * 2,000$	148.00						
ALMACENAJE $A = K * D = 0.07 * 1,971.00$	138.00						
MANTENIMIENTO $T = Q * D = 0.50 * 1,971.00$	986.00						
SUMA \$ 4,130.00							
CONSUMOS							
COMBUSTIBLE	UNIDAD	H. P.	M. DIESEL	M. GASOL	CANT.	COSTO U.	
GASOLINA	LITRO			0.0603			
DIESEL	LITRO		0.1000				
ACEITE DE MOTOR	LITRO		0.0034	0.0023			
OTRAS FUENTES ENER.							
SUMA \$							
LLANTAS							
MEDIDAS	LLANTA	COSTO UNIDAD	CANTIDAD	SUMA	NUM. DE PIEZAS	IMPORTE	
SUMA							
CARGO POR LLANTAS = $S / (H * V) = S$ /						HRS.	SUMA \$
OTROS ELEMENTOS (PIEZAS ESPECIALES)							
CARGO OTROS ELEMENTOS \$ / (H * V) = S							
SUMA \$							
CATEGORIAS	S. NOMINAL	S. REAL	CANTIDAD	IMPORTE			
a) OPERADOR		28,075.00	1	28,075.00			
b)							
c)							
CARGOS				SUMA So = \$ 28,075.00			
$S = So / H = 28,075.00 / 10$							
SUMA \$						2,808.00	
ACTIVA \$						6,938.00	
INACTIVA \$						6,938.00	

ANALISIS DE COSTO HORA MAQUINA

DESCRIPCION DE LA MAQUINA	EXCAVACION DE TUNEL DE 6.24M DE DIAMETRO
VENTILADOR DE 36" DE DIAMETRO	JULIO DE 1989

DATOS GENERALES	
(Pm) VALOR DE LA MAQUINA \$ 9'000,000.00 (s)	PRIMA DE SEGURO 2,00 % ANUAL
(ML) VALOR DE LAS LLANTAS \$ --- (M)	FACTOR DE ALMACENAJE 7,00 %
(Vpe) VALOR PIEZAS ESPECIALES \$ --- (Q)	MANTENIMIENTO MAYOR Y MENOR 75 %
(Vd) VALOR DE ADQUISICION \$ 9'000,000.00 (H)	MOTOR --- DE --- HP.
(Vr) VALOR DE RESCATE 10% Pm \$ 900,000.00 (Hvll)	VIDA DE LAS LLANTAS --- HORAS
(Vd) VALOR A DEPRECIAR \$ 8'100,000.00 (Hvpe)	VIDA DE LAS PIEZAS ESPE. --- HORAS
(Vv) Vida ECONOMICA 6,000.00 HORAS	(DILA) DIAS LABORADOS AL AÑO 299,33 DIAS
(I) TASA DE INVERSION ANUAL 12 %	(H) HORAS DE LA JORNADA 10 HORAS
(Hh) HORAS EFECTIVAS POR AÑO 1,500 HORAS	

CARGOS FIJOS	COSTO
DEPRECIACION D: (Vd-Vr) / Vv = 8'100,000.00 / 6,000	1,350.00
INVERSION I: (Vd+Vr) H / 2 H = 9'900,000.00 x 0.12 / 2 x 1,500	196.00
SEGUROS S: (M+Vr) % / 2 H = 9'000,000.00 x 0.02 / 2 x 1,500	65.00
ALMACENAJE A: K x D = 7 x 1,350	95.00
MANTENIM. T: Q x D = 0.75 x 1,350	1,013.00
	SUMA \$ 2,920.00

CONSUMOS						
COMBUSTIBLE	UNIDAD	H.P.	M. DIESEL	M. GASOL	CANT.	COSTO U.
GASOLINA	LITRO		0.1000	0.0803		
DIESEL	LITRO					
ACE. MOTOR	LITRO		0.0034	0.0023		
OTRAS FUENTES ENER.						
						SUMA \$

LLANTAS						
MEDIDAS	COSTOS UNITARIOS			SUMA	NUM. DE PIEZAS	IMPORTE
	LLANTA	CAMARA	INFLATA			
					SUMA	
CARGO POR LLANTAS = S / (Hvll) x S					HRS.	SUMA \$

OTROS ELEMENTOS (PIEZAS ESPECIALES)		
CARGO OTROS ELEMENTOS \$	/	(Hvpe)
		SUMA \$

CATEGORIAS	S. NOMINAL	S. REAL	CANTIDAD	IMPORTE
(O)				
(D)				
(C)				
CARGOS	SUMA \$ = \$			

S = S0 / H =		SUMA \$
		ACTIVA \$ 2,920.00
COSTOS DIRECTOS POR HORA		INACTIVA \$ 2,920.00

ANALISIS DE COSTO HORA MAQUINA

DESCRIPCION DE LA MAQUINA	EXCAVACION DE TUNEL DE 6.24M. DE DIAMETRO
TEODOLITO WILD T-2	JULIO DE 1989

DATOS GENERALES	
IPM IPRECIO DE LA MAQUINA	\$ 39'477,870.00 () PRIMA DE SEGURO 2.00 % ANUAL
M.L. VALOR DE LAS LLANTAS	\$ -- (K) FACTOR DE ALMACENAJE 7.00 %
IVPE VALOR PIEZAS ESPECIALES	\$ -- (Q) MANTENIMIENTO MAYOR Y MENOR 75 %
IVQ VALOR DE ADQUISICION	\$ 39'477,870.00 (P) MOTOR -- DE -- HP.
IVR VALOR DE RESCATE 10% Pm	\$ 3'947,787.00 (HVL) VIDA DE LAS LLANTAS -- HORAS
IVD VALOR A DEPRECIAR	\$ 35'530,083.00 (HVPE) VIDA DE LAS PIEZAS ESPE. -- HORAS
AVD VIDA ECONOMICA 10,000 HORAS	(DILA) DIAS LABORADOS AL AÑO 299.33 DIAS
(I) TASA DE INVERSION ANUAL 12 %	(H) HORAS DE LA JORNADA 10 HORAS
(HQ) HORAS EFECTIVAS POR AÑO 2,000 HORAS	

CARGOS FIJOS	COSTO
DEPRECIACION $D = (VQ - VR) / VA = 35'530,083.00 / 10,000$	3,553.00
INVERSION $I = (M + V) * R / H = 43'425,657.00 * 0.12 / 2 * 2,000$	1,303.00
SEGUROS $S = (M + V) * R / H = 43'425,657.00 * 0.02 / 2 * 2,000$	217.00
ALMACENAJE $A = K * D = 0.07 * 3,553.00$	249.00
MANTENIMIENTO $T = Q * D = 0.75 * 3,553.00$	2,665.00
SUMA \$	7,987.00

CONSUMOS						
COMBUSTIBLE	UNIDAD	H. P.	M. DIESEL	M. GASOL	CANT.	COSTO U.
GASOLINA	LITRO			0.0803		
DIESEL	LITRO		0.1000			
ACEITE DE MOTOR	LITRO		0.0034	0.0023		
OTRAS FUENTES ENER.						
SUMA \$						

LLANTAS						
MEDIDAS	COSTOS UNITARIOS			SUMA	NUM. DE PIEZAS	IMPORTE
	LLANTA	CAJERA	OPERARA			
SUMA						

CARGO POR LLANTAS = $S / (HVL) * S$	HRS.	SUMA \$
OTROS ELEMENTOS (PIEZAS ESPECIALES)		

CARGO OTROS ELEMENTOS \$	(HVPE)	SUMA \$
--------------------------	--------	----------------

CATEGORIAS	S. NOMINAL	S. REAL	CANTIDAD	IMPORTE
(Q)				
(D)				
(C)				

CARGOS SUMA \$ = \$

$S = S_0 / H =$ _____

	SUMA \$
	ACTIVA \$ 7,987.00
	INACTIVA \$ 7,987.00

COSTOS DIRECTOS POR HORA

ANALISIS DE COSTO HORA MAQUINA

DESCRIPCION DE LA MAQUINA OCULAR LASER GL-02	EXCAVACION DE TUNEL DE 6.24M. DE DIAMETRO JULIO DE 1989																																										
DATOS GENERALES																																											
IPm IPRECIO DE LA MAQUINA \$ 34'649,739.00 (s)	PRIMA DE SEGURO 2.00 % ANUAL																																										
MLL IVALOR DE LAS LLANTAS \$ --- (kd)	FACTOR DE ALMACENAJE 7.00 %																																										
IVpe IVALOR PIEZAS ESPECIALES \$ --- (Q)	MANTENIMIENTO MAYOR Y MENOR 75 %																																										
IVa IVALOR DE ADQUISICION \$ 34'649,739.00 (hp)	MOTOR --- DE --- HP.																																										
Vr IVALOR DE RESCATE 10% Pm \$ --- (HVL)	VIDA DE LAS LLANTAS --- HORAS																																										
Vd IVALOR A DEPRECIAR \$ 31'184,765.00 (HVpe)	VIDA DE LAS PIEZAS ESPE. --- HORAS																																										
M IVIDA ECONOMICA 8,000 HORAS (IDILA)	DIAS LABORADOS AL AÑO 299.33 DIAS																																										
(I) TASA DE INVERSION ANUAL 12 % (I H)	HORAS DE LA JORNADA 10 HORAS																																										
(IH) HORAS EFECTIVAS POR AÑO 2,000 HORAS																																											
CARGOS FIJOS																																											
DEPRECIACION D = (Vd - Vr) / Vm = 31'184,765.00 / 8,000	3,898.00																																										
INVERSION I = (M) + Vr / (2H) = 38'114,713.00 x 0.12 / (2 x 2,000)	2,143.00																																										
SEGUROS S = (M) + Vr / (2H) = 38'114,713.00 x 0.02 / (2 x 2,000)	191.00																																										
ALMACENAJE A = K * D = 0.07 x 3,898.00	273.00																																										
MANTENIMIENTO T = Q * D = 0.75 x 3,898.00	2,924.00																																										
SUMA \$ 8,429.00																																											
CONSUMOS																																											
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>COMBUSTIBLE</th> <th>UNIDAD</th> <th>H. P.</th> <th>M. DIESEL</th> <th>M. GASOL</th> <th>CANT.</th> <th>COSTO U.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>GASOLINA</td> <td>LITRO</td> <td></td> <td></td> <td>0.0603</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>DIESEL</td> <td>LITRO</td> <td></td> <td>0.1000</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>ACEITE DE MOTOR</td> <td>LITRO</td> <td></td> <td>0.0034</td> <td>0.0023</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>OTRAS FUENTES ENER.</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="6" style="text-align: right;">SUMA \$</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	COMBUSTIBLE	UNIDAD	H. P.	M. DIESEL	M. GASOL	CANT.	COSTO U.	GASOLINA	LITRO			0.0603			DIESEL	LITRO		0.1000				ACEITE DE MOTOR	LITRO		0.0034	0.0023			OTRAS FUENTES ENER.							SUMA \$							
COMBUSTIBLE	UNIDAD	H. P.	M. DIESEL	M. GASOL	CANT.	COSTO U.																																					
GASOLINA	LITRO			0.0603																																							
DIESEL	LITRO		0.1000																																								
ACEITE DE MOTOR	LITRO		0.0034	0.0023																																							
OTRAS FUENTES ENER.																																											
SUMA \$																																											
LLANTAS																																											
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>MEDIDAS</th> <th>LLANTA</th> <th>CANTIDAD</th> <th>UNIDADES</th> <th>SUMA</th> <th>NUM. DE PIEZAS</th> <th>IMPORTE</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="6" style="text-align: right;">SUMA</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	MEDIDAS	LLANTA	CANTIDAD	UNIDADES	SUMA	NUM. DE PIEZAS	IMPORTE								SUMA																												
MEDIDAS	LLANTA	CANTIDAD	UNIDADES	SUMA	NUM. DE PIEZAS	IMPORTE																																					
SUMA																																											
CARGO POR LLANTAS = S / (H/VL) S / HRS.		SUMA \$																																									
OTROS ELEMENTOS (PIEZAS ESPECIALES)																																											
CARGO OTROS ELEMENTOS S / (HVpe)		SUMA \$																																									
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>CATEGORIAS</th> <th>S. NOMINAL</th> <th>S. REAL</th> <th>CANTIDAD</th> <th>IMPORTE</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>a)</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>b)</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>c)</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>		CATEGORIAS	S. NOMINAL	S. REAL	CANTIDAD	IMPORTE	a)					b)					c)																										
CATEGORIAS	S. NOMINAL	S. REAL	CANTIDAD	IMPORTE																																							
a)																																											
b)																																											
c)																																											
CARGOS		SUMA \$																																									
S = S0 / H = _____																																											
SUMA \$																																											
COSTOS DIRECTOS POR HORA		ACTIVA \$ 8,429.00																																									
		INACTIVA \$ 8,429.00																																									

ANALISIS DE COSTO HORA MAQUINA

DESCRIPCION DE LA MAQUINA EXCAVACION DE TUNEL DE 6.24M. DE DIAMETRO

GIRCSCOPO GAK-1

JULIO DE 1989

DATOS GENERALES

(Pm) FRECUENCIA DE LA MAQUINA \$ 68'483,600.00 (H) PRIMA DE SEGURO 2.00 % ANUAL
 (ML) VALOR DE LAS LLANTAS \$ -- (K) FACTOR DE ALMACENAJE 7.00 %
 (Vp) VALOR PIEZAS ESPECIALES \$ -- (Q) MANTENIMIENTO MAYOR Y MENOR 75 %
 (V) VALOR DE ADQUISICION \$ 68'483,600.00 (P) MOTOR -- DE -- HP.
 (Vr) VALOR DE RESCATE 10% Pm \$ 6'848,360.00 (Hv) VIDA DE LAS LLANTAS -- HORAS
 (Vd) VALOR A DEPRECIAR \$ 61'635,240.00 (Hvp) VIDA DE LAS PIEZAS ESPE. -- HORAS
 (Vn) VIDA ECONOMICA 8,000 HORAS (DILA) DIAS LABORADOS AL AÑO 299.33 DIAS
 (I) TASA DE INVERSION ANUAL 12 % (H) HORAS DE LA JORNADA 10 HORAS
 (Hh) HORAS EFECTIVAS POR AÑO 2,000 HORAS

CARGOS FIJOS		COSTO
DEPRECIACION	$D = (Vd - Vr) / Vn = 61'635,240.00 / 8,000$	7,704.00
INVERSION	$I = (Vd + Vr) / 2H = 75'331,960.00 \times 0.12 / 2 \times 2,000$	2,260.00
SEGUROS	$S = (Vd - Vr) / 2H = 75'331,960.00 \times 0.02 / 2 \times 2,000$	377.00
ALMACENAJE	$A = K \cdot D = 0.07 \times 7,704.00$	539.00
MANTENIMIENTO	$T = Q \cdot D = 0.75 \times 7,704.00$	5,778.00
SUMA		\$ 16,658.00

CONSUMOS

COMBUSTIBLE	UNIDAD	H.P.	M. DIESEL	M. GASOL	CANT.	COSTO U.
GASOLINA	LITRO		0.1000	0.0603		
DIESEL	LITRO		0.1000			
ACEITE DE MOTOR	LITRO		0.0034	0.0023		
OTRAS FUENTES ENER.						
SUMA						\$

LLANTAS

MEDIDAS	COSTOS UNITARIOS		SUMA	NUM. DE PIEZAS	IMPORTE
	LLANTA	TRAMPA	ICEFALTA		
SUMA					

CARGO POR LLANTAS: \$ / (Hv) L/S / HRS. **SUMA** \$

OTROS ELEMENTOS (PIEZAS ESPECIALES)

CARGO OTROS ELEMENTOS \$ / (Hvp) **SUMA** \$

CATEGORIAS	S. NOMINAL	S. REAL	CANTIDAD	IMPORTE
a)				
b)				
c)				

CARGOS **SUMA** \$0 = \$

$S = S0 / H =$ _____

SUMA \$

COSTOS DIRECTOS POR HORA

ACTIVA \$ 16,658.00

INACTIVA \$ 16,658.00

ANALISIS DE COSTO HORA MAQUINA

DESCRIPCION DE LA MAQUINA NIVEL WILD NAK-2	EXCAVACION DE TUNEL DE 6.24M. DE DIAMETRO JULIO DE 1989
---	--

DATOS GENERALES	
(Pm) PRECIO DE LA MAQUINA \$ 7'227,990.00 (s)	(s) PRIMA DE SEGURO 2.00 % ANUAL
(ML) VALOR DE LAS LLANTAS \$ --- (M)	(M) FACTOR DE ALMACENAJE 7.00 %
(Vp) VALOR PIEZAS ESPECIALES \$ --- (O)	(O) MANTENIMIENTO MAYOR Y MENOR 75 %
(Va) VALOR DE ADQUISICION \$ 7'227,990.00 (H)	(H) MOTOR --- DE --- HP.
(Vr) VALOR DE RESCATE 19. Pm \$ 722,799.00 (HVL)	(HVL) VIDA DE LAS LLANTAS --- HORAS
(Vd) VALOR A DEPRECIAR \$ 6'505,191.00 (HVp)	(HVp) VIDA DE LAS PIEZAS ESPS. --- HORAS
(Ve) VIDA ECONOMICA 8,000 HORAS	(DILA) DIAS LABORADOS AL AÑO 299.33 DIAS
(i) TASA DE INVERSION ANUAL 12 %	(H) HORAS DE LA JORNADA 10 HORAS
(Ho) HORAS EFECTIVAS POR AÑO 2,000 HORAS	

CARGOS FIJOS	COSTO
DEPRECIACION D: (Va - Vr) / Ve = 6'505,191.00 / 8,000	813.00
INVERSION I: (M + Vr) * H / 2 Ho = 7'950,789.00 * 0.12 / 2 * 2,000	239.00
SEGUROS S: (M + Vr) * % / 2 Ho = 7'950,789.00 * 0.02 / 2 * 2,000	40.00
ALMACENAJE A: K * D = 0.07 * 813.00	57.00
MANTENIMIENTO T: O * D = 0.75 * 813.00	610.00
SUMA \$	1,759.00

CONSUMOS						
COMBUSTIBLE	UNIDAD	H. P.	M. DIESEL	M. GASOL	CANT.	COSTO U.
GASOLINA	LITRO			0.0603		
DIESEL	LITRO		0.1000			
ACEITE DE MOTOR	LITRO		0.0034	0.0023		
OTRAS FUENTES ENER.						
SUMA \$						

LLANTAS						
MEDIDAS	LLANTAS	CAMARAS	CORREAS	SUMA	NUM. DE PIEZAS	IMPORTE
SUMA						

CARGO POR LLANTAS = \$ / (HVL) S	HRS.	SUMA \$
OTROS ELEMENTOS (PIEZAS ESPECIALES)		

CARGO OTROS ELEMENTOS \$ /	(HVp) S	SUMA \$
----------------------------	---------	----------------

CATEGORIAS	S. NOMINAL	S. REAL	CANTIDAD	IMPORTE
a)				
b)				
c)				

CARGOS	SUMA \$	S
--------	---------	---

S = SO / H =		SUMA \$
--------------	--	----------------

COSTOS DIRECTOS POR HORA	ACTIVA \$	1,759.00
	INACTIVA \$	1,759.00

ANALISIS DE COSTO HORA MAQUINA

DESCRIPCION DE LA MAQUINA	EXCAVACION DE TUNEL DE 6.24M. DE DIAMETRO
DISTANCIOMETRO	JULIO DE 1989

DATOS GENERALES	
(Pm) FRECUENCIA DE LA MAQUINA	\$ 54'786,880.00 (s)
(M) VALOR DE LAS LLANTAS	\$ --- (K)
(Vp) VALOR PIEZAS ESPECIALES	\$ --- (Q)
(Vq) VALOR DE ADQUISICION	\$ 54'786,880.00 (Hp)
(Vr) VALOR DE RESCATE 0% Pm	\$ 54'786,880.00 (HvL)
(Vd) VALOR A DEPRECIAR	\$ 49'308,192.00 (Hvp)
(Vn) VIDA ECONOMICA 8,000 HORAS	(DILA) DIAS LABORADOS AL AÑO 299.33 DIAS
(I) TASA DE INVERSION ANUAL 12 %	(H) HORAS DE LA JORNADA 10 HORAS
(IH) HORAS EFECTIVAS POR AÑO 2,000 HORAS	
PRIMA DE SEGURO	2.00 % ANUAL
FACTOR DE ALMACENAJE	7.00 %
MANTENIMIENTO MAYOR Y MENOR	75 %
MOTOR	--- DE --- HP.
VIDA DE LAS LLANTAS	--- HORAS
VIDA DE LAS PIEZAS ESPECIALES	--- HORAS

CARGOS FIJOS	COSTO
DEPRECIACION $D = (Vd - Vr) / Vn = 49'308,192.00 / 8,000$	6,164.00
INVERSION $I = (M + Vr) * I / 2 * H = 60'265,568.00 * 0.12 / 2 * 2,000$	1,808.00
SEGUROS $S = (M + Vr) * S / 2 * H = 60'265,568.00 * 0.02 / 2 * 2,000$	301.00
ALMACENAJE $A = K * D = 0.07 * 6,164.00$	431.00
MANTENIMIENTO $T = Q * D = 0.75 * 6,164.00$	4,623.00
SUMA	\$ 13,327.00

CONSUMOS						
COMBUSTIBLE	UNIDAD	H. P.	M. DIESEL	M. GASOL	CANT.	COSTO U.
GASOLINA	LITRO		0.0803	0.0803		
DIESEL	LITRO		0.1000			
ACEITE DE MOTOR	LITRO		0.0034	0.0023		
OTRAS FUENTES ENER.						
SUMA						\$

LLANTAS						
MEDIDA S	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	UNIDADES	SUMA	NUM. DE PIEZAS	IMPORTE
SUMA						

CARGO POR LLANTAS : S / (HvL) S	/	HRS.	SUMA	\$
OTROS ELEMENTOS (PIEZAS ESPECIALES)				

CARGO OTROS ELEMENTOS \$	/	(Hvp)	SUMA	\$
--------------------------	---	-------	------	----

CATEGORIAS	S. NOMINAL	S. REAL	CANTIDAD	IMPORTE
a)				
b)				
c)				
SUMA				\$

CARGOS	S = So / H =		
		SUMA	\$
		ACTIVA	\$ 13,327.00
		INACTIVA	\$ 13,327.00

ANALISIS DE COSTO HORA MAQUINA

DESCRIPCION DE LA MAQUINA CARGADOR DE BATERIAS.	EXCAVACION DE TUNEL DE 6 24M. DE DIAMETRO JULIO DE 1989
--	--

DATOS GENERALES	
IPm IPRECO DE LA MAQUINA \$ 67'788,000.00 (s)	PRIMA DE SEGURO 2,00 % ANUAL
MLL VALOR DE LAS LLANTAS \$ -- (kg)	FACTOR DE ALMACENAJE 7,00 %
IVpe VALOR PIEZAS ESPECIALES \$ -- (Q)	MANTENIMIENTO MAYOR Y MENOR 60 %
IVq VALOR DE ADQUISICION \$ 67'788,000.00 (hp)	MOTOR -- DE -- HP.
IVr VALOR DE RESCATE 20% Pm \$ 13'557,600.00 (HVLL)	VIDA DE LAS LLANTAS -- HORAS
IVd VALOR A DEPRECIAR \$ 54'230,400.00 (HVpe)	VIDA DE LAS PIEZAS ESPE. -- HORAS
IVe VIDA ECONOMICA 8,000 HORAS	(DILA) DIAS LABORADOS AL AÑO 200,33 DIAS
(i) TASA DE INVERSION ANUAL 12 %	(H) HORAS DE LA JORNADA 10 HORAS
(Hd) HORAS EFECTIVAS POR AÑO 1,500 HORAS	

CARGOS FIJOS	COSTO
DEPRECIACION $D = (IVd - IVr) / Ve = 54'230,400.00 / 8,000$	6,779.00
INVERSION $I = (M + IVr) i / (2Hd) = 81'345,600.00 \times 0.12 / (2 \times 1,500)$	3,254.00
SEGURDS $S = (M + IVr) i_s / (2Hd) = 81'345,600.00 \times 0.02 / (2 \times 1,500)$	542.00
ALMACENAJE $A = K \cdot D = 0.07 \times 6,779.00$	475.00
MANTENIMIENTO $T = Q \cdot D = 0.60 \times 6,779.00$	4,067.00
SUMA \$	15,117.00

CONSUMOS						
COMBUSTIBLE	UNIDAD	H. P	M. DIESEL	M. GASOL	CANT.	COSTO U.
GASOLINA	LITRO			0.0003		
DIESEL	LITRO		0.1000			
ACEITE DE MOTOR	LITRO		0.0034	0.0023		
OTRAS FUENTES ENER.						
SUMA \$						

LLANTAS						
MEDIDAS	LLANTA	COSTO UNITARIO	LLANTA	SUMA	NUM DE PIEZAS	IMPORTE
SUMA						
CARGO POR LLANTAS = $S / (HVLL \cdot S)$			/		HRS.	SUMA \$
OTROS ELEMENTOS (PIEZAS ESPECIALES)						

CARGO OTROS ELEMENTOS \$			/		(HVpe)	SUMA \$
--------------------------	--	--	---	--	--------	----------------

CATEGORIAS	S. NOMINAL	S. REAL	CANTIDAD	IMPORTE
01				
02				
03				
SUMA \$				

CARGOS		SUMA \$ = \$	
S = So / H =			
		SUMA \$	
COSTOS DIRECTOS POR HORA		ACTIVA \$	15,117.00
		INACTIVA \$	15,117.00

ANALISIS DE COSTO HORA MAQUINA

DESCRIPCION DE LA MAQUINA	EXCAVACION DE TUNEL DE 6.24M DE DIAMETRO			
EQUIPO DE CORTE OXI-ACETILENO	JULIO DE 1989			
DATOS GENERALES				
(Pm) PRECIO DE LA MAQUINA	\$ 147,150.00 (s)	PRIMA DE SEGURO	2.00 % ANUAL	
(ML) VALOR DE LAS LLANTAS	\$ -- (ka)	FACTOR DE ALMACENAJE	7.00 %	
(Vpe) VALOR PIEZAS ESPECIALES	\$ -- (lq)	MANTENIMIENTO MAYOR Y MENOR	80 %	
(Va) VALOR DE ADQUISICION	\$ 147,150.00 (hp)	MOTOR	-- DE -- HP.	
(Vr) VALOR DE RESCATE 10% Pm	\$ 14,715.00 (hvll)	VIDA DE LAS LLANTAS	-- HORAS	
(Vd) VALOR A DEPRECIAR	\$ 132,435.00 (hvpe)	VIDA DE LAS PIEZAS ESPS.	-- HORAS	
(Vv) VIDA ECONOMICA 10,000 HORAS		(DILA) DIAS LABORADOS AL AÑO	299.33 DIAS	
(i) TASA DE INVERSION ANUAL 12 %		(H) HORAS DE LA JORNADA	10 HORAS	
(Hh) HORAS EFECTIVAS POR AÑO	2,010 HORAS			
CARGOS FIJOS			COSTO	
DEPRECIACION	$D = (Vd - Vr) / Vv = 132,435.00 / 10,000$		13.00	
INVERSION	$I = (Va + Vr) i / 2 Hh = 161,865.00 \times 0.12 / 2 \times 2,000$		5.00	
SEGUROS	$S = (Va + Vr) s / 2 Hh = 161,865.00 \times 0.02 / 2 \times 2,000$		1.00	
ALMACENAJE	$A = KQ \cdot D = 0.07 \times 13.00$		1.00	
MANTENIMIENTO	$T = Q \cdot D = 0.80 \times 13.00$		10.00	
			SUMA \$ 30.00	
CONSUMOS				
COMBUSTIBLE	UNIDAD	H.P.	M. DIESEL M. GASOL CANT. COSTO U.	
GA SOLINA	LITRO		0.0803	
DIESEL	LITRO		0.1000	
ACEITE DE MOTOR	LITRO		0.0034 0.0023	
OTRAS FUENTES ENER.				
			SUMA \$	
LLANTAS				
MEDIDA S	COSTOS UNITARIOS		NUM DE PIEZAS IMPORTE	
	LLANTA	CAMARA	SUMA	
			SUMA	
CARGO POR LLANTAS = S / (HVLLS) /			HRS. SUMA \$	
OTROS ELEMENTOS (PIEZAS ESPECIALES)				
CARGO OTROS ELEMENTOS \$ /			(HVpe) SUMA \$	
CATEGORIAS	S. NOMINAL	S. REAL	CANTIDAD IMPORTE	
a)				
b)				
c)				
CARGOS			SUMA So = \$	
S = So / H =				
			SUMA \$	
COSTOS DIRECTOS POR HORA			ACTIVA \$ 30.00	
			INACTIVA \$ 30.00	

ANALISIS DE COSTO HORA MAQUINA

DESCRIPCION DE LA MAQUINA EXCAVACION DE TUNEL DE 6.24M. DE DIAMETRO

SOLDADORA ELECTRICA DE 300 AMP.

JULIO DE 1989

DATOS GENERALES

IPM) PRECIO DE LA MAQUINA	\$ 981,000.00	(I) PRIMA DE SEGURO	2.00 % ANUAL
MLL) VALOR DE LAS LLANTAS	\$ ---	(II) FACTOR DE ALMACENAJE	7.00 %
IVpe) VALOR PIEZAS ESPECIALES	\$ ---	(IQ) MANTENIMIENTO MAYOR Y MENOR	80 %
IV) VALOR DE ADQUISICION	\$ 981,000.00	(IP) MOTOR	--- DE --- HP.
IVr) VALOR DE RESCATE (% Pm)	\$ 98,100.00	(IIVL) VIDA DE LAS LLANTAS	--- HORAS
IVd) VALOR A DEPRECIAR	\$ 882,900.00	(IIVpe) VIDA DE LAS PIEZAS ESPE.	--- HORAS
(V) VIDA ECONOMICA	10,000 HORAS	(IDILA) DIAS LABORADOS AL AÑO	299.33 DIAS
(I) TASA DE INVERSION ANUAL	12 %	(IH) HORAS DE LA JORNADA	10 HORAS
(IHO) HORAS EFECTIVAS POR AÑO	2,000 HORAS		

CARGOS FIJOS

			COSTO
DEPRECIACION	$D = (IVd - V_r) / V_e$	$882,900.00 / 10,000$	88.00
INVERSION	$I = (M + V_r) / (2 \cdot H)$	$1,079,100.00 \times 0.12 / (2 \times 2,000)$	32.00
SEGUROS	$S = (M + V_r) \times (I / 2 \cdot H)$	$1,079,100.00 \times 0.02 / (2 \times 2,000)$	5.00
ALMACENAJE	$A = K \cdot D$	0.07×88.00	6.00
MANTENIMIENTO	$T = Q \cdot D$	0.60×88.00	70.00
		SUMA	\$ 201.00

CONSUMOS

COMBUSTIBLE	UNIDAD	H.P.	M. DIESEL	M. GASOL	CANT.	COSTO U.
GASOLINA	LITRO			0.0803		
DIESEL	LITRO		0.1000			
ACEITE DE MOTOR	LITRO		0.0034	0.0023		
OTRAS FUENTES ENER.						
					SUMA	\$

LLANTAS

MEDIDAS	LLANTA	COSTO UNITARIO	CANTIDAD	SUMA	NUM. DE PIEZAS	IMPORTE
					SUMA	
					HRS.	SUMA \$
CARGO POR LLANTAS = S / (H/VLLES)						
OTROS ELEMENTOS (PIEZAS ESPECIALES)						

CARGO OTROS ELEMENTOS \$ / (H/Vpe) **SUMA \$**

CATEGORIAS	S. NOMINAL	S. REAL	CANTIDAD	IMPORTE
a) SOLDADOR		36,369.00	1	36,369.00
b) AYTE SOLDADOR		28,075.00	1	28,075.00
c)				
CARGOS			SUMA \$	64,444.00

$S = S_0 / H = 64,444.00 / 10$

	SUMA \$	6,444.00
COSTOS DIRECTOS POR HORA	ACTIVA \$	6,645.00
	INACTIVA \$	6,645.00

ANALISIS DE COSTO HORA MAQUINA

DESCRIPCION DE LA MAQUINA CAMION CON GRUA HIAB	EXCAVACION DE TUNEL DE 8.24M. DE DIAMETRO JULIO DE 1989
---	--

DATOS GENERALES	
(Pm) PRECIO DE LA MAQUINA \$ 104'536,294.00 (s)	PRIMA DE SEGURO 2,00 % ANUAL
M(L) VALOR DE LAS LLANTAS \$ 3'080,000.00 (kg)	FACTOR DE ALMACENAJE 7,00 %
(Vpe) VALOR PIEZAS ESPECIALES \$ -- (Q)	MANTENIMIENTO MAYOR Y MENOR 120 %
(Vd) VALOR DE ADQUISICION \$ 101'456,294.00 (hp)	MOTOR RS DE 210 HP.
(Vr) VALOR DE RESCATE 15% Pm \$ 15'218,444.00 (HVLL)	VIDA DE LAS LLANTAS 3,000 HORAS
(Vd) VALOR A DEPRECIAR \$ 86'237,850.00 (HVpe)	VIDA DE LAS PIEZAS ESPE. -- HORAS
(Ve) VIDA ECONOMICA 9,000 HORAS (DILA)	DIAS LABORADOS AL AÑO 299,33 DIAS
(i) TASA DE INVERSION ANUAL 12 % (H)	HORAS DE LA JORNADA 10 HORAS
(Hd) HORAS EFECTIVAS POR AÑO 2,000 HORAS	

CARGOS FIJOS	COSTO
DEPRECIACION $D = (Vd - Vr) / Ve = 86'237,850.00 / 9,000$	9,582.00
INVERSION $I = (Vd + Vr) \cdot i / 2 \cdot Hd = 116'674,738.00 \times 0.12 / 2 \times 2,000$	3,500.00
SEGUROS $S = (Vd + Vr) \cdot K / 2 \cdot Hd = 116'674,738.00 \times 0.02 / 2 \times 2,000$	583.00
ALMACENAJE $A = Kd \cdot D = 0.07 \times 9,582.00$	671.00
MANTENIMIENTO $T = Q \cdot D = 1.20 \times 9,582.00$	11,498.00
SUMA	\$ 25,834.00

CONSUMOS						
COMBUSTIBLE	UNIDAD	H.P.	M. DIESEL	M. GASOL	CANT.	COSTO U.
GASOLINA	LITRO			0.0803		
DIESEL	LITRO	210	0.1000		21.00	450.00
ACEITE DE MOTOR	LITRO	210	0.0034	0.0023	0.71	2,400.00
OTRAS FUENTES ENER.						
SUMA						\$ 11,154.00

LLANTAS						
MEDI DA S	UNIDAD	CANT.	PRECIO	SUMA	NUM DE PIEZAS	IMPORTE
10x20					10	38000.00
					SUMA	
CARGO POR LLANTAS = S / (HVLL) = 38000.00 / 3,000 HRS.					SUMA	\$ 1,267.00
OTROS ELEMENTOS (PIEZAS ESPECIALES)						

CARGO OTROS ELEMENTOS \$ /	(HVpe)	SUMA \$
----------------------------	--------	---------

CATEGORIAS	S. NOMINAL	S. REAL	CANTIDAD	IMPORTE
a)				
b)				
c)				

CARGOS	SUMA So \$	
--------	------------	--

S = So / H =		SUMA \$
--------------	--	---------

COSTOS DIRECTOS POR HORA		SUMA \$
	ACTIVA	\$ 38,015.00
	INACTIVA	\$ 25,834.00

C). COSTO DE MATERIALES

DESCRIPCION	UNIDAD	COSTO UNITARIO
A C E R O S :		
Placa de acero (diversos espesores)	Kg.	2,059.00
Ángulo de fierro de 2" x 1/4"	Kg.	2,059.00
Clavos de 2" a 4"	Kg.	2,122.00
Riel de 60 lb/yd	M.L.	96,714.00
Planchuela para riel de 60 lb/yd	Pza.	19,000.00
Clavo para vía de 9/16" x 5 1/2"	Pza.	1,750.00
Cable de acero de 3/4" de diámetro	M.L.	14,920.00
Cable de acero de 1/2" de diámetro	M.L.	8,758.00
Cable de acero de 5/8" de diámetro	M.L.	10,488.00
Cable de acero de 1" de diámetro	M.L.	25,717.00
Patesca de un hilo, de 20 ton de cap.	Pza.	2'140,000.00
M A T E R I A L E L E C T R I C O :		
Lámpara fluorescente de 2 x 74 W	Pza.	103,030.00
Bastidor para 7 aisladores	Pza.	20,313.00
Aislador tipo carrete	Pza.	5,100.00
Oreja para Bastidor	Pza.	10,834.00
Lámpara de cuarzo de 1500 W	Pza.	87,312.00
Filamento de 1500 W	Pza.	20,398.00
Cable para 600 V, cal. 12 THW	M.L.	929.00
Cable para 600 V, cal. 2/0 THW	M.L.	15,250.00
Cable uso rudo de 2 x 10	M.L.	2,351.00
Cinta de aislar No. 33	Pza.	5,520.00
Cinta vulcanizada para 2300 V	Pza.	5,520.00
M A D E R A S :		
Madera de pino de tercera	P.T.	1,911.00
Durmiente de 8" x 8" x 8 1/4 ft	Pza.	110,080.00
Tablón de 2" x 12" x 10 ft	Pza.	34,400.00
Disco metálico para sierra de 16" ø	Pza.	25,624.00

DESCRIPCION	UNIDAD	COSTO UNITARIO
M A T E R I A L D E S O L D A D U R A :		
Oxígeno (carga de 6 m ³)	Cga.	34,214.00
Acetileno (carga de 5.5 Kg.)	Cga.	108,431.00
Cable portaelectrodo de 1/0	M.L.	46,878.00
Portaelectrodo de 500 Amp.	Pza.	58,518.00
Manguera para oxígeno	M.L.	2,841.00
Manguera para acetileno	M.L.	2,841.00
A L B A Ñ I L E R I A :		
Cemento Tipo I	Ton.	165,000.00
Bentonita	Kg.	176.00
Arena sílica	m ³ .	24,000.00
V A L V U L A S Y C O N E X I O N E S :		
Válvula de compuerta de 6" ø	Pza.	837,152.00
Válvula de compuerta de 8" ø	Pza.	1'411,662.00
Válvula macho de 4" ø	Pza.	542,404.00
Válvula macho de 2" ø	Pza.	83,111.00
Válvula macho de 3/4" ø	Pza.	18,859.00
Conexión macho de 3/4" ø	Pza.	47,348.00
Conexión hembra de 3/4" ø	Pza.	47,348.00
Tee galvanizada de 2" ø	Pza.	23,214.00
Tuerca unión de 2" ø	Pza.	22,272.00
Niple galvanizado de 2" x 4"	Pza.	3,357.00
Niple vástago de 2" ø	Pza.	6,848.00
Niple vástago de 3/4" ø	Pza.	3,531.00
Niple vástago de 6" ø	Pza.	28,754.00
Niple Vástago de 8" ø	Pza.	40,660.00
Pichanca de 8" ø	Pza.	657,280.00
Pichanca de 4" ø	Pza.	140,245.00
Pichanca de 2" ø	Pza.	54,426.00
M A N G U E R A S :		
Manguera de succión de 4" ø	Tmo.	2'433,057.00
Manguera alta presión de 3/4" ø	Tmo.	846,402.00
Manguera alta presión de 2" ø	Tmo.	2'489,355.00
Manguera para lodos de 6" ø	Tmo.	412,710.00

DESCRIPCION	UNIDAD	COSTO UNITARIO
TORNILLERIA :		
Tornillo metálico para izaje de dovela	Pza.	187,250.00
Tornillo de 1 1/4" x 3" grado cinco -- con 2 roldanas y tuerca	Pza.	4,409.00
Tornillo de 5/8" x 3"	Pza.	1,731.00
Tornillo de 3/4" x 10" con 2 roldanas	Pza.	5,909.00
Tornillo de 7/8" x 3"	Pza.	3,977.00
JUNTAS Y EMPAQUES :		
Junta vitaulic de 6" ø	Pza.	96,300.00
Junta vitaulic de 8" ø	Pza.	160,500.00
Brida metálica de 6" ø	Pza.	86,156.00
Empaque de hule p/tornillo 1 1/4" ø	Pza.	253.00
Junta de hule de neopreno de 2 x 1 cm	M.L.	618.00
Tapón de plástico	Pza.	1,161.00
Empaque de 70 mm	Pza.	177.00
Cinta teflón de 3/4"	Pza.	13,375.00
TUBERIAS :		
Tubería de acero de 6" de ø	M.L.	83,198.00
Tubería de acero de 8" de ø	M.L.	128,101.00
Tubería de acero de 2" de ø	M.L.	13,288.00
Tubería de ventilación de 24" ø	M.L.	22,000.00
VARIOS :		
Grasa multilitio No. 2	Kg.	3,991.00
Cable manila de 3/4"	Kg.	4,039.00
Manómetro de 0.0 a 7.0 Kg/cm ²	Pza.	64,858.00
Tensor galvanizado de 1 1/2" x 12"	Pza.	409,357.00
Tensor galvanizado de 3/4" x 12"	Pza.	175,480.00
Nudo galvanizado de 3/4" ø	Pza.	15,831.00
Grillete galvanizado de 3/4" ø	Pza.	29,848.00
Gancho de ojillo de 5 Ton.	Pza.	171,200.00
Resistol 5000	Lto.	4,548.00
Pintura esmalte	Lto.	10,459.00
Thiner	Lto.	1,355.00

DESCRIPCION	UNIDAD	COSTO UNITARIO
Estopa	Kg.	2,500.00
Estadal de 4.0 m	Pza.	158,735.00
Baliza	Pza.	57,406.00
Flomada de 10 Oz	Pza.	37,771.00
Cinta metrica de 30.0 m	Pza.	167,265.00
Números fechadores	Jgo.	8,025.00
Tripie de madera	Pza.	2'216,024.00

D). PRECIO UNITARIO

I).- MANO DE OBRA

CONCEPTO	CANTIDAD	SAL. REAL	IMPORTE
a.-Tratamiento y manejo de lodos:			
Cabo "B"	0.5	38,326.00	19,163.00
Ayte. general	3.0	27,766.00	83,298.00
			<u>102,461.00</u>
b.-Excavación:			
Cabo especializado	1.0	51,864.00	51,864.00
			<u>51,864.00</u>
c.-Limpieza de carcamos:			
Cabo "B"	0.5	38,326.00	19,163.00
Ayte. general	5.0	27,766.00	138,830.00
			<u>157,993.00</u>
d.-Suministro e instalación de vías:			
Cabo "B"	2.0	38,326.00	76,652.00
Rielero	1.0	35,514.00	35,514.00
Carpintero	2.0	34,315.00	68,630.00
Ayte. general	2.0	27,766.00	55,532.00
			<u>236,328.00</u>
e.-Manteo:			
Cabo "B"	2.0	38,326.00	76,652.00
Maniobrista	6.0	30,689.00	184,134.00
Ayte. de maniobrista	6.0	27,532.00	165,192.00
Señalero	1.0	35,514.00	35,514.00
Ayte. general	1.0	27,766.00	27,766.00
			<u>489,258.00</u>
f.-Instalación eléctrica y alumbrado:			
Cabo "B"	1.0	38,326.00	38,326.00
Eléctricista	2.0	36,024.00	72,048.00
Ayte. de oficial calif.	2.0	28,075.00	56,150.00
			<u>166,524.00</u>

CONCEPTO	CANTIDAD	SAL. REAL	IMPORTE
g.-Tubería:			
Cabo "B"	1.0	38,326.00	38,326.00
Tubero	2.0	45,964.00	91,928.00
Pintor	1.0	37,280.00	37,280.00
Ayte. general	3.0	27,766.00	<u>83,298.00</u>
			250,832.00
h.-Inyección de contacto:			
Cabo especializado	1.0	51,864.00	51,864.00
Cabo "B"	1.0	38,326.00	38,326.00
Inyectista	3.0	36,534.00	109,602.00
Ayte. general	4.0	27,766.00	<u>111,064.00</u>
			310,856.00
i.-Topografía:			
Topógrafo	1.1	74,916.00	82,408.00
Aux. de topógrafo	1.1	30,234.00	33,257.00
Cadenero	3.1	29,296.00	<u>90,818.00</u>
			206,483.00
j.-Limpieza de túnel y lumbrera:			
Cabo "B"	1.0	38,326.00	38,326.00
Ayte. general	6.0	27,766.00	<u>166,596.00</u>
			204,922.00
k.-Bombeo:			
Ayte. de oficial calif.	3.0	28,075.00	<u>84,225.00</u>
			84,225.00

SUMA 2'261,746.00 / Tno.

HERRAMIENTA(3%) 67,852.00 / Tno.

Total 2'329,598.00 / Tno.

RENDIMIENTO = 14.00 M.L./Tno.

CARGO KANO DE OBRA = $\frac{2'329,598.00}{14.00 \text{ M.L./Tno.}}$ = 166,400.00 M.L.

II).-MATERIALES

CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	C. UNITARIO	IMPORTE
a.-Tratamiento y manejo de lodos:				
Pichancha de 8" ϕ	Pza.	0.002	657,280	1,315
Pichancha de 4" ϕ	Pza.	0.002	140,245	280
Pichancha de 2" ϕ	Pza.	0.002	54,426	109
Válvula de compuerta de 8" ϕ	Pza.	0.002	1'411,662	2,823
Válvula de compuerta de 6" ϕ	Pza.	0.002	837,152	1,674
Válvula macho de 4" ϕ	Pza.	0.006	542,404	3,254
Válvula macho de 2" ϕ	Pza.	0.002	83,111	<u>166</u>
				9,621
b.-Excavación:				
Cable de acero de 1" ϕ	M.L.	0.025	25,717	643
Tensor galv. 3/4"x12"	Pza.	0.012	175,480	2,106
Tensor galv. 1 1/2"x12"	Pza.	0.0012	409,357	491
Ángulo de 2" x 1/4"	Kg.	7.07	2,050	14,557
Soldadura 6018	Kg.	1.00	4,358	4,358
Oxígeno	Cga.	0.20	34,214	6,843
Acetileno	Cga.	0.10	108,431	10,843
Cable portaeléctrodo-1/0	M.L.	0.04	46,676	1,875
Portaeléctrodo de -- 500 Amp.	Pza.	0.02	58,518	1,170
Manguera para oxígeno	M.L.	0.04	2,841	114
Manguera p/acetileno	M.L.	0.04	2,841	<u>114</u>
				43,114
c.-Limpieza de carcamos:				
Cable manila de 3/4"	Kg.	0.15	4,039	606
Grillote galv. de 1"	Pza.	0.008	34,680	277
Cable de acero 5/8" ϕ	M.L.	0.375	10,488	3,933
Cable de acero 3/4" ϕ	M.L.	0.375	14,920	5,595
Nudo galv. de 5/8" ϕ	Pza.	0.025	13,193	330
Nudo galv. de 3/4" ϕ	Pza.	0.025	15,831	<u>396</u>
				11,137

CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	C. UNITARIO	IMPORTE
d.-Suministro e instalación de vías:				
Riel de 60 lb/yd	M.L.	2.119	96,714	204,937
Planchuela p/riel	Pza.	2.510	19,000	47,690
Tornillo de 5/8" x 3"	Pza.	5.020	1,731	8,690
Clavo para vía - - de 9/16" x 5 1/2"	Pza.	10.500	1,750	18,375
Durmiente de - - - 8" x 8" x 8 1/4 ft.	Pza.	2.000	110,080	220,160
Tablon de 2" x 12" x 10'	Pza.	1.030	34,400	35,432
Clavo de 4" c/cabeza	Kg.	0.086	2,122	182
Tornillo de 3/4" x 10" con 2 roldanas y tca.	Pza.	4.080	5,909	24,109
Disco metálico de 16" para sierra	Pza.	0.0067	25,624	<u>172</u>
				559,747
e.-Manteco:				
Grillete galv. 3/4" ø	Pza.	0.0083	29,848	248
Cable de acero 1/2" ø	M.L.	0.042	8,758	368
Gancho de ojillo de 5 Ton de capacidad	Pza.	0.002	171,200	342
Madera de tercera	P.T.	3.830	1,911	7,319
Cable de acero 3/4" ø	M.L.	0.170	14,920	2,536
Cable de acero 5/8" ø	M.L.	0.375	10,488	3,933
Cable manila 3/4" ø	Kg.	0.080	4,039	323
Junta de neopreno	M.L.	50.300	618	31,085
Fatesca de un hilo - de 20 Ton de cap.	Pza.	0.0008	2'140,000	1,691
Tornillo de 1 1/4" x 3" c/tuerca y roldana	Pza.	33.660	4,409	148,407
Empaque de hule de - 1 1/4" de ø	Pza.	67.320	253	17,032
Resistol 5000	Lto.	0.050	4,548	227
Tornillo para izaje- de dovelas	Pza.	0.005	187,250	<u>936</u>
				214,447

CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	C. UNITARIO	IMPORTE
f.-Instalación eléctrica y alumbrado:				
Lámpara fluorecente- 2 x 74 W	Pza.	0.021	103,030	2,164
Cable THW calibre 2/0	M.L.	4.120	15,250	62,830
Bastidor p/7 aisladores	Pza.	0.204	20,313	4,144
Aislador tipo carrete	Pza.	0.824	5,100	4,202
Cable THW calibre 12	M.L.	1.428	929	1,327
Cable uso rudo 2 x 10	M.L.	0.100	2,351	235
Cinta aislante vulc.	Pza.	0.019	5,520	105
Cinta de aislar # 33	Pza.	0.200	5,520	1,104
Creja p/bastidor	Pza.	0.408	10,834	4,420
Lámpara de cuarzo - de 1 500 W	Pza.	0.024	87,312	2,095
Filamento de 1 500 W	Pza.	0.104	20,398	2,121
				<u>84,747</u>
g.-Tuberías y acceso - p/manejo de lodos:				
Tubería de acero de- 6" ø	M.L.	1.000	83,198	83,198
Tubería de acero de- 8" ø	M.L.	1.000	128,101	128,101
Tubería de ventilación de 24" ø (lona)	M.L.	1.000	22,000	22,000
Junta vitaulic de -- 6" ø	Pza.	0.169	96,300	16,275
Junta vitaulic de -- 8" ø	Pza.	0.169	160,500	27,125
Manguera para lodos de 6" ø	M.L.	0.005	412,710	2,064
Niple vástago 6" ø	Pza.	0.0032	28,754	92
Niple vástago 8" ø	Pza.	0.0032	40,660	130
Pintura esmalte	Lto.	0.032	10,459	335
Thiner	Lto.	0.016	1,355	22
Válvula de compuerta de 6" ø	Pza.	0.008	837,152	6,697
Brida metálica 6" ø	Pza.	0.016	86,156	1,378

CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	C. UNITARIO	IMPORTE
Tornillo de 7/8"x3"	Pza	0.128	3,977	,509
Estopa	Kg.	0.083	2,500	208
Cambio de vía	Pza.	0.0079	3'731,555	<u>29,479</u>
				<u>317,613</u>
*h.-Inyección de contacto:				
Cemento	Ton	0.800	165,000	132,000
Arena silica	M ³	0.970	24,000	23,280
Bentonita	Kg.	200.00	176	35,200
Tapón de plástico	Pza.	6.12	1,161	7,105
Empaque de 70 mm	Pza.	6.18	177	1,094
Manómetro 0-7 Kg/cm ²	Pza.	0.027	64,858	1,751
Inserto para inyección	Pza.	0.010	40,125	401
Válvula macho de 2" ø	Pza.	0.040	83,111	3,324
Grasa multilitio	Kg.	0.050	3,991	200
Cinta teflón de 3/4"	Pza.	0.0066	13,375	88
Manguera A. P. de 2" ø	Tmo.	0.0029	2'489,355	7,219
Válvula macho de 4" ø	Pza.	0.0025	542,404	1,356
Tca. unión de 2" ø	Pza.	0.005	22,272	111
Válvula macho 3/4" ø	Pza.	0.004	18,859	<u>75</u>
				<u>213,204</u>
i.-Topografía:				
Estadal de 4 m.	Pza.	0.0012	158,735	190
Baliza	Pza.	0.0024	57,406	138
Plomada de 10 oz.	Pza.	0.0079	37,771	298
Cinta metrica de 30 m	Pza.	0.002	167,295	335
Pintura de esmalte	Lto.	0.0025	10,459	26
Thinner	Lto.	0.0012	1,355	2
Numeros fechadores	Jgo.	0.010	8,025	80
Tripie	Pza.	0.0012	2'216,024	<u>2,659</u>
				<u>3,728</u>
j.-Limpieza de túnel:				
Bacha de 1.0 m ³	Pza.	0.0048	3'210,000	15,408
Bote de rezaga	Pza.	0.0008	9'527,026	<u>7,622</u>
				<u>23,030</u>

CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	O.	UNITARIO	IMPORTE
k.-Bombeo:					
Tubería de 2" de ø	M.L.	2.00		13,288	26,576
con cople					
Placa de 1/2" de Esp.	Kg.	2.00		2,059	4,118
Tee galv. de 2" de ø	Pza.	0.040		23,214	929
Tca. unión de 2" de ø	Pza.	0.040		22,272	891
Válvula macho 2" de ø	Pza.	0.020		83,111	1,662
Niple de 2" x 4"	Pza.	0.060		3,357	201
Niple vástago 2" de ø	Pza.	0.020		6,848	137
Niple vástago 3/4" ø	Pza.	0.020		3,531	71
Reducción Bushing de 2" a 3/4" de ø	Pza.	0.020		12,846	257
Manguera A.P. de 3/4" de ø	Tmo.	0.006		846,402	5,078
Pichancha 4" de ø	Pza.	0.002		140,245	280
Manguera de 4" de ø	Tmo.	0.0011		2'433,057	2,676
Manguera de descarga de 4" de ø	Tmo.	0.0011		2'433,057	2,676
Válvula macho 3/4" ø	Pza.	0.020		18,859	377
Conexión macho 3/4" ø	Pza.	0.010		47,348	473
Conexión hembra 3/4" ø	Pza.	0.010		47,348	473
					<u>473</u>
					46,875

TOTAL : \$ 1'527,263.00 / M.L.

III).-MAQUINARIA ACTIVA

DESCRIPCION	CANT.	HRS.	COSTO/HR.	IMPORTE
A). Tratamiento y manejo de lodos:				
Bomba de 4" de ø	3	18.8	7,062	132,766
Bomba sumergible para lodos	2	2.7	12,345	33,332
Bomba ocelco de 2" de ø	1	7.4	3,939	29,149
Desarenadora caviem	1	6.0	30,990	185,940
Agitador vertical para lodos	4	9.5	3,066	<u>29,127</u>
				410,314
B). Excavación:				
Escudo cortador de 6.24 m ø	1	9.0	762,712	6'864,408
Planta de luz de 2500-Kw	1	1.0	272,456	272,456
Ventilador de 36" de ø	3	30.0	2,920	87,600
Soldadora de 300 Amp eléctrica	2	4.0	6,645	26,580
Equipo de corte	2	2.0	30	60
Elevador de personal	1	9.0	113,936	1'025,424
Truck para materiales	2	12.0	2,950	<u>35,400</u>
				8'311,928
C). Limpieza de carcamos				
Logotría HC-68	1	8.8	157,765	1'388,332
Almeja de 3/4 yd ³	1	8.8	6,242	54,930
Camión volteo P-600	3	27.3	31,751	<u>866,802</u>
				2'310,064
D). Suministro e instalación de vías:				
Sietra circular	1	2.0	4,239	<u>8,478</u>
				8,478

DESCRIPCION	CANT.	HRS.	COSTO/HR.	IMPORTE
E). Manteo:				
Grúa Hiab	1	8.5	38,015	323,128
Grúa pórtico	1	8.5	38,233	324,981
Locomotora eléctrica	2	16.0	118,753	1'900,048
Cargador de baterías	2	16.0	15,117	241,872
Truck de 30"	2	16.0	3,218	51,488
				<u>2'841,517</u>
F). Inyección de contacto:				
Planta dosificadora de inyección	1	2.4	15,872	38,093
Carre de lechada	1	2.2	6,938	15,264
Bomba moyno 3L-10	1	7.0	13,000	91,000
				<u>144,357</u>
G). Topografía:				
Teodolito Wild	1	4.2	7,987	33,545
Nivel Wild	1	3.9	1,759	6,860
Ocular lasser	1	4.2	8,429	35,402
Giroscopo	0.10	0.2	16,658	3,332
Distanciometro	0.10	0.2	13,327	2,665
				<u>81,804</u>
H). Bombeo:				
Compresor de 600 pcm	1	10.0	30,247	300,247
Bomba de vacío	3	15.0	13,505	202,575
Bomba de 4" ø	1	5.0	7,062	35,310
				<u>538,132</u>
			subtotal	14'646,594

RENDIMIENTO = 14.00 M.L./Tno.

$$\text{CARGO MAQUINARIA (ACTIVA)} = \frac{14'646,594.00}{14.00 \text{ M.L./Tno.}} = 1'046,185.00 \text{ M.L.}$$

IV).-MAQUINARIA INACTIVA

DESCRIPCION	CANT.	HRS.	COSTO/HR.	IMPORTE
A).Tratamiento y manejo de lodos:				
Bomba de 4" de ϕ	3	11.2	7,062	79,094
Bomba sumergible para lodos	2	17.3	12,345	213,569
Bomba ocelco 2" de ϕ	1	2.6	3,939	10,241
Desarenadora caviem	1	4.0	30,990	123,960
Agitador vertical para lodos	4	30.5	3,066	<u>93,513</u>
				520,377
B).Excavación:				
Escudo cortador de -- 6.24 m de ϕ	1	1.0	750,312	750,312
Planta de luz de ---- 2 500 Kw	1	9.0	166,136	1'495,224
Ventilador de 36" de ϕ	3	--	2,920	--
Soldadora eléctrica de 300 Amp	2	16.0	6,645	106,320
Equipo de corte	2	18.0	30	540
Elevador de personal	1	1.0	113,936	113,936
Truck para materiales	2	8.0	2,950	<u>23,600</u>
				2'489,932
C).Limpieza de carcamos:				
Motegrúa HC-68	1	1.2	157,765	189,318
Almeja de 3/4 Yd ³	1	1.2	6,242	7,490
Camión volteo P-600	3	2.7	24,344	<u>65,729</u>
				262,537
D).-Suministro e instalación de vias:				
Sierra circular	1	8.0	4,239	<u>33,912</u>
				33,912

DESCRIPCIÓN	CANT.	HRS.	COSTO/HR.	IMPORTE
E).Manteo:				
Grúa Hiab	1	1.5	38,015	57,023
Grúa Portico	1	1.5	38,233	57,350
Locomotora eléctrica	2	4.0	118,753	475,012
Cargador de baterías	2	4.0	15,117	60,468
Truck para dovelas de 30"	2	4.0	3,218	<u>12,872</u>
				662,725
F).Inyección de contacto:				
Planta dosificadora de inyección	1	7.6	15,872	120,627
Carro de lechada	1	7.8	6,938	54,116
Bomba moyno 3L-10	1	3.0	8,186	<u>24,558</u>
				199,301
G).Topografía:				
Teodolite Wild	1	5.8	7,987	46,325
Nivel Wild	1	6.1	1,759	10,730
Ocular laser	1	5.8	8,429	48,888
Giroscopio	0.1	0.8	16,658	13,326
Distanciómetro	0.1	0.8	13,327	<u>10,662</u>
				129,931
H).Bombeo:				
Compresor de 600 pcm	1	-	16,836	-
Bomba de vacío	3	15.0	13,505	202,575
Bomba de 4" de Ø	1	5.0	7,062	<u>35,310</u>
				237,885
			subtotal	4'536,600

RENDIMIENTO = 14.00 M.L./Tno.

CARGO MAQUINARIA = $\frac{4'536,600.00}{14.00 \text{ M.L./Tno.}}$ = 324,043.00 M.L.
(INACTIVA)

RESUMEN

I.-MANO DE OBRA	\$ 166,400.00 /M.L.
II.-MATERIALES	\$ 1'527,263.00 /M.L.
III.-MAQUINARIA ACTIVA	\$ 1'046,185.00 /M.L.
IV.-MAQUINARIA INACTIVA	\$ 324,043.00 /M.L.
COSTO DIRECTO	\$ 3'063,891.00 /M.L.
INDIRECTOS (20 %)	\$ 612,778.00 /M.L.
SUMA	\$ 3'676,669.00 /M.L.
UTILIDAD (11 %)	\$ 404,434.00 /M.L.
PRECIO UNITARIO	\$ 4'081,103.00 /M.L.

CAP. VIII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Debido a la necesidad de desalojar grandes volúmenes de aguas negras y pluviales de la Ciudad de México, se realizaron estudios exhaustivos para resolver este problema, con los cuales se elaboró un proyecto denominado Sistema de Drenaje Profundo, que consta de una serie de túneles alojados en su mayoría en la zona lacustre del Valle de México, en donde el suelo está constituido principalmente por limos, arenas, arcillas y combinaciones de estos, cuya resistencia al esfuerzo cortante es de baja a muy baja; y con un contenido de agua superior al 300 %.

Anteriormente, en la excavación de los túneles en suelos blandos, se utilizaba escudo de frente cerrado con el uso de aire comprimido, el cual ha tenido muchos problemas para continuar utilizándose este procedimiento, ya que se tienen muy bajos rendimientos y fundamentalmente en la afectación de la salud del personal por trabajar en condiciones diferentes a la atmosférica. Por este motivo se decidió utilizar el escudo de frente presurizado, dando buenos resultados como los que a continuación se mencionan:

- Mediante este sistema, la estabilidad del frente queda -

asegurada con la presión que se le aplica con la cabeza cortadora y la presión de lodos, y la del túnel con el ademe del revestimiento primario (dovelas).

- El triple sello colocado en el faldón del escudo evita la filtración de agua, lodo y merterero al túnel.

- Con el sistema de control automático se realiza una supervisión continua y oportuna de cada uno de los ciclos de excavación. Así mismo, el personal que se requiere es mínimo.

Con las experiencias obtenidas en la utilización del escudo de frente presurizado, se puede afirmar que:

- El uso de este sistema en la zona lacustre del valle de México, ha transformado sustancialmente todos los procedimientos para la excavación de túneles que se usaron anteriormente, siendo este el más completo, por contar con sistema mecanizado y computarizado.

- El continuo soporte del frente, aunado a una casi perfecta estanqueidad de los anillos y realizando la inyección de contacto justo cuando el anillo sale del faldón del escudo, han contribuido a que los asentamientos en superficie sean mínimos aun en los cruces con estructuras importantes.

- Con este sistema se han obtenido excelentes rendimientos, al inicio de la utilización de este sistema, contando con la asesoría extranjera se tuvo un promedio de 6 m/día en la excavación. Posteriormente sin la asesoría extranjera y gracias a la gran capacidad del personal técnico y a los trabajadores mexicanos, estos rendimientos se mejoraron llegando hasta 14.00 m/día en promedio.

Las desventajas que tiene este sistema son los siguientes:

- Difícil excavar cuando se encuentran obstáculos ajenos al terreno y boleos.
- Es necesario la planta de tratamiento de lodos relativamente compleja y costosa.
- Requiere de una sofisticada técnica de operación.

Por lo que se puede concluir que la utilización del Escudo de Frente Presurizado, constituye actualmente la mejor opción para la excavación de túneles en suelos blandos.

A manera de recomendaciones, proponemos los siguientes puntos de vista:

- El escudo de frente presurizado es recomendable utilizarlo solamente en suelos blandos, ya que en otro tipo de suelo como las consideradas firmes, este sistema no es adecuado por la alta densidad que provocaría el suelo y en consecuencia el flujo de lodo no podría efectuarse con las bombas del escudo.
- Es necesario tener una buena ventilación, para evitar que se afecte la salud del personal, con mayor razón cuando se utilice equipo que funcione a base de combustible.
- Es necesario que los operadores del equipo accesorio del escudo estén capacitados para interpretar todos los datos que proporcione el sistema computarizado, para saber tomar la decisión cuando se observe alguna anomalía.

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

Sociedad Mexicana de Mecánica de Suelos, A. C.
Túneles en Suelos Blandos y Firmes
México, Sociedad Mexicana de Mecánica de Suelos, 1A, Reimp.
1985, 306 pp.

Juárez Badillo y Rico Rodríguez
Mecánica de Suelos
México, Limusa, 2A Ed., 1A Reimp.
1980, 704 pp.

Marsal R. J. y M. Nazari
El Subsuelo de la Ciudad de México.
México, Instituto de Ingeniería U.N.A.M.
1959.

Túnel, S. A. de C. V.
Memoria Técnica de las Obras del Drenaje Profundo del D. F.
México, Túnel, S.A. de C.V.
1980

Okumura Machinery Corporation
Manual de Operación y Mantenimiento del Escudo Japonés
Japan, Okumura Machinery Corporation
1986.