



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES
A R A G O N

PROYECTO CONSTRUCCION Y COSTOS DEL
ACUEDUCTO PERIFERICO RAMAL SUR, TRAMO
LUMBRERA "CERO" AL "CARTERO"- LUMBRERA
"CERO" AL "BORRACHO". SISTEMA CUTZAMALA
SEGUNDA ETAPA

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO CIVIL
P R E S E N T A N:
JORGE TAVERA GARCIA
ROLANDO HERNANDEZ PEDROZA



San Juan de Aragón, Edo. de Méx.

1986



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 esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

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

Cin 58
Sist 29568



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES
ARAGON
DIRECCION

JORGE TAVERA GARCIA
P R E S E N T E .

En contestación a la solicitud de fecha 1^a de febrero del año en curso, presentada por Rolando Hernández Pedroza y usted, relativa a la autorización que se le debe conceder para que el señor profesor, Ing. FERNANDO OLIVERA BUSTAMANTE pueda dirigirles el trabajo de Tesis denominado " PROYECTO, CONSTRUCCION Y COSTOS DEL ACUEDUCTO PERIFERICO RAMAL SUR. TRAMO LUMBRERA 'O' AL 'CARTERO'-LUMBRERA 'O' AL 'BORRACHO'. SISTEMA CUTZAMALA SEGUNDA ETAPA ", con fundamento en el punto 6 y siguientes, del Reglamento para Exámenes Profesionales en esta Escuela, y toda vez que la documentación presentada por ustedes reúne los requisitos que establece el precitado Reglamento; me permito comunicarle que ha sido aprobada su solicitud.

Sin otro particular, aprovecho la ocasión para reiterar a usted las bondades de mi distinguida consideración.

ATENTAMENTE
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"
San Juan de Aragon, Edo. de Méx., febrero 6 de 1984.
EL DIRECTOR

LIC. SERGIO ROSAS ROMERO

c.c.p. Coordinación de Ingeniería (Civil).
Unidad Académica.
Departamento de Servicios Escolares.
Asesor de Tesis.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES
ARAGON
DIRECCION

ROLANDO HERNANDEZ PEDROZA
P R E S E N T E .

En contestación a la solicitud de fecha 1^o de febrero del año en curso, presentada por Jorge Tavera García y usted, relativa a la autorización que se le debe conceder para que el señor profesor, Ing. FERNANDO OLIVERA BUSTAMANTE pueda dirigirles el trabajo de Tesis denominado "PROYECTO, CONSTRUCCION Y COSTOS DEL ACUEDUCTO PERIFERICO RAMAL SUR. TRAMO LUMBRERA "O" AL 'CARTERO'-LUMBRERA 'O' AL 'BORRACHO'. SISTEMA CUT-ZAMALA SEGUNDA ETAPA ", con fundamento en el punto 6 y siguientes, del Reglamento para Exámenes Profesionales en esta Escuela, y toda vez que la documentación presentada por ustedes reúne los requisitos que establece el precitado Reglamento; me permito comunicarle que ha sido aprobada su solicitud.

Sin otro particular, aprovecho la ocasión para reiterar a usted las bondades de mi distinguida consideración.

ATENTAMENTE
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"
San Juan de Aragón, Edo. de Méx., febrero 6 de 1984.
EL DIRECTOR

LIC. SERGIO ROSAS ROMERO

c.c.p. Coordinación de Ingeniería (Civil).
Unidad Académica.
Departamento de Servicios Escolares.
Asesor de Tesis.

- C O N T E N I D O -

CAP .	T I T U L O .	P A G .
I . -	I N T R O D U C C I O N .	1
II . -	E X P L O R A C I O N G E O T E C N I C A .	7
III . -	O B T E N C I O N D E E S F U E R Z O S Y D E F O R M A C I O N E S .	48
IV . -	P R O Y E C T O .	76
V . -	P R O C E D I M I E N T O C O N S T R U C T I V O .	86
VI . -	I N S T R U M E N T A C I O N .	126
VII . -	I N S T A L A C I O N E S .	141
VIII . -	C O S T O S .	154
IX . -	C O N C L U S I O N E S .	193

INTRODUCCION

CAPITULO I

I N T R O D U C C I O N .

La necesidad de racionalizar el uso del agua para evitar que las actuales fuentes de abastecimiento sean insuficientes, es cada día más urgente. La Población Mundial crece continuamente y la demanda de agua para todos los usos (Doméstico, Industrial, Comercio y Servicios), aumenta considerablemente; éste problema se agrava sobre todo en las grandes urbes, como el Area Metropolitana del Valle de México.

El Distrito Federal tiene una superficie de 1,498 Km². y una población de 9.7 millones de habitantes, (censo 1980). Forma parte del Area Metropolitana de la Cd. de México, la cual alberga 14.5 millones de Seres Humanos.

Además de la presión que ejerce el crecimiento metropolitano sobre los recursos y servicios, las condiciones geográficas, hacen del Sistema Hidráulico de la Cd. de México, uno de los más complejos del mundo. La necesidad de reducir los perjuicios de la sobre-explotación de los acuíferos y de atender la demanda creciente de agua, implica en el futuro inmediato, traer el líquido desde distancias considerables y bombearlo hasta 1,000 M. de altura para hacerlo llegar a la Cd. de México. Al mismo tiempo, los asentamientos causados por la sobre-explotación del agua subterránea, hacen que éste tipo de obras sean cada día más difíciles y costosas.

En México, de acuerdo con los estudios de la Comisión del Plan Nacional -- Hidráulico, el volumen total que escurre por nuestros ríos y corrientes, es de 410 mil millones de metros cúbicos al año, y las aguas subterráneas existentes en el 73 por ciento del Territorio Nacional, suman 17 mil 400 millones de metros cúbicos, ambas, cifras invariables, las que deben satisfacer las necesidades -- presentes y futuras de la creciente población, de acuerdo con los planes de desarrollo y lineamiento que el progreso de México demanda.

El abastecimiento de agua en el Distrito Federal, se efectúa con agua subterránea proveniente de los acuíferos del Valle de México y de la Cuenca del -- Río Lerma. Una parte del volumen extraído, se utiliza para el riego agrícola y para el abastecimiento de los poblados localizados en la zona de influencia; -- otra se envía al Edo. de México, y el volumen restante se destina al Distrito -- Federal.

Una de las estrategias aprobadas por el Gobierno Federal para el manejo -- de los Recursos Hidráulicos, consiste en equilibrar la oferta y la demanda de -- agua, en función de la irregular distribución de la Población y del vital líqui-- do en nuestro País. Con base en ésta estrategia, se construye el Sistema Cutza-- mala, seleccionado entre otras obras factibles por ser la mejor solución para -- satisfacer la demanda de agua del Area Metropolitana, tomando en cuenta los fac-- tores técnicos, económicos, sociales y políticos.

Establecida la necesidad de la Construcción del Acueducto Periférico Ramal Sur, fue necesario ofrecer la garantía de su ejecución en el tiempo más adecua-- do posible, de manera tal, que su entrega satisficiera los requerimientos im--- puestos por la propia necesidad, con un margen de seguridad relativamente alto.

El Sistema Cutzamala consta de 3 etapas: La primera, captará 4 mil litros por segundo de la Presa Villa Victoria, que se complementarán con mil de la Pre-- sa Chilesdo, posteriormente, para totalizar 5 mil. La segunda etapa, captará 6-- mil litros por segundo de la Presa Valle de Bravo, y finalmente, la tercera to-- mará 8 mil del Vaso Colorines.

Estas tres etapas entrarán en operación en 1982, 1984 y 1985 respectivamen-- te.

Concluida la totalidad de la obra, se tendrá una dotación de agua potable--

para la Cd. de México de $19 \text{ M}^3/\text{Seg.}$; resolviéndose la exigencia de dotación --- presentada actualmente.

La construcción del Sistema Cutzamala, comprende 2 Presas derivadoras; 180 kilómetros de tubería de concreto presforzado de 2.50 metros de diámetro; 4.5 - kilómetros de tubería de acero de 3.10 metros de diámetro; 18 kilómetros de túneles de 4 metros de diámetro; 9 kilómetros de Canal cubierto; 120 kilómetros - de caminos de acceso y operación, una Planta Potabilizadora con capacidad para 24 metros cúbicos por segundo, 7 torres de oscilación, 5 tanques de sumergencia y 7 plantas de bombeo que elevarán el agua 1100 metros aproximadamente.

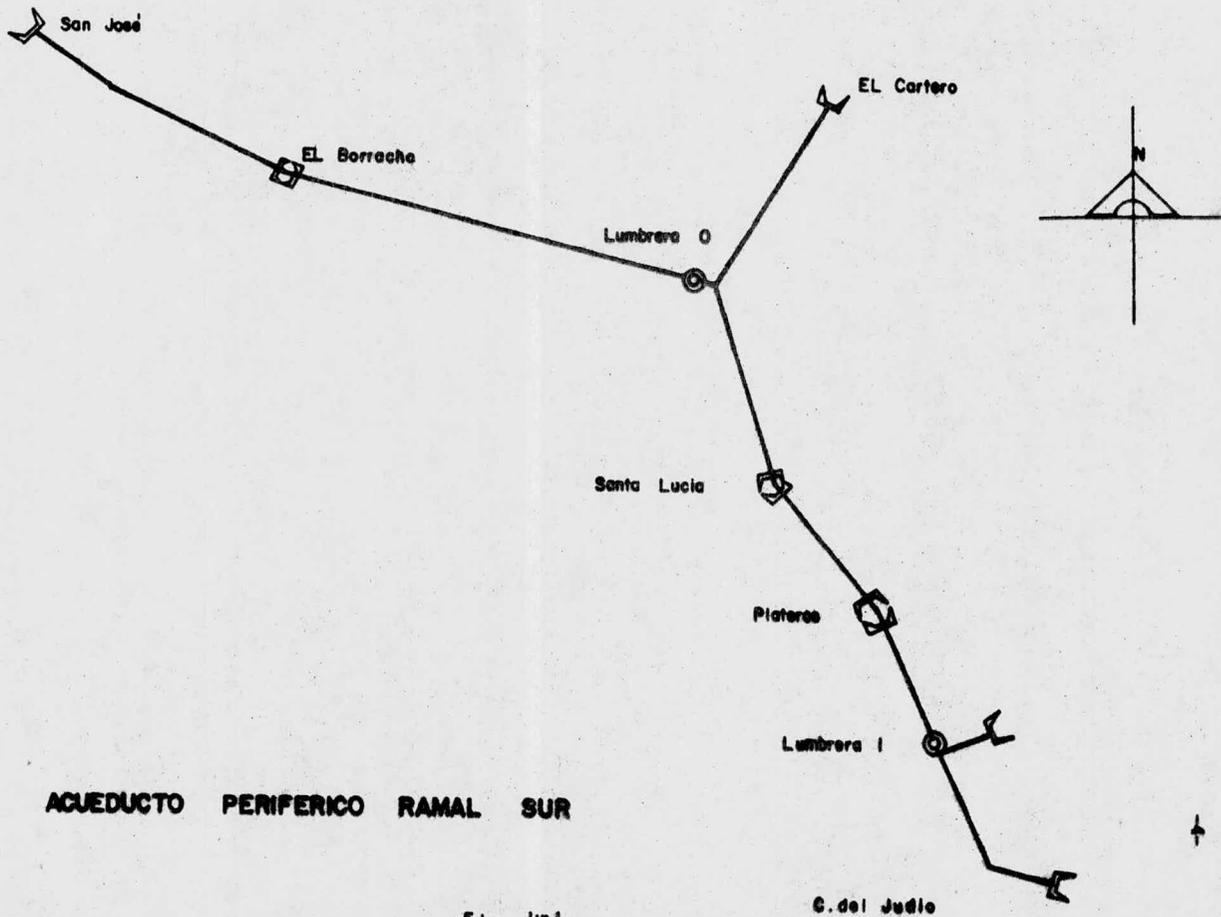
La segunda etapa, enfoque específico de éste estudio, está constituida de la manera siguiente: (Fig. 1 - 1).

El estudio que a continuación se presenta, se enfoca principalmente a los aspectos más generales del proyecto y construcción del túnel de la Lumbreira Cerro. al Borracho. y de la Lumbreira Cero al Cartero.

Esta etapa fue proyectada en su totalidad para ser construída por medio de túneles, debido a que el agua que se bombeará, llegará al Portal de San José - Analco, el que tiene una altitud de 2,600 MSNM, y, teniéndose, que la Cd. de México se encuentra a 2,242 MSNM, el agua suministrada llegará a su destino en ésta etapa, por medio de gravedad.

Debido a la extensión de la obra, el D.D.F. (Departamento del Distrito Federal); por medio de la D.G.C.O.H. (Dirección General de Construcción y Operación Hidráulica), convocó a un concurso, después del cual se contrataron cuatro constructoras y son las siguientes: DEIL, TUNEL. S.A., COTRISA Y NECAXA y tres - supervisoras: DIRAC, G.H.I. Y ECON, S.A.

La obra fue dividida en cuatro tramos: "San José - El Borracho", "El Borracho - El Cartero", "Crucero I - Plateros" y "Plateros - Cerro del Judío".



ACUEDUCTO PERIFERICO RAMAL SUR

Fig 1-1

Un punto importante dentro de este estudio, es la Exploración Geotécnica, la cual da una idea para aceptar, rechazar o modificar la línea de proyecto del túnel. En función de las características y propiedades mecánicas, tipo de material que se encontrará, profundidad y extensión, localización de zonas de falla, etc., obtenidos de los resultados de los sondeos de dichos estudios geotécnicos, además de un estudio socioeconómico de las zonas afectadas por el Proyecto.

Dependiendo de los resultados obtenidos con los estudios anteriormente descritos, se determinan analíticamente, los esfuerzos y deformaciones que se pudieran presentar a lo largo de la construcción del túnel, y los cuales establecen las secciones definitivas de proyecto.

En la descripción del proyecto, se expondrán las características físicas programadas que ya han sido determinadas, y son las siguientes: Material de excavación, tipo de sección, rendimientos de excavación, longitudes de tramo, características estructurales, etc.

Dentro del procedimiento constructivo, se definen particularmente los pasos específicos para la realización de cada actividad que se desarrolle dentro de la obra.

Para la determinación de deformaciones reales y comportamiento de la masarocosa, es necesaria la instalación de estaciones de medición que permiten la verificación de los resultados de proyecto, proporcionando los medios necesarios para una modificación oportuna, así como detectar situaciones indeseables.

Las instalaciones para la realización de la obra, juegan un papel muy importante dentro del procedimiento constructivo, puesto que del correcto funcionamiento de ellas, depende una buena ejecución de obra en el tiempo y costo programado.

Finalmente, un elemento determinante que influye dentro de la toma de decisiones, es el factor económico, reflejado en la obtención de los costos de obra que se le calcule en función de las cantidades de obra y precios unitarios.

EXPLORACION GEOTECNICA

CAPITULO II

EXPLORACION GEOTECNICA.

La primera labor a realizar dentro de un proyecto de construcción de un túnel, consiste en realizar el estudio geológico del terreno, con la finalidad de determinar las características mecánicas del sub-suelo, tales como: - Su naturaleza, su repartición a lo largo del terreno, su dureza, etc.

Se presentará la máxima atención a las zonas en que se presenten accidentes geológicos, como fallas y regiones de dislocación que corresponden a las rocas aplastadas o fisuradas. Se intentará prever las zonas que puedan producirse afloramientos de aguas subterráneas o bolsas de agua, así como -- las que corresponden a terrenos muy malos que exigen métodos de ejecución so fisticados.

A veces, basta un estudio geológico serio para rechazar o modificar el trazo del proyecto. Los informes que se pueden obtener de éste estudio, aunque de enorme valor, contienen solamente datos de orden general y pueden ser insuficientes en determinadas zonas localizadas, en particular, la determina ción de la potencia de los afloramientos de agua es muy insegura, por lo que se hace necesaria la construcción de galerías de reconocimiento y la realiza ción de sondeos.

EXPLORACION SUPERFICIAL.

La Exploración Superficial debe tomar en cuenta las necesidades plantea das y métodos para realizarla; y deberán encaminarse a lograr las respuestas a las interrogantes generadas, por lo que se hace necesario relacionar las - técnicas de Exploración Superficial con la exploración y muestreo mediante - excavaciones.

Sin embargo, se describe el estado actual de conocimientos en cuanto a las técnicas para la determinación de características, componentes y propie

dades de las masas rocosas que pueden observarse en la Superficie Terrestre; si bién no podrá ignorarse que muchas veces éste tipo de exploración ha de realizarse en partes de la masa de roca descubierta, ya sea por una excavación, o bién, en aquellas partes en las que se presenta una exposición definida de su constitución a causa de un fenómeno geológico anterior.

En particular, la función elemental de la Exploración Superficial, se reduce a la identificación de los aspectos geológicos generales, además de definir las masas de roca de diferentes tipos que se presentan a lo largo de la línea del proyecto.

Las propiedades de las masas rocosas se definen en base a las discontinuidades que ésta presenta y serán determinadas mediante pruebas de campo.

CARACTERISTICAS GEOMETRICO-MECANICAS DE LAS DISCONTINUIDADES.

Existen muchas caracterfsticas de suma importancia, pero sólo se mencionarán aquellas que ayuden a determinar el comportamiento mecánico de la masa rocosa, entre ellas se tienen las siguientes:

- ORIENTACION.- Señalada por el echado o inclinación de la máxima pendiente en la discontinuidad.
- PERSISTENCIA.- Señala cuantitativamente la extensión del área o longitud en que se presenta la discontinuidad.
- RUGOSIDAD.- Se refiere al aspecto de la superficie en la que tiene lugar la discontinuidad, con relación al plano medio o Superficie Regular.
- RESISTENCIA EN LA DISCONTINUIDAD.- Resistencia equivalente a la compresión del material que forma la masa rocosa o en las inmediasiones de la discontinuidad.

- **ABERTURA.-** Distancia media perpendicular entre las dos paredes de la masa rocosa.
- **RELLENO.-** Material que se encuentra entre las dos partes de una masa rocosa, separadas por una discontinuidad y que usualmente es más débil que la roca cuya discontinuidad está relleno.
- **FILTRACION.-** Flujo de agua o humedad visible en las discontinuidades de la masa rocosa.
- **NUMERO DE SISTEMAS DE JUNTAS.-** Grupos de discontinuidades que se encuentran en superficies mas o menos paralelas entre sí.
- **TAMARO DE BLOQUE.-** Se refiere a las dimensiones medias de los fragmentos de roca que resultan al considerar la división de la masa provocada por la familia de juntas que contiene.

La extensión y alcance de la exploración superficial define el panorama geológico general de la región que se verá afectada por la obra, identificando así la ubicación de fallas en la masa rocosa, diques, contactos litológicos y demás aspectos que permitan señalar de manera general las formaciones geológicas.

La Exploración Superficial, se ve limitada por el grado de exposición que presentan los fenómenos geológicos en la zona de interés como son: El grado de intemperismo a que hayan estado sujetos, la accesibilidad a la zona que requiere ser explorada , y el número, ubicación, extensión y accesibilidad de aquellos sitios en que esté expuesta la masa rocosa con todos los detalles que se requiere observar, para definir las características geométrico-mecánicas y, en el mejor de los casos, llevar a cabo las pruebas de campo.

TECNICAS Y PROCEDIMIENTOS EN LA EXPLORACION SUPERFICIAL.

IDENTIFICACION DE LOS ASPECTOS GENERALES:

- FOTOGAMETRIA.- Representa el análisis de fotografias aéreas de la zona de interés, para identificar los aspectos geológicos-generales antes mencionados.
- FOTOGRAFIAS NORMALES.- Este tipo de fotografias tomadas en secuencia a la misma distancia focal, darán una idea mucho más clara que la expresión escrita o verbal del aspecto general de la formación en la parte expuesta.

METODOS DE EXPLORACION DE LAS DISCONTINUIDADES DE UNA MASA ROCOSA.

A continuación se describen los métodos más recomendables, aunque no se puedan considerar como métodos estándar:

C O N C E P T O	EXPLORACION EN DISCONTINUIDADES. INSTRUMENTACION.	INFORMACION OBTENIDA.
ORIENTACION.	<ul style="list-style-type: none">- Clinómetro.- Brújula de mano- Fotogrametría.	Datos para la realización de Diagramas de Bloque o Diagramas de Schmidt, -- los cuales representan -- de forma ilustrativa los Sistemas de Juntas, ubicación relativa, magnitud y dirección de echados.
ESPACIAMIENTO.	<ul style="list-style-type: none">- Cinta topográfica normal y clinómetro.	Se obtiene el ángulo entre la dirección de la familia de discontinuidades y la dirección en --

		que es posible colocar - la cinta, con lo que se- determina el espaciame <u>n</u> to.
PERSISTENCIA.	<ul style="list-style-type: none">- Fotografías aé- reas.- Medios topográ- ficos convencio<u>n</u> ales.	Se determina el área y - la longitud de la zona - donde se presentan las - discontinuidades.
RUGOSIDAD.	<ul style="list-style-type: none">- Discos.- Clinómetros.- Métodos topográ- ficos.	Se obtiene el grado de - rugosidad. de acuerdo a - la escala de medición, - que para unos centíme- tros de longitud puede - clasificarse como: Muy - rugosa, rugosa o lisa. Y para una longitud de va- rios metros en escalona- da, ondulada o plana.
RESISTENCIA.	<ul style="list-style-type: none">- Martillo de qeó- logo.- Navaja.- Martillo Schmidt	Penetración del impacto- producido por el marti- llo y penetración del ra- yado de la navaja, corre- lacionados con la grave- dad específica del mate- rial, de los cuales se - obtiene la resistencia a compresión de la zona en que se aplica.
ABERTURA.	<ul style="list-style-type: none">- Calibrador de - lámina.- Vernier.	Mediciones de un número- suficiente de ubicacio- nes a fin de lograr una- estadística de las mis- mas.
RELLENO.	<ul style="list-style-type: none">- Calibrador de - lámina.- Vernier.- Penetrómetro.- Veleta.- Torcómetro.	Espesor del relleno, al- igual que las dimensio- nes de la abertura, ade- más de la resistencia -- del terreno.
FILTRACION.	<ul style="list-style-type: none">- Vaso de precipi- tados.	Cuantificación de filtra- ciones en las partes ex-

	- Cronómetro.	puestas, siempre y cuando sea posible.
NUMERO DE SISTEMAS DE JUNTAS.	- Medios visuales. - Fotografías aéreas.	Cantidad de sistemas de juntas y/o familias de discontinuidades.
TAMAÑO DEL BLOQUE.	- Medios visuales.	Se obtiene al establecer la separación entre juntas.

DETERMINACION DE LAS PROPIEDADES MECANICAS DE LAS MASAS ROCOSAS.

Estas propiedades se determinan por medio de pruebas de campo, que a continuación se mencionan en forma breve:

PROPIEDADES MECANICAS DE LAS MASAS ROCOSAS.

C O N C E P T O. DETERMINACION DE LAS PROPIEDADES.

RESISTENCIA.	- Se obtiene mediante la ejecución de pruebas de corte directo, en bloques labrados en la masa rocosa, o por medio del ensaye a compresión de éstos mismos bloques.
DEFORMABILIDAD.	- Se obtiene utilizando gatos hidráulicos planos, dilatómetros, cámaras de presión hidráulica, anillos de aplicación de carga en túneles; todo ello, en relación al esfuerzo y la deformación.
PERMEABILIDAD.	- Debido a que es una de las propiedades que más dificultades presenta para su determinación, se recomienda utilizar alguna de las siguientes pruebas:

- 1.- Tipo Lefranc en barrenos.
 - 2.- Tipo Lugeon en barrenos.
 - 3.- Perforación y pozos de bombeo.
-

EXPLORACION GEOFISICA.

Este tipo de exploraciones se realizan con el fin de determinar las variaciones en las características físicas de los diferentes estratos del sub-suelo. Los métodos son rápidos y sencillos, pero presentan la gran desventaja de no proporcionar la suficiente información para poder tomar decisiones definitivas para el proyecto. Este tipo de exploración se realiza fundamentalmente en masas rocosas con alta fracturación y zonas en las que el éxito de recuperación de muestras es casi nulo.

Este tipo de métodos, está dentro de la clasificación de muestreo indirecto. A continuación se mencionan algunos de los métodos más utilizados dentro de la exploración geotécnica.

METODO SISMICO.

Este método se basa en la velocidad de propagación de ondas vibratorias de tipo sísmico, al recorrer éstas las diferentes masas del suelo explorado, observándose que, en base a la experiencia, que la velocidad de propagación de onda varía entre 150 y 2500 M/Seg. en suelos; correspondiendo los mayores valores a mantos de grava muy compacta y los menores, a arenas sueltas, los suelos arcillosos, tienen valores medios, en la roca sana los valores varían entre 2000 y 8000 M./Seg.

La realización del método, se lleva a cabo provocando una explosión en un punto determinado de la zona de interés, utilizando una pequeña carga explosiva. En la zona a explorar, se sitúan registradores de onda (geó-

fono), separados entre sí de 15 a 30 M., la función de los geófonos es -- captar la vibración que se transmite amplificada a un oscilógrafo central en el cual, se registran las ondas que llegan a cada geófono. Suponiendo una masa de suelo homogénea que se encuentre sobre un manto rocoso, se observará, que unas ondas llegan a los geófonos viajando a través del suelo a una velocidad V_1 , otras ondas llegan después de cruzar oblicuamente dicho suelo. Existe un ángulo crítico de incidencia respecto a la frontera con dicho manto rocoso que hace que las ondas ni se reflejen ni se refracten hacia dentro de la roca, sino que las hace viajar paralelamente a dicha frontera con una velocidad V_2 , hasta ser recogidas por geófonos después de sufrir nuevas refracciones para transmitir las al oscilógrafo. El ángulo crítico que depende de la naturaleza del suelo y de la roca, proporciona el tiempo de recorrido de una onda refractada. Figura 11.1.

Puede construirse una gráfica en la cual se relacione tiempo y distancia entre el geófono y el punto de detonación, de la cual se pueden determinar las velocidades V_1 y V_2 , (pendientes de la curva). Figura 11.2.

En los geófonos próximos al punto de perturbación, las ondas directas llegan antes; en los alejados, llegan primero las ondas refractadas, existiendo un punto en la frontera en el que dos tipos de onda llegan a la vez. (Punto 3 de la Figura 11.2).

Dibujando los instantes en que el geófono recibe la primera excitación en función del alejamiento del geófono se tienen dos rectas, en que, para la primera, el tiempo de excitación es proporcional a la distancia del geófono; del punto 3 en adelante, la primera excitación es de onda refractada en la que el tiempo es una cierta función $a-bx$, en la que a representa el tiempo constante en que se recorren los dos tramos inclinados hasta y desde el punto rocoso. Si x es la abscisa del punto 3, se puede demostrar de la figura 11.2 que:

$$H = x_1/2 \sqrt{\frac{V_2 - V_1}{V_2 + V_1}}$$

donde H es el espesor del estrato de suelo homogéneo y V_1 y V_2 pueden determinarse de las pendientes de la curva de la Figura 11.2.

En ocasiones, suele ser necesaria una exploración convencional, con la finalidad de interpretar en la forma más correcta, los resultados obtenidos.

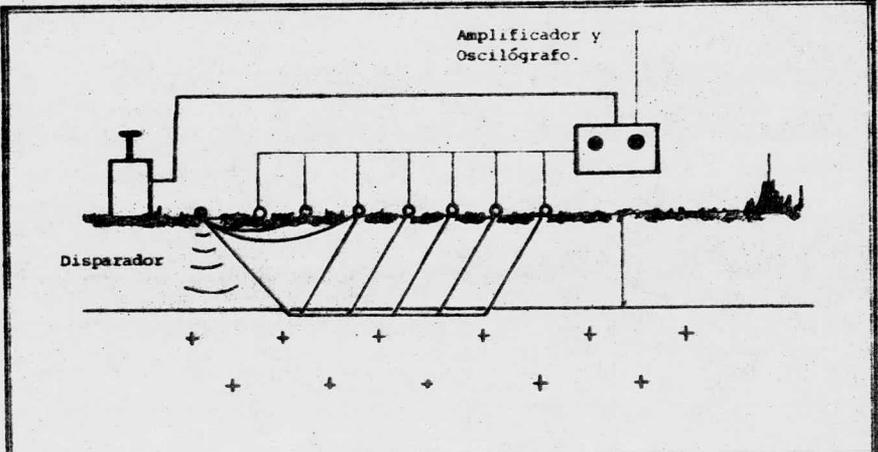


FIGURA II.1

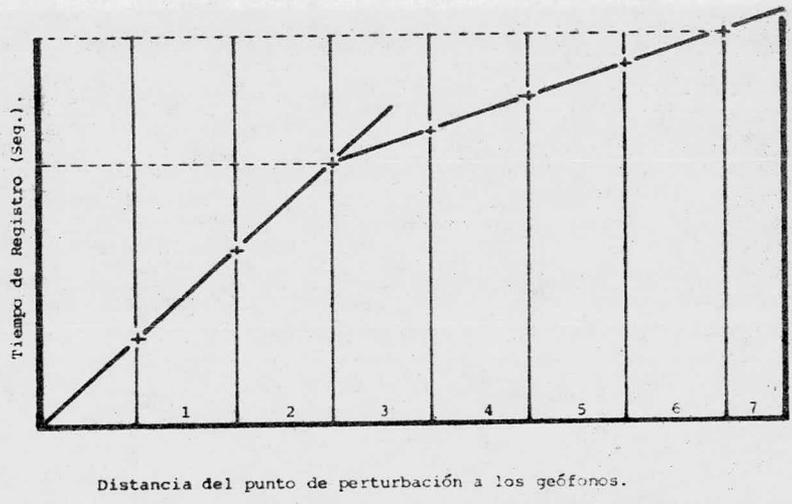


FIGURA II.2
Esquema del dispositivo para exploración geofísica por el método sísmico.

METODO DE RESISTIVIDAD ELECTRICA.

Se ha observado que los suelos presentan una cierta resistividad eléctrica, dependiendo de su naturaleza, cuando una corriente es inducida a través de ellos. La resistividad eléctrica de los diferentes estratos de materiales que conforman el sub-suelo, puede medirse colocando cuatro electrodos igualmente espaciados y alineados en la superficie, los dos exteriores, conectados en serie a una batería, en tanto que los interiores se conectan a un potenciómetro que marca la diferencia de potencial de la corriente circulante. (Fig. 11.3).

La resistividad se puede calcular a través de las lecturas del miliamperímetro I , del potenciómetro V y de la separación entre los electrodos D , con la fórmula:

$$\rho = 2\pi d \frac{V}{I}$$

Con este método se pueden determinar en primer lugar, la resistividad de los diferentes estratos en un mismo lugar y en segundo lugar, para medir la resistividad a una misma profundidad a lo largo de un perfil. Lo primero se logra aumentando la distancia D entre los electrodos. Lo segundo se obtiene conservando la distancia D constante y desplazando todo el equipo sobre la línea a explorar.

Las mayores resistividades comprenden a rocas duras, siguiendo rocas suaves, gravas compactas, etc., y teniendo los menores valores los suelos suaves saturados.

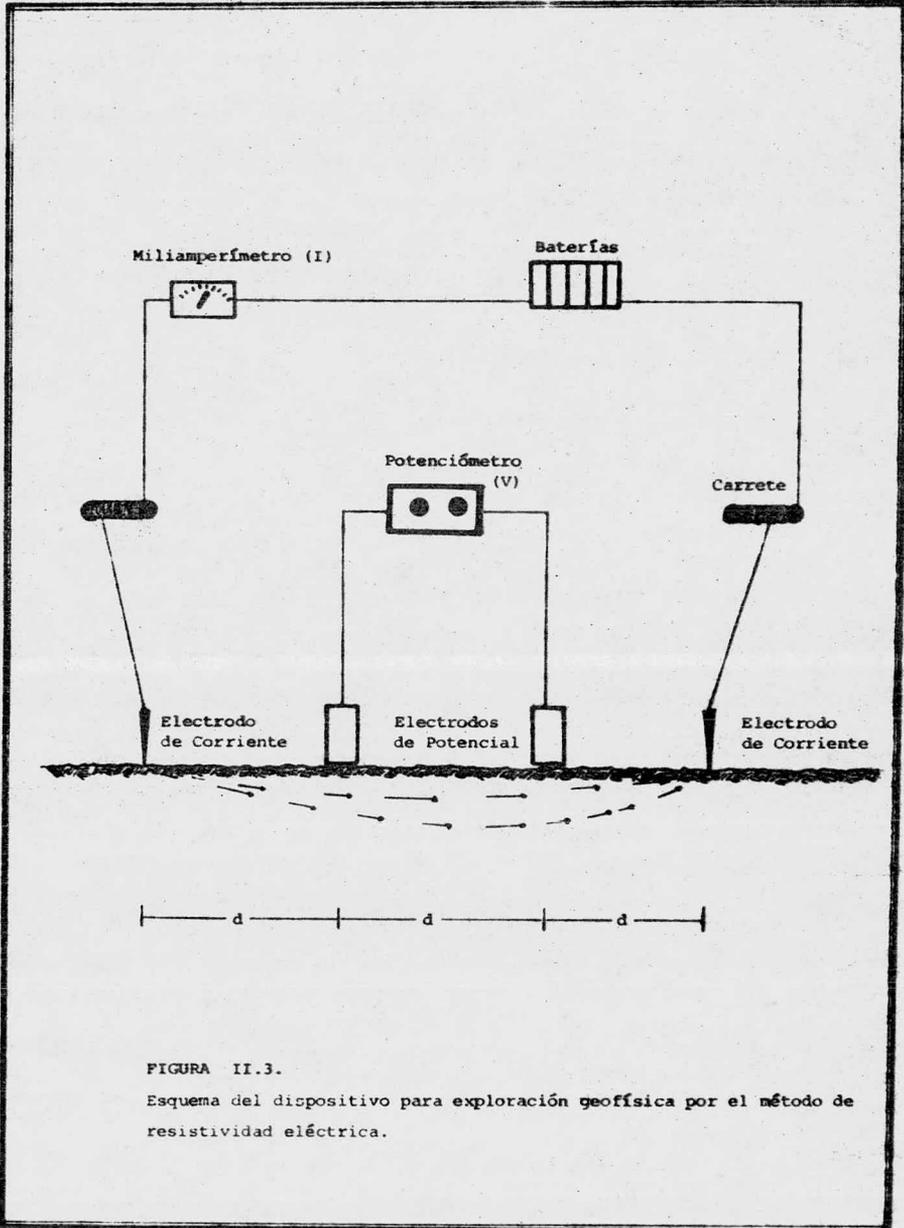


FIGURA II.3.

Esquema del dispositivo para exploración geofísica por el método de resistividad eléctrica.

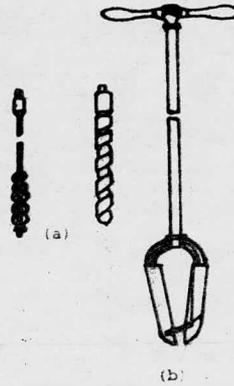
EXPLORACION DE CARACTER PRELIMINAR.

El objeto fundamental de la Exploración de Carácter Preliminar, es la obtención de muestras alteradas, hasta una profundidad de 15 m. como máximo, que proporcionen información preliminar de las características del suelo en formaciones geológicas suaves, por lo que es conveniente utilizar -- los procedimientos que a continuación se describen, y que también son em-- pleados con el objeto de determinar la profundidad del nivel freático, profundizar excavaciones a cielo abierto y limpiar los sondeos que se efec-- túan por otros métodos:

POZOS A CIELO ABIERTO.- Consiste en excavar un pozo de dimensiones suficientes, para que el técnico pueda bajar y examinar los diferentes estra--tos de suelo en su estado natural. El equipo que se utiliza es el necesaa--rio para efectuar una excavación normal, como son pala y pico. Los resulta--dos que se obtienen, son muestras alteradas o inalteradas, las cuales, de--ben ser protegidas por medio de una pequeña capa de parafina, los resulta--dos finales, se obtienen en el laboratorio.

PERFORACIONES CON POSTEADORA Y BARRENOS HELICOIDALES.- En éste tipo de--sondeos, la muestra de suelo se obtiene completamente alterada. El procedi--miento consiste en penetrar el suelo por medio de la posteadora o los ba--rrenos helicoidales con la finalidad de obtener las muestras. (Fig. 11.4). Este tipo de muestra suele ser representativo del suelo, en lo que se re--fiere al contenido de agua.

METODO DE PENETRACION STANDAR.- El equipo necesario para aplicar éste -- procedimiento, consta de un muestreador especial (Penetrómetro Stándar) -- que se muestra en la figura 11.6. El penetrómetro se une al extremo de la tubería de perforación, posteriormente, se hace penetrar por medio de golpes dados por un martinete de 63.5 Kg. que cae de una altura de 76 Cm. y -- contando el número de golpes necesarios para lograr una penetración de -- 30 Cm. En suelos friccionantes, ésta prueba revela la compacidad de los --

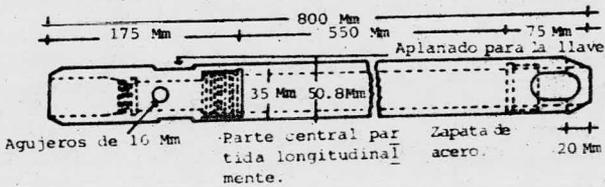


Herramientas para sondeos exploratorios por rotación.

a) Barrenos helicoidales.

b) Posteadora.

FIGURA II.4



Peso total 6.8 Kg.

Penetrómetro estándar.

FIGURA II.6

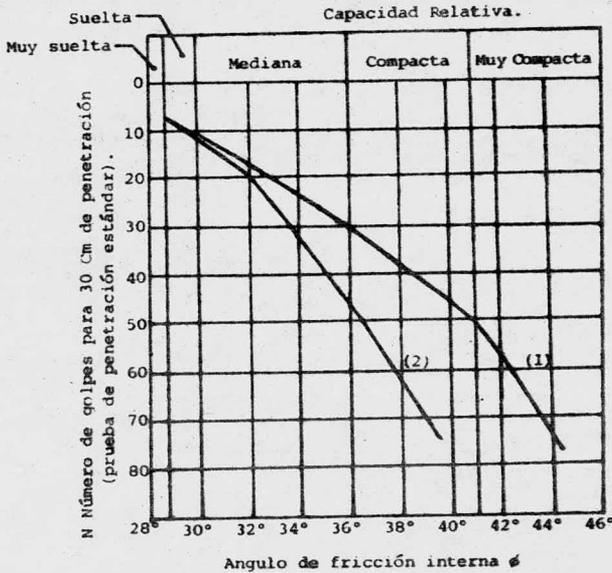
mentos, que es una característica muy importante con respecto a su comportamiento mecánico. En suelos plásticos, ésta prueba proporciona una simple -- idea de la resistencia del material. Este método proporciona, además, muestras alteradas representativas del suelo en estudio. En suelos arenosos, se obtiene una relación entre su compacidad y el ángulo de fricción interna, y una relación entre la resistencia a la compresión simple contra el número de golpes para suelos arcillosos. Ver gráficas IIA y IIB.

MUESTREO INALTERADO.

Para determinar las propiedades mecánicas de los suelos, es necesario obtener muestras inalteradas, debido a que éstas, conservan su estructura y propiedades físicas naturales. Y para ello es indispensable contar con muestreadores que permitan avances a las profundidades deseadas. A continuación se mencionarán y describirán los más usuales, dependiendo del tipo de estrato que se tenga.

TUBO MUESTREADOR SHELBY.- Este tipo de muestreo se realiza por medio de un equipo compuesto por un triple, máquina perforadora, bomba de agua, malacate, tuberías, mangueras, barras de perforación y equipo complementario. Para iniciar la exploración, se hinca el muestreador utilizado en el terreno, utilizando el gato hidráulico de la perforadora, procurando que el hincado sea rápido y a velocidad constante. (Ver figura 11.7) . Los resultados que se obtienen, son datos sobre la consistencia de los suelos en estado natural.

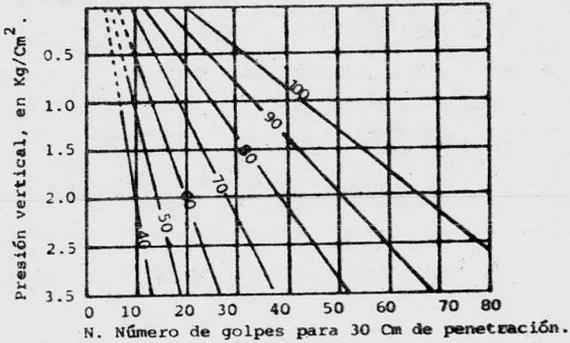
TUBO MUESTREADOR DE PISTON.- El equipo de hincado es el mismo que se utiliza para el muestreador tipo Shelby. El principio de éste muestreador, es introducirlo con émbolo enrasado por la parte inferior del tubo -- donde queda rígidamente fijado por la varilla que sujeta el émbolo la cual queda a su vez fija mientras es hecho el hincado del tubo. El procedimiento de hincado, es el mismo que se muestra para la exploración con tubo Shel



GRAFICA II.A

- (1) Relación para arenas de grano anguloso o redondeado de mediano a grueso.
- (2) Relación para arenas finas y para arenas limosas.

Correlación entre el número de golpes para 30 Cm. de penetración estándar y el ángulo de fricción interna de las arenas.



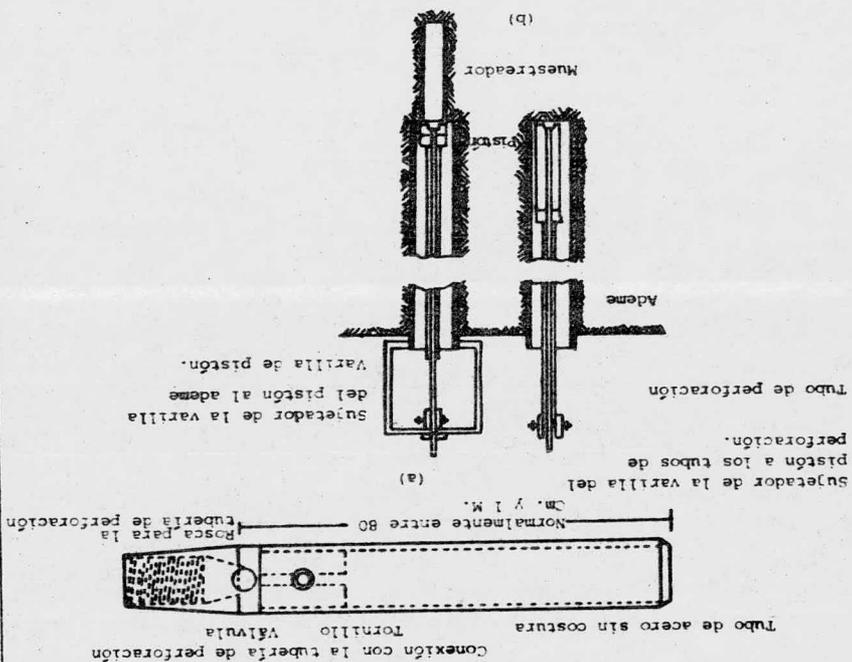
Relación entre la penetración estándar, la presión vertical y la compacidad relativa para arenas.

GRAFICA II.B

PISTA 117

- a) Tipo Shelby.
- b) De piston.

Muestradores de tubo de pared delgada.



PISTA 117

by. Por éste medio se conoce la consistencia en suelos finos como son: --- las arcillas tipo bentoníticas y algunas arenas limo-arcillosas. (Ver figura 11.8).

TUBO MUESTREADOR DENISON.- El equipo utilizado para éste tipo de muestreo, se puede observar en las Figuras 11.7, 11.8 y 11.9. Este procedimiento se utiliza fundamentalmente en suelos cohesivos, con un contenido de humedad nulo o suelos relativamente compactos, en los que se hinca el muestreador aplicando una presión vertical producida por un sistema hidráulico y procurando que al estarse efectuado la rotación, el tubo interior no gire, introduciendo así mismo, la circulación del lodo de perforación. Después que ha sido llenado el muestreador y extraído, se hacen girar las barras de perforación antes de sacar el tubo del sondeo, logrando así, cortar el extremo inferior de la muestra. El resultado de éste método es una muestra "inalterada", de la cual, por medio de pruebas de laboratorio, se pueden determinar sus propiedades físicas naturales.

ESTUDIO DE PROYECTO.

Para realizar la exploración geotécnica, fue necesario realizar dentro de los trabajos preliminares, un estudio al detalle, a lo largo del túnel tanto en el sub-suelo, como en superficies que permitirán conocer las condiciones geológicas y geotécnicas del terreno en que se pretende construir dicho túnel.

Para efectuar éste estudio, se realizaron las siguientes actividades de campo y gabinete:

INFORMACION PRELIMINAR.- Como primera etapa, se llevó a cabo una recopilación y depuración de información geológica y cartográfica, así como también se obtuvieron fotografías aéreas verticales.

PLANOS TOPOGRAFICOS.- Se efectuaron levantamientos topográficos y-

sondeos exploratorios a lo largo del eje del túnel vaciando los datos en planos topográficos.

GEOLOGIA SUPERFICIAL.- Posteriormente, se llevó a cabo una fotointerpretación geológica, cubriendo una superficie de 500 metros a ambos lados del eje del túnel. (Ver Figura 11.10).

GEOLOGIA DEL SUB-SUELO.

SONDEOS CON RECUPERACION DE MUESTRAS. Para conocer de manera directa las condiciones geológicas y geotécnicas de las rocas a la profundidad del túnel se realizó un programa de exploración por medio de sondeos geológicos con recuperación de muestras.

La interpretación geotécnica de los núcleos de roca, se elaboró en tres perfiles integrados y un perfil litológico individual de cada sondeo. (Figuras 11.11, 12, 13, 14 y 15).

SONDEOS GEOFISICOS.- Se realizó una serie de sondeos geoelectricos que, apoyados con la información directa de núcleos, permitiera correlacionar los contactos geológicos y tener así un mejor conocimiento de las unidades litológicas que irá atravesando el túnel.

ELABORACION DEL INFORME FINAL.

Una vez integrada, depurada e interpretada toda la información de campo y gabinete, se procedió a elaborar los planos y perfiles geológicos y geotécnicos.

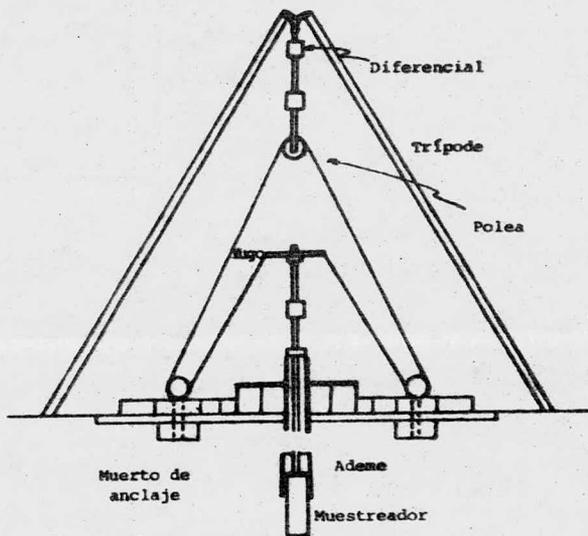


FIGURA II.9

Dispositivo con tubo Muestreador Denison.

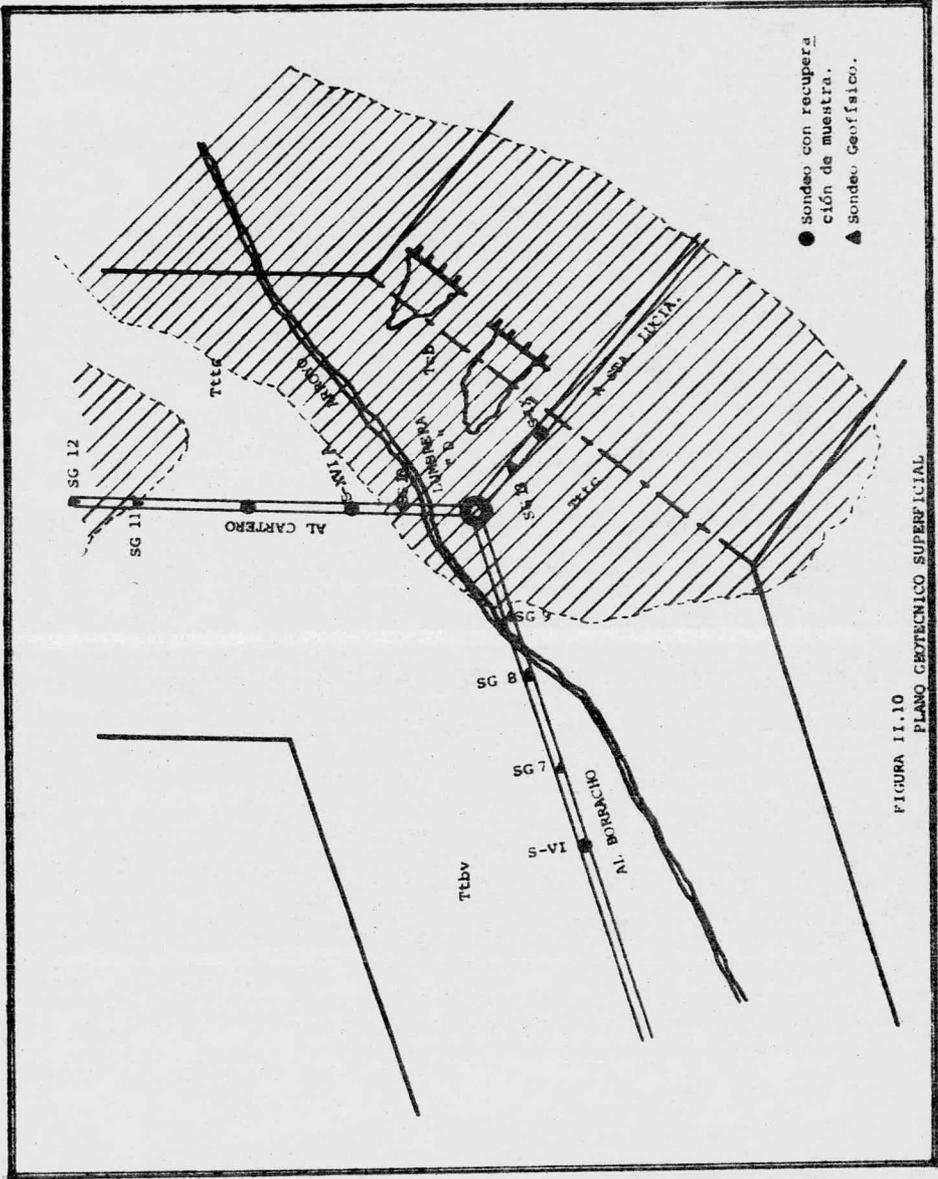


FIGURA II.10
PLANO GEOTECNICO SUPERFICIAL

DESCRIPCION LITOLOGICA DE LA EXPLORACION SUPERFICIAL.

TTtc TOBA ARCILLOSA.

Roca formada por arcilla y en menor cantidad de arena, su color café-amarillento presenta una buena compactación y consistencia dura.

TTbv BRECHA VOLCANICA.

Constituída por una mezcla heterogénea de arenas, gravas y bloques de roca andesítica, de forma sub-angulosa a sub-redondeada, empacada en una matriz arenosa; - presenta una compacidad media y está ligeramente cementada por arcilla.

TCda DACITA ALTERADA.

En la parte superficial del derrame, la roca se presenta con diversos grados de alteración, presentando un fracturamiento más intenso y reduciendo su resistencia.

TCas ANDECITA SANA.

Roca de composición andesítica en estado sano de color gris claro a oscuro, su textura es porfirítica y presenta alta resistencia.

TCaa ANDECITA ALTERADA.

En algunos lugares, ésta roca se encuentra afectada por distintos grados de alteración, dándole coloracionesrojizas, volviéndola más porosa y disminuyendo su compactación y resistencia.

GEOTECNICA.

GEOLOGIA SUPERFICIAL DEL EJE DEL TUNEL.- Con la finalidad de tener un mayor apoyo para conocer las características, posición y comportamiento de los macizos rocosos, se elaboró un plano que muestra las unidades litológicas que afloran a lo largo del eje del túnel.

Para mapear las unidades litológicas, se optó por eliminar la capa de suelo residual que cubre las formaciones que cubren casi toda la zona en estudio, la descripción litológica de cada una de las unidades mapeadas en el tramo, se presenta a continuación:

CADENAMIENTO.	FORMACION	UNIDAD	CARACTERISTICAS.
3+512 a L. "0".	Tarango	Brecha Vol.	En ésta zona, la brecha - aflora en las barrancas, - en una longitud muy amplia.
L. "0" a S-XVIII	Tarango.	Toba Arenosa..	Toba arenosa compacta de tipo mumítico, en ésta zona se aprecia el contacto que sobreyace a las tobas arcillosas.
L. "0" a SG-10.	Tarango.	Brecha Vol.	Cortes en los que se aprecia el contacto de las brechas sobre las tobas arcillosas.
0+160-0+300.	Tarango.	Toba arcillosa.	Toba arcillosa color café compacta, algo alterada, sobreyace a la dacita de la formación de las cruces; con el mismo echado éstas hacia el norte.
0+300-0+410.	Las cruces.	Dacita.	Buenos afloramientos de roca dacítica; sólo en una pequeña zona se encuentra poco alterada y con fracturas espaciadas,

pues en su mayoría de afloramientos, presenta un fuerte fracturamiento vertical y fuerte alteración.

0 + 410.

Falla normal.

En éste punto, se observó claramente una falla normal con un ángulo de 79°, con desplazamiento de 10 - 15 Cm. aproximadamente; la zona de falla es de 20 a 30 Cm. formada por una brecha cataclástica y afecta a las dacitas como a las brechas volcánicas suprayacentes.

GEOLOGIA DEL SUB-SUELO.

PERFORACIONES EXPLORATORIAS.- Se llevaron a cabo 35 Perforaciones Exploratorias para conocer las condiciones geológicas y geotécnicas de las rocas a la profundidad del túnel.

De acuerdo al tramo en estudio, corresponden las siguientes perforaciones:

BARRENO.	PROFUNDIDAD.	EQUIPO DE MUESTREO.
VI	115.6	Barril Wire - Line NQ.
VII	60.05	Barril Wire - Line NQ.
XVI A.	90.0	Barril Wire - Line NQ.

La recuperación que se tuvo en general, puede considerarse buena, dada la problemática que presentaron ciertos materiales. En casi todas las perforaciones se usó lodo bentonítico para evitar derrumbes, impidiendo en ocasio---

nes, medir con precisión el nivel de aguas freáticas.

ESTUDIO GEOTECNICO DE NUCLEOS.- Para la descripción geotécnica de los --
núcleos, se utilizó la siguiente secuencia:

1) DESCRIPCION SISTEMATICA:

- Nombre de la Roca.
- Estado de alteración.
- Color.
- Estructura.
- Textura.
- Grado de cementación.
- Resistencia de la Roca.

Algunas unidades se comportan más bien como suelos, por lo que se utilizaron conceptos como Cohesión y Consistencia.

2) ESTADO DE ALTERACION:

- Fresca.
- Poco alterada.
- Algo alterada.
- Moderadamente alterada.
- Altamente alterada.
- Completamente alterada.
- Suelo Residual.

Esta clasificación se utilizó únicamente en las rocas andesíticas y dacíticas.

3) ESTRUCTURA Y DISCONTINUIDADES:- Las discontinuidades son de suma importancia para la construcción de túneles, por lo que se tuvieron que determinar las siguientes características: Frecuencia, Relleno, Morfología de la Superficie y Grado de Abertura. Lo que se realizó de la siguiente manera:

- Índice global de densidad de discontinuidades.
- Número de familias.
- Espaciamiento de cada familia: (ver tablas II.A, B, C).

4) R. Q. D. Y % DE RECUPERACION.- Es uno de los parámetros más importantes para conocer la calidad de la roca, cualidad que sólo las Andecitas presentaron. El R. Q. D., es una guía muy útil para el diseño del revestimiento temporal del túnel.

También se obtuvo el porcentaje de recuperación en cada sondeo, que es una guía muy útil para el diseño del revestimiento temporal del túnel. (Tabla II.D).

TABLA 11 - A

DENSIDAD DE DISCONTINUIDADES.

CLASES	INTERVALO	DESCRIPCION.
ID - 1	200 Cm.	Muy Baja.
ID - 2	60 a 200 Cm.	Baja.
ID - 3	20 a 60 Cm.	Media.
ID - 4	6 a 20 Cm.	Alta.
ID - 5	6 Cm.	Muy Alta.

TABLA 112 - B

NUMERO DE FAMILIAS.

CLASE	DESCRIPCION.	
N 1		Algunas discontinuidades dispersas.
N 2	A	Una Familia Principal.
	B	Una Familia Principal y Familias Secundarias.
N 3	A	Dos Familias Principales.
	B	Dos Familias Principales y Familias Secundarias.
N 4	A	Tres o más Familias Principales.
	B	Tres o más Familias Principales y Familias Secundarias.
N 5		Varias discontinuidades sin jerarquización ni constancia en la repartición, zona donde no es posible determinarlos.

TABLA 113 - C

ESPACIAMIENTO DE LAS DISCONTINUIDADES DE UNA FAMILIA.

CLASE	INTERVALO.	DESCRIPCION.
S 1	200 Cm.	Discontinuidades muy espaciadas.
S 2	60 a 200 Cm.	Discontinuidades espaciadas.
S 3	20 a 60 Cm.	Discontinuidades medianamente espaciadas.
S 4	6 a 20 Cm.	Discontinuidades reducidas.
S 5	6 Cm.	Discontinuidades muy reducidas.

TABLA II - 4 - D.

R. Q. D.

R. Q. D. (%)	DESCRIPCION.
0 - 25%	Muy Mala.
25 - 50%	Mala.
50 - 75%	Regular.
75 - 90%	Buena.
90 - 100%	Excelente.

PERFILES GEOTECNICOS INDIVIDUALES.- En cada perfil, se presenta la información detallada de Litología, Discontinuidades, R.Q.D., Profundidad del ademe, Equipos de Perforación y Muestreo. (Figuras 11.11 y 12).

SONDEOS GEOELECTRICOS.- Se realizan con la finalidad de correlacionar la información estatigráfica entre perforaciones directas en sitios donde existía duda, así como para determinar rasgos estructurales mayores y la calidad de la Roca.

Se llevaron a cabo 27 sondeos geoelectricos (en todo el tramo), con profundidades máximas de exploración entre 200 y 300 M., su localización e interpretación se presentan en los perfiles geotécnicos integrados. (Figuras 11.14, 15 y en la zona de estudio).

En las siguientes tablas, se presentan en forma sintetizada, la información geoelectrica.

TRAMO: "EL BORRACHO" - "LUMBRERA "0".	
TIPO DE MATERIAL.	RANGO DE RESISTIVIDAD.
Suelo orgánico.	42 - 190
Arcilla arenosa.	39 - 40
Toba arcillosa.	30
Brecha volcánica.	53 - 110
Toba arenosa.	220 - 650
Andesita.	150 - 520
Brecha volcánica que subyace a las andesitas.	500

Los valores de resistividad en las Tobas, son altos, indicando un bajo grado de humedad y mayor compactación donde los valores son mayores.

La roca andesítica muestra baja resistividad para un derrame volcánico, tal vez debido al fuerte fracturamiento con relleno arcillosos y a la fuerte alteración en algunas zonas.

TRAMO LUMBRERA '0' - TANQUE EL CARTERO.	
TIPO DE MATERIAL.	RANGO DE RESISTIVIDAD. (OHM - M).
Suelo orgánico.	12 - 70
Tobas arcillosas.	117 - 36
Brechas volcánicas.	80 - 110
Andesita Alterada.	312 - 360

Los sondeos 10 y 12, detectan el nivel freático a profundidades de -- 150 a 120 M. respectivamente, ya que los valores de resistividades disminuyen a 86 y 120 M. (Ver Figura 11.10).

Perfiles Geotécnicos Integrados.- Con la finalidad de presentar toda la información integrada, se elaboraron los perfiles geotécnicos a lo largo del túnel; éstos perfiles muestran la sección geológica, basada en las perforaciones directas, sondeos geofísicos y los reconocimientos superficiales. Por otra parte, se elaboró una tabla con las características geotécnicas al nivel del túnel como son:

- Cadenamiento y elevaciones del terreno.
- Valor de resistividad eléctrica.
- Unidades geológicas.
- Litología general al nivel del túnel y 10 M. encima de él.
- Estructuras, principalmente fracturas y fallas.

- Condiciones Geotécnicas, proporcionando los valores medios del porcentaje de recuperación y R.Q.D.
- Propuesta de una manera general de los métodos constructivos - que podrfan utilizarse de acuerdo con la calidad de la roca.

SONDEO # VI	ACUEDUCTO PERIFERICO RAMAL SUR	PERFIL GEOTECNICO DE ROCAS
PROF. 115,60M	EQUIPO DE PERF. LONG. YEAR 34	EQUIPO DE MUESTREO NO WIRE LINE

PROF. TIPO DE	LITOLOGIA		DISCONTINUIDADES.	REC. ROD
(M)	MUESTRA	PERFIL	PERFIL	402 803
5		VI - a		
		VI - b		
10				
15		VI - c		
20				
25				
30		VI - d		
35				
40		VI - e		
45				
50		VI - f		
55				
60				
65		VI - g		
70				
75		VI - h		
		VI - i		
80				
85				
90		VI - j		
95				
100				
105				
110			TUNEL.	
15				

LA MAYORIA DE LAS
 FRACTURAS PRESEN--
 TAN EN SUS PAREDES
 UNA CAPA DELGADA
 DE NEMOTITA Y/O LI-
 MONITA, POCA ARCI-
 LLA Y SON POR LO
 REGULAR DE SUPERFI-
 CIE RUGOSA Y PLANA
 CON SEPARACIONES
 DE 1 A 2 MM.

Fig. II-II.

DESCRIPCION LITOLOGICA SONDEO VI.

VI - a GRAVAS Y ARENAS. (CUATERNARIO; SERIE CLASTICA FLUVIAL A - ALUVIAL).

Suelo formado por gravas de roca andesítica de forma redondeada a sub-redondeada, empacado débilmente en una matriz arenosa.

VI - b A R C I L L A . (CUATERNARIO; SUELO RESIDUAL QsR).

Suelo arcillo-limoso café-oscuro; mezclado con arena y pocas gravas finas, presenta consistencia media.

VI - c BRECHA VOLCANICA. (TERCIARIO. PLIO-PLEISTOCENO: FORMACION TARANGO Ttbv).

Roca formada por arenas y gravas en diversas porciones, las gravas de roca andesítica varían en tamaños, desde gravas finas a boleas de forma sub-angulosa a sub-redondeadas. Se encuentran alterados en una matriz arenosa color gris y café claro - cementadas ligeramente por arcillas.

VI - d ARENA TOBACEA. (TERCIARIO PLIO-PLEISTOCENO; FORMACION TARANGO Ttta).

Roca tobáceo formada por arena gris, de tamaño fina a media, mezclado con gravas finas y minerales como feldespatos, micas y piróxenos; se encuentra cementada débilmente por arcilla, por lo que presenta cohesión y resistencia baja.

- VI - e TOBA ARCILLOSA. (TERCIARIO PLIO-PLEISTOCENO; FORMACION-TARANGO Ttta).

Roca formada por arcilla café oscuro, con pequeñas cantidades de arena y gravas; presenta plasticidad baja y consistencia media alta.

- VI - f BRECHA VOLCANICA. (TERCIARIO PLIO-PLEISTOCENO; FORMACION - TARANGO Ttbv).

- VI - g ANDESITA PORFIRITICA ALTERADA. (TERCIARIO .PLEISTOCENO; -- FORMACION LAS CRUCES TcAa).

Roca poco alterada color gris rosáceo, se encuentra fracturada, compactada y porosa; su textura es porfirítica con la matriz parcialmente alterada a arcilla. Presenta buena dureza.

- VI - h A R C I L L A . (TERCIARIO PLIOCENO; SUELO RESIDUAL AN-DOSITICO TsRa).

Suelo residual, producto de la alteración de la roca andesítica.

- VI - i ANDESITA PORFIRITICA ALTERADA.

Roca algo alterada de color rosáceo, se encuentra compacta y vesicular con un alto fracturamiento, la matriz está parcialmente alterada a arcilla, presenta dureza media.

- VI - j ANDESITA PERFIRITICA SANA. (TERCIARIO PLIOCENO; FORMACION - LAS CRUCES).

Roca estado sano y compacta de color gris, presenta un alto --- fracturamiento horizontal; su dureza es excelente.

SONDEO #XVI-A	ACUEDUCTO PERIFERICO RAMAL SUR.	PERFIL GEOTECNICO DE ROCAS.
PROF. 90.0 M	EQUIPO DE PERF. LONG. YEAR. 38	EQUIPO DE MUESTREO NO WIRELINE

PROF. (M)	LITOLOGIA		DISCONTINUIDADES		REC. ROD.	
	QUEST.	PERF.	PERF.	DESCRIPCION	402	802
5						
10						
15						
20						
25						
30						
35						
40						
45						
50						
55						
60						
65						
70						
75						
80						
85				TUNEL.		

Fig. II-12.

DESCRIPCION LITOLOGICA SONDEO XVI - A.

XVI - a ARCILLA. (CUATERNARIO; SUELO RESIDUAL QsR).

Material predominante Limo-arcilloso, con algo de arena, su color es café oscuro y se encuentra comoacto con buena cohesión y consistencia dura.

XVI - b BRECHA VOLCANICA. (TERCIARIO, PLIO-PLEISTOCENO, FORMACION-TARANGO Ttbv).

Roca formada por una mezcla heterogénea de arenas y gravas de roca andesítica de forma sub-angulosa, la matriz arenosa está ligeramente cementada por bajas cantidades de arcilla.

XVI - c TOBA ARCILLOSA. (Ttte).

Roca tobácea formada por arcilla y poca arena fina de color café amarillento, se encuentra compacta y con una consistencia clara.

XVI - d TOBA ARENOSA. (TTta).

Roca formada por arena, arcilla y gravas finas de piedras pomez y con cristales de micas y plagioclasas; presenta buena compactación y cementación.

XVI - e BRECHA VOLCANICA. (TTbv).

XVI - f TOBA ARCILLOSA. (TTtc).

Material arcilloso de color café amarillento, con arenas y gravas finas, se encuentra compacta, bien cementada y de consistencia dura.

XVI - g BRECHA VOLCANICA. (TTbv).

XVI - h ANDESITA ALTERADA. (TERCIARIO; PLIOCENO, FORMACION LAS CRUCES. TCaa).

Roca altamente intemperizada de color rojizo, se encuentra fracturada; presenta textura porfirítica con su matriz alterada presenta fenocristales de plagioclasas, su resistencia varía de media a baja por la alteración que sufrió.

UNDEC VII	ACUEDUCTO PERIFERICO RAMAL SUR	PERFIL GEOTECNICO DE ROCAS
PROF. 60 M.	EQUIPO DE PERF. LONG. YEAR 34.	EQUIP. DE MUESTRO NO WIRE LINE

PHCF TIPO	LITOLOGIA	DISCONTINUIDADES	REF. ROD
(M) MUESTRA PEREII		PEREII	40? 80?
5	VII - a		
10			
15			
20	VII - b		
25			
30	VII - c		
35		TUNEL.	
40	VII - d		
45	VII - d'		
50	VII - e	///	
55			
60			

Fig. II-13.

DESCRIPCION LITOLOGICA SONDEO VII.

- VII - a BRECHA VOLCANICA. (TERCIARIO PLEISTOCENO, FORMACION TA --
RANGO Ttbv).

Roca formada por gravas y arenas en diversas proporciones; los granos son de andesita gris y roja en tamaños de gravas de fina a gruesa, de forma sub-angulosa, la matriz está constituida por arena y está débilmente cementada por arcilla, por lo que presenta baja cohesión.

- VII - b ARENA TOBACEA. (TERCIARIO PLIO-PLEISTOCENO, FORMACION
TARANGO Ttat)

Material formado principalmente por arena y en menor cantidad, por gravas finas de andesita; se presenta poco compacta y con baja cohesión.

- VII - c TOBA ARCILLOSA. (Ttc).

Roca tobácea, formada por arcilla de color café y en menor cantidad, arena y cristales de feldespatos y mica; presenta consistencia muy dura y buena cohesión.

- VII - d DACITA ALTERADA. (TERCIARIO: PLIOCENO, FORMACION LAS --
CRUCES. Tcda).

Roca altamente alterada de color blanco grisáceo, presenta un fuerte fracturamiento, su textura es porfirítica con fenocristales de feldespatos y anfíboles, los cuales están completamente reemplazados a hematita y arcilla; la materia está formada por plagio-clasas y vidrio de tipo ácido; debido a la alteración, la dureza va de media abaja.

- VII - d' DACITA ALTERADA. (Tcda).

Roca poco alterada de color gris blancusco, se encuentra compacta, con un fuerte fracturamiento vertical, su dureza aumenta de media a alta.

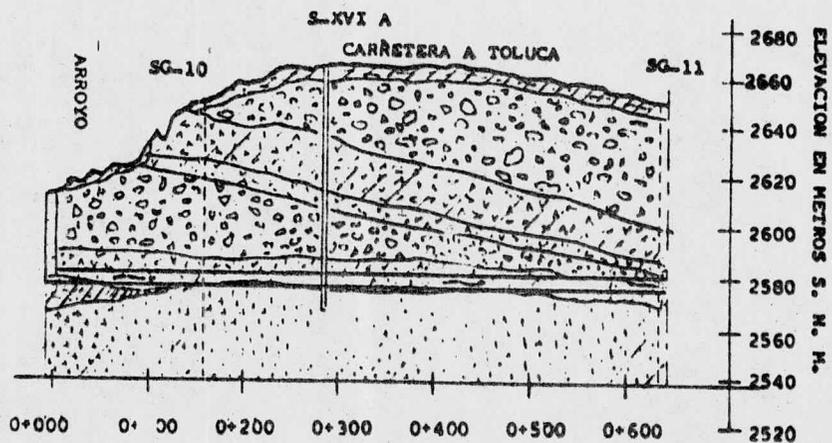
VII- a' La roca en ésta zona se encuentra fuertemente fracturada en -
varios sistemas con echados de 70 a 90°; por lo general, el espa-
ciamiento entre las fracturas varia desde pocos Cm. hasta 30 Cm;
las paredes están cubiertas por una capa muy delgada de óxidos.

VII- b' En la andesita, las fracturas se encuentran espaciadas, pre-
sentándose un sólo sistema con echados entre 80 y 90°, las pare-
des presentan una delgada película de arcilla.

PERFIL GEOTECNICO INTEGRADO

FRONTE LUMBRERA "CERO" AL CARTERO

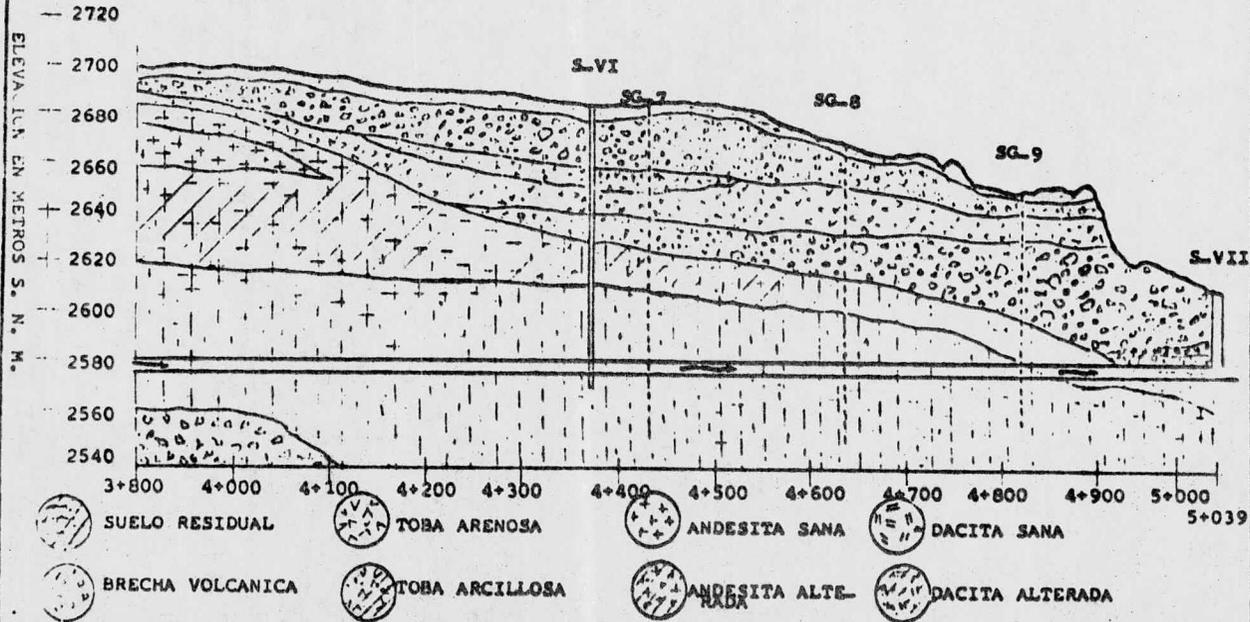
FIGURA II.14



PERFIL GEOTECNICO INTEGRADO

FRENTE LUMBRERA "CERO" AL "BORRACHO"

FIGURA II.15



ESTACIONES ELEVACIONES EN M.S.N.M.		CADENAMIENTO II.	4 + 300	4 + 500	4 + 700	4 + 900	5 + 039	L		0 + 200	0 + 400	0 + 600
RAZANTE DE EXC.					2576.47			2575.7				2575.47
TERRENO NATURAL			2684.5	2685.0				2612.70				2660.45
GEOFISICA.		RESISTIVIDAD ELEC	266	290	185					360	312	
UNIDADES LITOLÓGICAS		SÍMBOLO.	TCas			TCa	TTtc	TCda		TCda	TTtc	TTtc TTbv
EXT. EN METROS.			2288			72	57	36		160 M	322 M	205 M
VARIACIÓN DE LÍMITES												
LITOLÓGIA GENERAL	10 II. SOBRE LA CLAVE.		Andesita Sana de color gris, en algunas zonas se encuentra muy fracturada, su textura es porfirítica con fenocristales de plagioclasas, se encuentra muy compacta y resistente.		Andesita porco alterada, fracturada con su matriz parcialmente alterada a arcilla, se encuentra porosa, compactada y con resistencia mecánica alta.		Arena tobácea de bilmente cementada, con baja cohesión.		Toba arcillosa de consistencia dura.		Brecha volcánica.	
	ZONA DEL TUNEL								Andesita altamente alterada, de color rojizo muy fracturada.			
ESTRUCTURA	FRACATURAS	DENSIDAD	ID 4 = 0.12									
		NO. DE FAMILIAS	[N2-b] FAM. PRINC. (20°-40°); FAM. SEC. (10°-20°); 2ª FAM. SEC. (40°-50°).									
		ESPACIAMIENTO.	[S 3] = .24 M.			[S 3] = .37 M.			[S 27] = 0.94 M.			
		CARACTERÍSTICAS	Los sistemas de fracturas presentan en su mayoría, paredes cubiertas por una película de hematita y/o limolita y poca arcilla. Superficies: Rugosas y planas. Separación: 1 - 2 Mm.									
CONDICIONES GEOTÉCNICAS	%REC	10 II. SOBRE LA CLAVE	97 %				80%					
		ZONA DEL TUNEL	94 %				68%					
	RQD	10 II. SOBRE LA CLAVE	81 %				-					
		ZONA DEL TUNEL	69 %				-					
	POSIBLES PROBLEMAS	El macizo rocoso se encuentra muy compacto, pero presenta un fuerte fracturamiento con echados; lo cual, dá lugar a que se formen bloques de roca inestable. Escasa presencia de agua.				En ésta zona, las rocas de la clave pueden ocasionar inestabilidad debido a su mala calidad.						
MÉTODO DE CONSTRUCCION.		Uso de anclas y marcos de acero en zonas con caídos				Marcos Metálicos, combinados con Concreto Lanzado.				MARCOS METALICOS.		

OBTENCION DE ESFUERZOS Y DEFORMACIONES

CAPITULO III

OBTENCION DE ESFUERZOS Y DEFORMACIONES.

ESTADO NATURAL DE ESFUERZOS.

Antes de iniciar cualquier obra subterránea, es necesario realizar una serie de estudios tendientes a conocer el estado natural de esfuerzos de la roca, ya que el diseño de las obras que se haga, deberá considerar, en forma muy importante, tanto el estado natural como el que se desarrolla durante y después de la construcción de dichas obras. El estado natural de esfuerzos, depende de una serie de factores que no son siempre conocidos a-priori, tales como, la actividad tectónica en el área, las condiciones estructurales de la roca (Fracturamiento, Clase de fracturas, Materiales de relleno de las Fracturas), las condiciones geohidrológicas y otras, así como la topografía.

En éste capítulo, se presentan en forma breve, los métodos más utilizados para el análisis de sistemas de soporte (Ademes). Los ademes se pueden dividir en dos grupos:

- a) PRIMARIOS O TEMPORALES.- Cuya función principal es mantener la estabilidad de la excavación durante su construcción, y,
- b) SECUNDARIOS O DEFINITIVOS.- Con los cuales, se dá el acabado y protección final a la excavación.

En suelos compactos, con suficiente resistencia, es posible la construcción de un solo sistema de soporte, el cual soportará las cargas durante la etapa de construcción, así como las cargas a largo plazo.

Las cargas con las que se diseña la estructura del túnel, dependen principalmente de las propiedades mecánicas del suelo donde se realiza la excavación, de su relación, esfuerzo deformación y de la geometría del túnel.

CAMBIO DE ESFUERZOS PRODUCIDOS POR LA CONSTRUCCION.

Los macizos rocosos que no han sido alterados por las obras hechas por el hombre, se encuentran bajo un cierto estado de esfuerzos, en los cuales, el -- proceso de excavación subterránea, produce nuevos esfuerzos que serán función de las diferentes etapas de construcción. Es importante considerar así mismo, - que la construcción de un túnel no sólo cambia las condiciones de esfuerzo, si no que, en muchos casos, las condiciones de la roca misma. Tal es el caso de - las explosiones que comúnmente fracturan y reducen la resistencia de la roca - alrededor del túnel. Si para lograr un equilibrio, es necesario colocar algún sistema de soporte, se deberán considerar como factores importantes: El tiempo, la forma de colocación del soporte y sus características de deformación.

Con el objeto de lograr un estado de esfuerzo estable, es necesario que - el sistema de soporte actúe sobre el estado de esfuerzos creado por la excavación, modificándolo, de tal modo, que sea compatible con las condiciones de la roca y las características de los ademes. Los ademes son así, componentes del sistema de soporte que reacciona contra la roca que los rodea, produciendo una presión interior estabilizadora.

ESTADO DE ESFUERZOS ALREDEDOR DE CAVIDADES.

Existen teorías que proporcionan el valor de los esfuerzos que se producen alrededor de cavidades. El estado de esfuerzos alrededor de una cavidad, - depende principalmente, de:

- a) La forma de la cavidad.
- b) El estado de esfuerzos antes de hacer la excavación.
- c) Las características mecánicas de las masas de roca que son afectadas por la cavidad.
- d) El tiempo que transcurre después de haber hecho la cavidad.
- e) Las condiciones de trabajo de la obra.

ANALISIS DE CARGAS SOBRE ADEMES.

Las cargas sobre los sistemas de soporte, se pueden determinar mediante el conocimiento del estado de esfuerzos en las contornos del túnel, determinados por medio de las teorías de la elasticidad, de la plasticidad y los métodos numéricos.

Así, por ejemplo, mediante el uso de la teoría de la elasticidad, se pueden obtener las zonas de tensión sobre la clave de un túnel y se podrán diseñar sistemas de soporte capaces de evitar desprendimientos o sobre-excavaciones importantes. La teoría de la Plasticidad, nos permite determinar el esfuerzo que es necesario poner como presión interior en los ademes utilizados y limitar así, los esfuerzos en el medio y el espesor de la roca plástica.

Existen, por otro lado, varios métodos empíricos basados en la experiencia de construcción y en las observaciones sobre comportamientos en obras subterráneas

Dichos métodos, toman en cuenta, no sólo aspectos geométricos, sino también las condiciones especiales de los materiales involucrados, como el efecto del tiempo, del agua, las características de los ademes y otros.

PLANTEAMIENTO TEORICO DE LA VALUACION DE PRESIONES SOBRE ADEME Y REVESTIMIENTO

A continuación, se describen los principios básicos con que se puede plantear el problema de valuación de presiones de los túneles y que, en realidad, nos proporcionará resultados en un grado de confiabilidad mínimo, puesto que, en éstos casos, se exigen características de homogeneidad y uniformidad que el suelo no posee.

ANALISIS ELASTICO.

La aplicación de la teoría de la elasticidad a rocas y suelos, se ha planteado en base al establecimiento de una relación entre los esfuerzos y las deformaciones.

Otra constante elástica utilizada, es el Módulo de Poisson, el cual varía dependiendo del material de que se trate, ya sea roca o suelo.

Esta teoría, permite plantear con relativa sencillez, los estados de esfuerzos en torno a una galería circular perforada en un material, en el que, - las características microscópicas de las propiedades mecánicas, tales como: El esfuerzo y la densidad, puedan usarse para definir el comportamiento mecánico del material; otras formas de galería, implican dificultades matemáticas muy - grandes, que hacen, prácticamente imposible la obtención de soluciones precisas, pero en éste caso, se presenta para dar una imagen amplia del modelo matemático de KIRSCH en la aplicación al cálculo de esfuerzos en el contorno de - una sección circular.

Para obtener resultados de mayor confiabilidad, es necesario que el material en el cual se realizará la excavación, cumpla con las siguientes restricciones:

- a) La roca es homogénea.
- b) La roca es isotrópica con respecto a sus propiedades elásticas.
- c) La respuesta de deformación de la roca, es instantánea con respecto a un cambio de esfuerzos.
- d) La relación entre esfuerzos y deformaciones, es lineal.
- e) Los esfuerzos nunca exceden los límites elásticos de la roca.

De acuerdo a la figura III.1 y a las condiciones que anteriormente se establecieron, se obtienen las siguientes relaciones para la obtención de esfuerzos originados alrededor de una galería circular:

$$Vr = \frac{1}{2} VZ ((1+K_0)(1-a^2/r^2)+(1-k_0)(1+3a^4/r^4-4a^2/r^2)\cos 2 \theta)$$

$$V_{\theta} = 1/2 v_z \left((1+K_0) \left(1 + \frac{a^2}{r^2} \right) - (1-K_0) \left(1 + 3 \frac{a^4}{r^4} \right) \cos 2 \theta \right)$$

$$V_r \theta = 1/2 \epsilon_z (1-K_0) \left(1 - 3 \frac{a^4}{r^4} + 2 \frac{a^2}{r^2} \right) \sin 2 \theta.$$

en el que K_0 , es el coeficiente de presión de tierras en reposo.

Para el caso en el que $r = a$ se tiene que:

$$V_r = 0 = Fr \theta$$

$$V_{\theta} = V_z \left((1+K_0) - 2(1-K_0) \right)$$

En la clave ($\theta = 0$) Ver Figura III.1

$$V_r = \theta = r \theta$$

$$V_{\theta} = V_z (3 K_0 - 1).$$

Se puede observar que V_{θ} es nulo para $K_0 = 1/3$, por lo que se deduce, que si K_0 es menor que $1/3$ de acuerdo a éste análisis, se presentarán fisuras en la clave.

Se presentarán además, las ecuaciones que permiten calcular las deformaciones en torno al túnel a consecuencia del estado de esfuerzos que se determinan como se indicó anteriormente.

A una distancia r del centro del túnel circular, no adomado, de radio a , el desplazamiento radial hacia adentro, producido por la excavación del túnel, resulta ser, según la teoría de la Elasticidad:

$$U = V_z \cdot \frac{1 + \mu}{E} \frac{a^2}{r}$$

En la pared del túnel donde $r = a$, será:

$$U = V_z \frac{1 + \mu}{E} a$$

Los desplazamientos tangenciales son nulos si en el interior del túnel -- existe contra el techo una presión ξ_i .

También se puede determinar un esfuerzo radial promedio en toda la periferia del túnel con la siguiente relación:

$$U_m = 1/2 (1+K_0) \quad V_z \text{ a } \frac{1+K_0}{E}$$

En la figura III.2, se presenta el croquis de los tipos de distribución de esfuerzos en torno a una galería circular en cuestión, presentados por las ecuaciones de KIRSCH. Las soluciones elásticas, suelen ser empleadas rara vez en la práctica, pues ni las rocas, ni los suelos son materiales homogéneos, -- isotrópicos y linealmente elásticos.

De otra manera y de acuerdo a la figura III.3, se tiene que, los esfuerzos tangencial y radial se obtienen por medio de las siguientes relaciones:

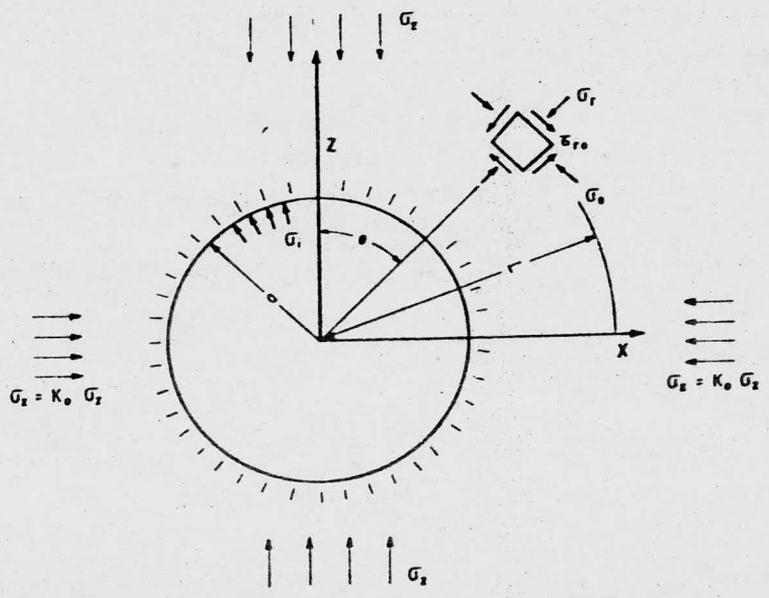
$$V_r = V_z(1-(a/r)-(a/r)^2)$$

$$V_\theta = V_z(1-(a/r)^2) - (a/r)^2$$

TEORIA PLASTICA.

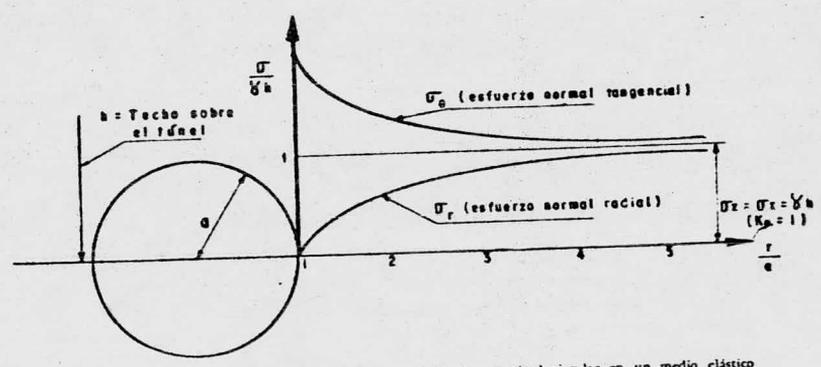
Cuando la magnitud de los esfuerzos excede el límite elástico del material se genera una zona plástica alrededor de la excavación que se profundiza en la roca, hasta que la reducción de esfuerzos que se tiene al alejarse de la excavación sea tal, que los esfuerzos actuantes sean nuevamente menores que el límite elástico.

Uno de los primeros intentos para mejorar la aplicación de las soluciones



Nomenclatura correspondiente a la solución de Kirsch dentro de la Teoría de Elasticidad

FIGURA III.1



Distribución de esfuerzos según Kirsch alrededor de un túnel circular en un medio elástico

FIGURA III.2

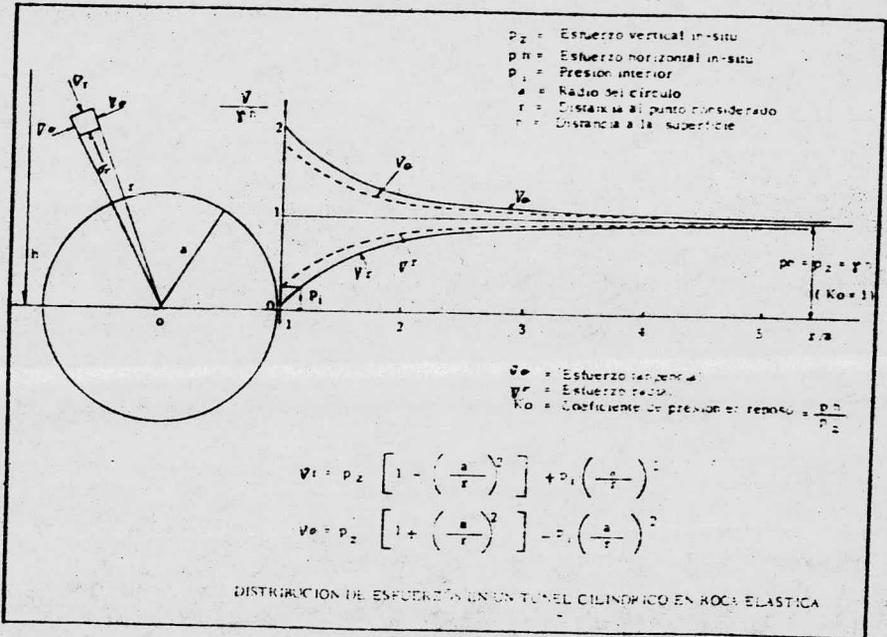


FIGURA III.3

teóricas al cálculo de esfuerzos alrededor de un túnel, consiste en considerar las propiedades elastoplásticas del medio.

El caso más simple para el análisis de un túnel circular, es el que considera que $P_h = P_z = z$, es decir $K_0 = 1$. Así mismo, suponer un criterio de falla tipo MOHR-COULOMB con cohesión "c" y un ángulo de fricción interna ϕ diferentes de cero, tal como $s = c + p \tan \phi$.

La resistencia "s" del material en la pared de la excavación, donde el esfuerzo radial es nulo, es igual a la dada por una prueba de compresión simple. En el interior del macizo rocoso, la resistencia se incrementa debido al confinamiento, es decir, es igual a la dada por una prueba de compresión triaxial.

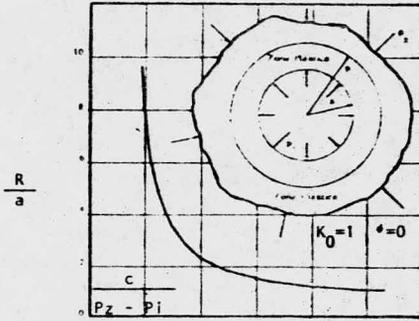
Es evidente que si se aplica una presión interna en la excavación, que puede estar dada por algún sistema de soporte, aumentará el confinamiento y con ello, la resistencia al corte, luego el espesor de la zona plástica, se reducirá.

El radio de la zona plástica, depende del nivel de esfuerzos, de la presión interior y de las constantes c y ϕ . (En las figuras III.4, 5, y 6, se muestra la influencia de éstos parámetros en el caso considerado) .

La aplicación de éstas teorías, está limitada a aquellos casos en que se cumplen, aproximadamente, las hipótesis supuestas.

Existen por otro lado, varios métodos empíricos basados en la experiencia de construcción y en las observaciones sobre comportamiento de obras subterráneas.

Dichos métodos, toman en cuenta, no sólo aspectos geométricos, sino también, los aspectos y condiciones especiales de los materiales involucrados como el efecto del tiempo, del agua, las características de los ademes y otros.



Valor del radio "R" de la zona plástica en función de la cohesión "c" el esfuerzo vertical "Pz" y la presión interior "Pi"

FIGURA III.4

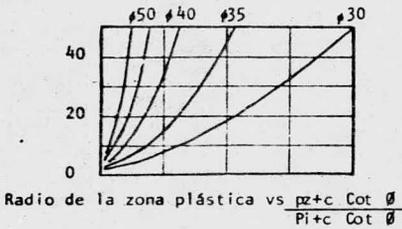
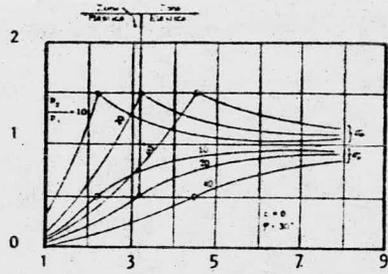


FIGURA III.5



Distribución de esfuerzos alrededor de un túnel circular en material elastoplástico.

FIGURA III.6

CRITERIO DE TERZAGHI.

Este método se fundamenta en sus propios conceptos sobre el fenómeno de arqueado de los suelos. Y define a la carga vertical de la roca o suelo sobre el túnel como la masa de material que tendría que caer desde el techo, de no ser soportada. Los valores de la carga de roca, dependen de la naturaleza de la misma y de una serie de factores como: Agrietamiento, Grado de alteración, etc.

Si la roca está sana o moderadamente alterada, el techo del túnel puede sostenerse asimismo o requerir de un ademe relativamente débil, mientras, que si el agrietamiento o alteración son muy grandes, el empuje sobre el ademe -- puede llegar a comportarse como un empuje normal de tierras.

La carga que actúe sobre los ademes, depende, en cierta medida, del estado de esfuerzos existente en la masa de roca, antes de perforar el túnel.

Terzaghi supone un mecanismo de transmisión de carga de roca a los soportes y define como carga de roca, el peso que tiende a desprenderse del techo del túnel y que debe ser soportada por el ademe. El valor de carga de la roca, varía entre límites cuya frontera no queda muy bien definida y depende de la clase de roca.

La Tabla III.A, presenta las recomendaciones de Terzaghi, comparadas con otras cargas de roca sugeridas por Bierbaumer y por Stini.

Las recomendaciones anteriores, suponen que se requiere ademe para soportar una cierta masa de roca en el túnel y difiere en la forma de masa y en la manera en que los esfuerzos se transmiten desde dicha masa. Sin embargo, los resultados de esas recomendaciones de Bierbaumer y Stini, no parecen estar demasiado lejos de los de Terzaghi.

La aplicación de la Teoría de Terzaghi para la construcción de túneles, ha sido consecuencia de desarrollar algunos métodos empíricos de cálculo de --

presiones en rocas y suelos con características muy particulares, como son -- los siguientes casos:

- Túneles en roca sana e intacta.
- Túneles en roca estratificada.
- Túneles en roca fisurada.
- Túneles en roca triturada.
- Túneles en roca fragmentada.
- Túneles en roca alterada y arcilla.

La tabla III.B, presenta un resumen de los factores que intervienen en -- cada uno de los análisis anteriores, en el que se recomienda un sistema de -- ademe para cada uno de los casos, en función de las características mecánicas de la roca.

METODO DE BIERBAUMER.

La funcionalidad de éste método, se limita únicamente a su aplicación en -- túneles construídos en suelos rocosos, en el que es considerada una carga pa -- rabólica sobre el techo del túnel, como se indica en la figura III.7.

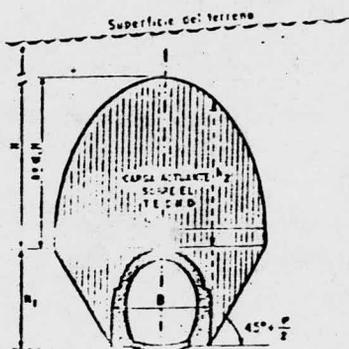
La altura de la parábola se define considerando una cuña de material que -- desliza hacia la cavidad, como se indica en la figura III.8, por lo que, la -- presión vertical, queda definida como:

$$P = \alpha \gamma H$$

en la que α es un factor que depende del ángulo de fricción interna, de -- la geometría del túnel y de la profundidad a la que se encuentra la clave -- del mismo, y que, desarrollada matemáticamente, lleva a la siguiente relación

$$\alpha = 1 - \frac{\tan \phi \tan^2 (45^\circ - \phi / 2) H}{B + 2 H_c \tan (45^\circ - \phi / 2)}$$

DISTANCIA ENTRE FACTURAS CM.	R.Q.D.	CARGA DE ROCA HP		OBSERVACIONES	CARGA DE ROCA HP	OBSERVACIONES	CARGA DE ROCA HP m INICIAL m/FINAL	PRESION LATERAL INICIAL/FINAL	PRESION EN PIES.			
		INIC.	FINAL									
2"	95	0	0	REVESTIMIENTO SOLO SI HAY -POPPING- ASILLAMIENTO COMUN. PRESIONES LATERALES SI LOS ESTRATOS SON INCLINADOS. POCA O NINGUNA PRESION LATERAL. CONSIDERABLES PRESIONES LATERALES REVESTIMIENTO CONTINUO. - DENSO - PRESION LATERAL. Ph=0.35%(0.5Ht + HP) - SUELTO -	0.05	1. ESTABLE	LIGERAMENTE SUELTO.	LIGERAMENTE QUEBRADA.	POCO AFLOJAMIENTO			
	93	0	0.25 B			2. CASI ESTABLE				0.5 - 1	ALGUNAS ROCAS CAEN - POR AFLOJAMIENTO.	
	1"	90	0			0.5 B				3. LIGERAMENTE - QUEBRADA.	1 - 2	AFLOJAMIENTO CON EL TIEMPO.
	6"	75	0			0.25 C 0.15 ac				4. MEDIANAMENTE - QUEBRADA.	2 - 4	INICIALMENTE ESTABLE SE ROMPE DESPUES DE MESES.
	4"	50	0 a 0.6 C			0.35 C 1.1 C				5. QUEBRADA	4 - 10	INICIALMENTE ESTABLE LUEGO SE ROMPE RAPIDAMENTE.
	2"	25				1.1 C				6. MUY QUEBRADA	10 - 15	AFLOJAMIENTO DURANTE LA EXCAVACION, DESPRENDIMIENTO DEL TECHO.
	2"	10	0.54 C a			0.62 C a						
COM - ERENTE.	8.		1.1 C a 2.1 C	FUERTES PRESIONES LATERALES.	7. FLUYE LIGERAMENTE	15 - 25	PRESIONES ALTAS	SUAVE. FLUYE A PROFUNDIDADES MODERADAS.				
	9.		2.1 C a 4.5 C	SEQUIERE APORTE CONTINUO.	8. FLUYE MODERADAMENTE	25 - 40			10/13/15 - 25	4/4	6	
	10.		ARRIBA-DE 250° (90 m)	USO DE SOPORTE CIRCULAR.	9. FLUYE FUERTEMENTE	40 - 60	PRESIONES MUY ALTAS	SUAVE. FLUYE FUERTEMENTE A GRANDES PROFUNDIDADES.	15 - 25/47 - 75	8/6	12	
	TERZAGHI (1946) Notas 1) Para clases de roca 4, 5, 6, 7 cuando está arriba del nivel freático se reducen las cargas al 50% 2) Para áreas (7) HP.min. es para movimientos pequeños (-0.01 C a 0.02 C) HP. máx. para grandes movimientos (-0.15 C). 3) B es el ancho del túnel $C = B + H_t$ = ancho + altura del túnel. Para túneles circulares $H_t = 0$				STINI (1950) Nota: Las cargas son para túneles de 5m. de ancho Para L metros de ancho $HP = H (0.5 + 0.1 L)$ $H = m.$ $ps = m.$		BIERBAUMER (1913) Y OTROS. REF. DEWDEL (1948) Nota: Originalmente las cargas fueron dadas en t/m^2 .					



Esquema de la carga actuante en la teoría de Diebhaumer

FIGURA III.7

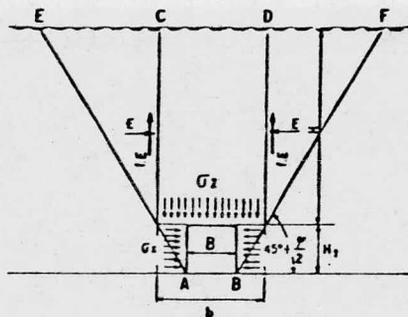


Diagrama operacional de fuerzas en la teoría de Diebhaumer

FIGURA III.8

La tabla III.C, proporciona un conjunto de valores de θ para las condiciones que se citan.

En los casos en que los espesores de cubrimiento sean demasiado pequeños debe tomarse siempre $\theta = 1$. Para espesores excesivos de cubrimiento, siempre que $H \geq 5 (2H_t \tan (45 - \theta/2))$, el coeficiente se hace ya independiente de dicho espesor de cubrimiento y adopta el valor uniforme siguiente:

$$\theta = \tan^4 (45^\circ - \theta/2)$$

METODO DE PROTODYAKONOV.

Este método se utiliza principalmente en suelos granulares, y está fundamentado en el fenómeno de arqueado que se origina por encima del túnel, cuya carga se distribuye parabólicamente como se indica en la figura III.9, en el que, el equilibrio se obtiene cuando los esfuerzos a lo largo de la frontera, son exclusivamente de compresión.

Con éste criterio, la carga vertical que actúa sobre el túnel, está dada por las siguientes expresiones:

Suelos Granulares
$$P = \frac{1}{3} \frac{\gamma B}{\tan \theta}$$

Suelos Cohesivos Friccionantes.
$$P = \frac{1}{3} \frac{\gamma B}{f}$$

Donde:

$f = c/\gamma$ (Para suelos permanentemente cohesivos).

Cargas de roca o suelo sobre túneles		
Estado de la roca o suelo	Carga H_p	Observaciones
	m	
Roca sana e intacta	cero	Ademe ligero, si hay roca explosiva
Roca sana estratificada	0 a 0.5 B	Cuando sea necesario ademe ligero
Roca moderadamente fisurada	0 a 0.25 B	Ademe ligero, si hay roca explosiva
Roca moderadamente fragmentada	0.25 B a 0.95 (B + H_r)	Ademe en el techo, rara vez en las paredes y nunca en el piso
Roca muy fragmentada	0.95 (B + H_r) a 1.10 (B + H_r)	Ademe en el techo y en las paredes
Roca triturada, pero químicamente intacta	1.10 (B + H_r)	Recomendable ademe circular
Grava y arena	0.62 (B + H_r) a 1.4 (B + H_r)	Recomendable ademe circular
Roca que fluye plásticamente (a poca profundidad)	1.10 (B + H_r) a 2.10 (B + H_r)	Conviene ademe circular
Roca que fluye plásticamente (a gran profundidad)	2.10 (B + H_r) a 4.50 (B + H_r)	Conviene ademe circular
Roca expansiva	Hasta 70 m. independientemente del valor de (B + H_r)	Indispensable ademe circular

NOTA: Los valores en la columna H_p se refieren a la carga final que se produce en un túnel no ademado.

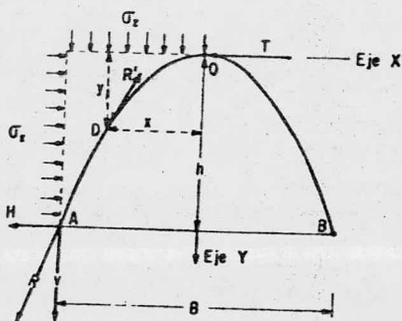
TABLA III.B

Valores del coeficiente α en la teoría de Bierbäumer

Túnel simple (Una banda de circulación) B = 7 m; H_r = 8 m

H (m) \ ϕ	15°	20°	25°	30°	35°	40°	45°
20	0.80	0.79	0.78	0.77	0.76	0.74	0.72
30	0.70	0.69	0.67	0.65	0.63	0.61	0.58
40	0.60	0.58	0.56	0.54	0.51	0.48	0.44
50	0.50	0.48	0.44	0.42	0.38	0.34	0.30
75	0.42	0.38	0.32	0.26	0.21	0.17	0.12
100	0.36	0.32	0.26	0.20	0.15	0.12	0.09
125	0.35	0.28	0.22	0.17	0.12	0.09	0.07
150	0.35	0.24	0.19	0.14	0.10	0.08	0.06
175	0.35	0.24	0.17	0.12	0.08	0.06	0.04
200	0.35	0.24	0.17	0.11	0.07	0.05	0.04
> 200	0.35	0.24	0.17	0.11	0.07	0.05	0.03

TABLA III.C



Croquis explicativo para plantear el método de Protodyakonov

FIGURA III.9

$$f = c/QU + \tan \phi \quad (\text{Para suelos cohesivos friccionantes})$$

$$f = q_{uc}/100 \quad (\text{Para rocas}).$$

en donde:

q_{uc} = Resistencia a la compresión simple.

En la tabla III.0, se presenta un conjunto de valores empíricos del coeficiente de resistencia para varios suelos y rocas.

METODO DEL ELEMENTO FINITO.

Este método, como alguno de los anteriormente descritos, se basan fundamentalmente en el fenómeno de arqueado de la masa de sub-suelo, alrededor de la excavación subterránea y haciendo uso del principio de trabajo de deformación-mínimo; éste principio, es la base para los métodos numéricos de distribución de esfuerzos.

BASES FUNDAMENTALES DEL METODO.- A continuación se mencionan las bases elementales del método del elemento finito:

- Se cumple el principio de arqueado en la masa de sub-suelo, alrededor de la excavación subterránea.
- Se considera que la configuración del arco formado por el fenómeno de arqueado, es parabólico.
- De acuerdo a la figura III.10, se considera que la presión por arriba del arco de carga, es distribuida por éste elemento hacia los lados de la excavación y un arco similar.
- Se considera, además, que los esfuerzos inducidos en el arco de carga, son uniformes en todo su espesor.

Valores empíricos del coeficiente de resistencia f en el método de Protodyakonov

Grado de resistencia	Tipo de roca o suelo	γ_m kg/m ³	q_m kg/cm ²	Factor f —
Muy alto	Granitos masivos, cuarcitas o basaltos sanos y, en general, rocas duras sanas y muy resistentes.	2.800-3.000	2.000	20
Muy alto	Granitos prácticamente masivos, pórfidos, pizarras silíceas, areniscas y calizas sanas.	2.600-2.700	1.500	15
Alto	Granitos y formaciones similares. Areniscas y calizas prácticamente sanas. Conglomerados muy resistentes. Limonitas resistentes.	2.500-2.600	1.000	10
Alto	Calizas en general. Granitos meteorizados. Limonitas. Areniscas relativamente resistentes. Mármoles. Piritas.	2.500	800	8
Moderadamente alto	Areniscas normales.	2.400	600	6
Moderadamente alto	Pizarras.	2.300	500	5
Medio	Lutitas. Calizas y areniscas de baja resistencia. Conglomerados no muy duros.	2.400-2.800	400	4
Medio	Lutitas. Pizarras arcillosas. Margas.	2.400-2.600	300	3
Moderadamente bajo	Lutitas blandas. Calizas muy fracturadas. Yesos. Areniscas en bloques. Gravas cementadas.	2.200-2.600	200-150	2-1.5
Moderadamente bajo	Gravas. Lutitas y pizarras fragmentadas. Depósitos de talud duros. Arcillas duras.	2.600	—	1.5
Bajo	Arcilla firme. Suelos arcillosos.	1.700-2.000	—	1.0
Bajo	Locs. Formaciones de arena y grava. Suelos areno-arcillosos o limo-arcillosos.	1.700-1.900	—	0.8
Suelos	Suelos con vegetación. Turbas. Arenas húmedas.	1.600-1.800	—	0.6
Suelos granulares	Arenas y gravas.	1.400-1.600	—	0.5
Suelos plásticos	Limos y arcillas blandos.	—	—	0.3

TABLA III.D

Las características geométricas obtenidas para el arco de carga, de acuerdo a la figura III.10, se definen en función del ancho de la excavación, puesto que, a mayor dimensión de la excavación subterránea, mayor será la zona en que se presente la redistribución de esfuerzos inducidos por la presencia de roquedad, así, de ésta manera, lo establecen también, las Teorías de la Elasticidad y de la Plasticidad.

Una vez definida la posición del arco de carga generado por la excavación, se procede a determinar los esfuerzos provocados por el peso total del sub-suelo, entre la superficie y el arco, que es soportado por éste elemento y distribuido hacia los lados de la excavación. (Figura III.11)

SELECCION DEL ADEME MAS ADECUADO.

Como ya se ha visto, se pueden determinar los esfuerzos en la masa de roca alrededor de cavidades, de acuerdo con las Teorías y métodos anteriormente descritos. Muchos de los túneles, desafortunadamente, no cumplen con las hipótesis que dichas Teorías establecen, y el comportamiento de los túneles está principalmente regido por la calidad de la roca.

Anteriormente se tomaba el porcentaje de recuperación de un barreno de exploración como indicador de la calidad de la roca. Este parámetro llamado "Porcentaje de recuperación", tiene una aplicabilidad limitada porque está basado únicamente en la cantidad de muestra recuperada, sin importarle si la roca es sana, si está fisurada, alterada, etc. Además, siempre puede haber la duda si dicha recuperación está o no afectada por la habilidad del perforista, de la condición de las herramientas, etc.

El coeficiente R.Q.D., elimina algunas de las incertidumbres, mediante la clasificación y obtención de otras características, como son: El grado de alteración y el fisuramiento de la roca. El R.Q.D. se puede relacionar con algunas propiedades de las rocas y su comportamiento cualitativo como se muestra en la tabla III.E según DEER y MERRIT.

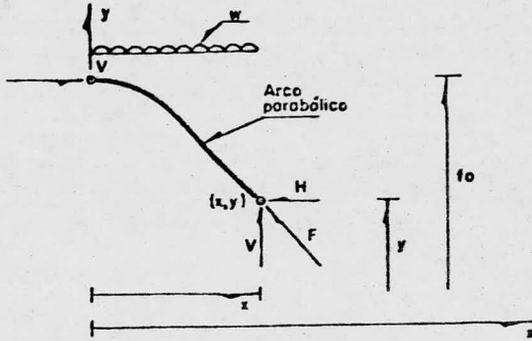


FIGURA III.10

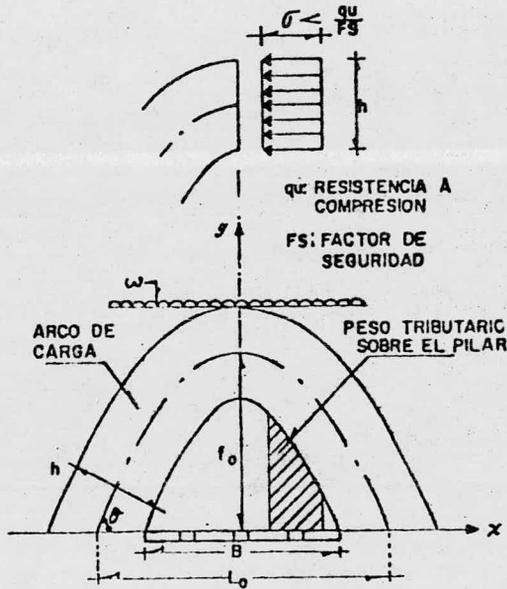


FIGURA III.11

Existe otra interesante relación entre el R.Q.D. y el tipo de ademe necesario, sugerida por COON y se muestra en la tabla III.E'.

Es conveniente y útil, contar con los valores del R.Q.D. de la roca a lo largo del túnel, para poder, de ésta manera, definir otras características en función de las tablas mencionadas con anterioridad.

COON mostró en uno de sus estudios, la relación que existe entre el R.Q.D. y el ademe necesario para túneles en roca, y sus recomendaciones se presentan en la Tabla III.F; las cargas tentativas mostradas en dicha tabla, están basadas sobre las siguientes hipótesis simplificadoras:

- El R.Q.D., describe adecuadamente la calidad de la roca.
- Los ademes son colocados correctamente, lo más cerca posible del frente (De 0.60M. a 1.2M. para marcos de acero y anclas; y hasta el frente para concreto lanzado, colocación adecuada del retaque y los separadores, tensión adecuada, etc.
- El túnel tiene una sección transversal de igual ancho y altura (ya sea en herradura o circular).
- El ancho del túnel, está comprendido entre 6 y 12 M.
- Los esfuerzos naturales son lo suficientemente bajos para que las concentraciones de esfuerzos en la periferia de la excavación, nunca exceda la resistencia a la compresión simple.

DISEÑO DEL REVESTIMIENTO DEFINITIVO DE TUNELES.

Actualmente es usual, que la construcción del revestimiento de los túneles se realice en dos etapas; una de ellas, que ya se describió anteriormente y que es el revestimiento primario, y un segundo llamado revestimiento definitivo, en el cual, se consideran todas las cargas y factores que intervienen durante el servicio de la estructura y que deberá ser capaz de soportar las cargas que, con el tiempo actúen sobre dicho conjunto.

RELACION EN EL R. Q. D. INDICE DE VELOCIDAD Y LA CALIDAD DE LA ROCA.

R. Q. D.	INDICE DE VELOCIDAD.	DESCRIPCION DE LA-CALIDAD DE LA ROCA
0 - 25	0 a 0.20	Muy mala.
25 - 50	0.20 a 0.40	Mala.
50 - 75	0.40 a 0.60	Regular.
75 - 90	0.60 a 0.80	Buena.
90 - 100	0.80 a 1.00	Excelente.

$\text{INDICE DE VELOCIDAD} = \frac{V_F}{V_L}^2$	$V_F = \text{VELOCIDAD SISMICA IN-SITU}$ $V_L = \text{VELOCIDAD SONICA EN EL LABORATORIO.}$
--	--

DEER (1967) Y MERRITT (1968).

TABLA III.E

RELACION ENTRE EL R. Q. D. Y LAS NECESIDADES DE SOPORTE.

R. Q. D.	3.04 m. (10 ft)	7.60 m. (25 ft)	15.20 m. (50 ft).
90 - 100	Min.	Min. a Int.	Int. a Max.
75 - 90	Min. a Int.	Int.	Max.
50 - 75	Int. a Max.	Max.	Max.
25 - 50	Max.	Max.	Max.
0 - 25	Max.	Max.	Max.

<p>Soporte Minimo = Min. = No necesita ademe o anclas ocasionales.</p> <p>Soporte Intermedio = Int. = Marcos ligeros o plantilla de anclaje.</p> <p>Soporte Máximo = Max. = Marcos pesados de acero o anclas largas y malla.</p>
--

Coon (1968).

TABLA III.E'

RECOMENDACION PARA LOS SISTEMAS DE SOPORTE EN TUNELES EN ROCA				
CALIDAD DE LA ROCA	METODO CONSTRUCTIVO	SISTEMA DE SOPORTE		
		MARCOS METALICOS 2	A N C L A S 3	CONCRETO LANZADO
EXCELENTE 1 RQD > 90	A. Perforadora Integral	Ninguno a ligero carga de roca - (0.0 a 0.2) B	Ninguna	Ninguno o aplicaciones locales
	B. Convencional	Ninguno a ligero carga de roca - (0.0 a 0.3) B	Ninguna	Ninguno o aplicación local 2 a 3 pulg.
BUENA 1 75 < RQD < 90	A. Perforadora integral	Ocasionalmente Marcos ligeros colocados entre 1.5 y 1.8 m carga de roca - (0.0 a 0.4) B	Ocasionalmente - anclas separadas a 1.50 o 1.8 m centro a centro.	Ocasional aplicación local 2 a 3 pulg.
	B. Convencional	Marcos colocados a 1.5 o 1.8 m - carga de roca -- (0.3 a 0.6) B	Plantilla de anclas separadas 1.50 - 1.8 m centro a - centro.	Ocasionalmente aplicación local 2 a 3 pulg.
REGULAR 50 < RQD < 75	A. Perforadora Integral	Marcos ligeros a - mediano 1.5 a 1.8 m c.a.c. carga de roca (0.4 a 1.0) B	Plantilla de anclas de 1.2 a 1.8 m c.a.c.	2 o 4 pulg. en la clave.
	B. Convencional	Marcos ligeros a --- medianos con 1.20 a 1.5 m c.a.c. --- carga de roca - (0.6 a 1.3) B	Plantilla de 0.9 a 1.5 m c.a.c.	4 pulg. o más en la clave y en las paredes.

TABLA III.F

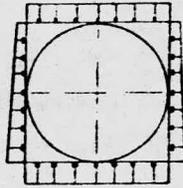
MALA, 25< RQD450	2	A. Perforadora Integral	Marcos circulares medianos separados entre 1.20 y -- 1.60 m carga de roca --- (1.0 a 1.6) B	Plantilla de 0.9 a 1.5m c.a.c.	4 a 6 pulg. en clave y paredes combinado con anclas.
		B. Convencional	Marcos de medianos a pesa- dos colocados entre 0.6 y -- 1.20 m c.a.c. carga de - roca (1.3 a 2.0) B	Plantilla de 0.6 a 1.20 m c.a.c.	6 pulg. o más en la clave y - paredes, combinado con ---- anclas.
MUY MALA RQD425	3	A. Perforadora Integral	Circulares medianos a ---- pesados colocados a 0.60 m c.a.c. carga de roca ----- (1.6 a 2.2) B	Plantilla de 0.60 a --- 1.20 m	6 pulg. o más en toda la ---- sección combinado con marcos medianos.
		B. Convencional	Circulares pesados a 0.60 m c.a.c. carga de roca ----- (2.0 a 2.8) B	Plantillas de 0.90 m. c.a.c.	6 pulg. o más en toda la ---- sección combinado con ---- marcos medianos o pesados.
MUY MALA (roca que fluye ó expansiva)	4	A. Perforadora Integral	Circulares muy pesados 0.60 m c.a.c. carga de roca -- arriba de 75 mts.	Plantillas 0.60 a 0.90 m c.a.c.	6 pulg. o más combinado con marcos pesados.
		B. Convencional	Circulares muy pesados 0.60 m c.a.c. carga de roca -- arriba de 75 m	Plantillas de 0.60 a -- 0.40 c.a.c.	6 pulg. o más combinado con marcos pesados.

- NOTAS:
1. En roca buena y excelente, el soporte requerido en general es mínimo pero puede depender de la --- geometría de los factores, del diámetro del túnel y de la orientación relativa de las fracturas.
 2. El retaque de madera usualmente es igual a cero en la roca excelente y varía entre 25% en roca buena y 100% en roca muy mala.
 3. La necesidad de poner malla usualmente es cero en roca excelente y ocasional en roca buena hasta -- 100% en roca muy mala.
 4. B = ancho del túnel.

En éste tipo de estructuras, es importante la interacción que existe entre el suelo y la estructura. Para visualizar éste comportamiento, se presenta un ejemplo, en el que se pueden establecer perfectamente los factores que intervienen dentro del diseño del revestimiento definitivo. Se analizará un anillo circular sometido a la carga del suelo, según se indica en la Figura III.12. - Como las cargas verticales son mayores que las horizontales, la estructura se deformará como se indica en la Figura III.13, en la que se puede observar que en una parte de pared, la estructura empuja sobre el terreno, originando reacciones horizontales del terreno mayores que el empuje del suelo en reposo, --- mientras que en otras zonas, los desplazamientos de la estructura provocan que el suelo cargue horizontalmente sobre la estructura con presiones de tipo activo.

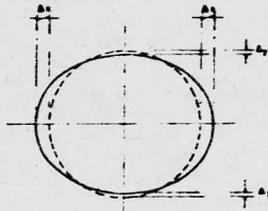
Lo mismo ocurre con la reacción del suelo de la base, en donde existirá - una zona donde la estructura es más rígida y la reacción en la base es mayor, - y otra zona donde la reacción vertical es menor. Para visualizar mejor éste -- procedimiento de redistribución de esfuerzos, se propone el siguiente modelo - en el que se puede idealizar al suelo como un conjunto de barras que tengan -- una rigidez a la compresión igual a la del suelo perimetral. Para poder valuar la rigidez del suelo a la compresión simple, es necesario realizar pruebas de placa que permitan conocer el Módulo de Elasticidad, posteriormente, se podrán definir las propiedades geométricas y elásticas de las barras que simulan el - suelo. (Figura III.14).

Como se puede observar en la figura III.15, los resultados del análisis - en que se considera la interacción del suelo con la estructura, muestran una - distribución de reacción del suelo sobre la estructura, diferente a las consi-- deraciones tradicionales de reacción uniforme y empuje de reposo, con concen-- traciones de la reacción vertical en los extremos de la sección del túnel y -- concentraciones de la reacción horizontal a la mitad de la altura del túnel. - Según se observa, en la figura III.16, los momentos flexionantes máximos, re-- sultan menores cuando se considera el fenómeno de interacción suelo-estructu-- ra, siendo diferentes las posiciones de los momentos máximos. El método ante-- riormente descrito, se conoce con el nombre de MODELO REOLOGICO.



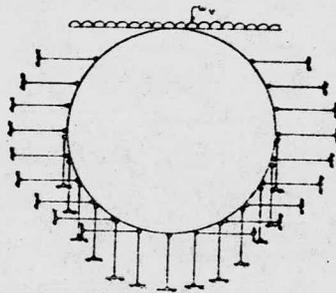
a) CARGAS

FIGURA III . 12



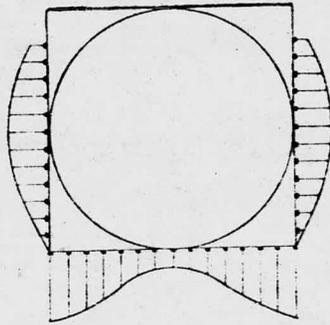
b) DEFORMACIONES

FIGURA III . 13



MODELO PROPUESTO PARA EL ANALISIS DE INTERACCION SUELO - ESTRUCTURA.

FIGURA III.14



CARGAS Y REACCIONES DEL SUELO SOBRE LA ESTRUCTURA.

FIGURA III.15

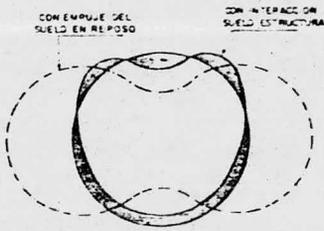


DIAGRAMA DE MOMENTOS FLEXIONANTES

FIGURA III.16

PROYECTO

CAPITULO IV

PROYECTO .

Este capítulo se enfoca principalmente a la obtención de la sección estructural definitiva, basado en lo expuesto a los capítulos anteriores (resultados de exploración geotécnica, teoría de cálculo de esfuerzos y deformaciones).

Para la elaboración de éste capítulo se consideró como base el sondeo número VI, para poder explicar de una mejor manera la aplicación de la teoría a un problema real.

Se presenta un cuadro en el que se incluye los parámetros más importantes para la ejecución del proyecto de las secciones estructurales definitivas del túnel. Tabla IV-A.

Otros factores importantes para el diseño de la sección es el cálculo de los elementos mecánicos que actúan en el revestimiento, tales como momentos flexionantes y fuerzas cortantes, y para el cual fueron utilizadas las combinaciones de las fórmulas dadas por Raymond J. Roark en "Formulas For Stress and Strain".

PESO PROPIO

$M_A = + 0.445 W_{pp}R^2$	$T_A = - 1.167 W_{pp}R$
$M_B = - 0.390 W_{pp}R^2$	$T_B = - 1.570 W_{pp}R$
$M_C = + 0.350 W_{pp}R^2$	$T_C = 0.167 W_{pp}R$

PRESION RADIAL INTERIOR DEL AGUA

$M_A = 0.219 KR_1^3$	$T_A = 1.417 KR_1^2$
$M_B = - 0.194 KR_1^3$	$T_B = 0.215 KR_1^2$
$M_C = 0.176 KR_1^3$	$T_C = 0.584 KR_1^2$

PARAMETROS PARA LA OBTENCION DE Pv v Ph.

-77-

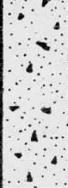
PROF. (M)	PERFIL	MATERIAL.	ESPESOR (M)	COEF. DE FRACC. μ	P.O.D.	MODULO DE ELAST. T/M ²	PESO ESP T/M ³	RESIST A LA COMP. Kg/cm ²	COHESION Kg/cm ²	FACTOR DE RESIST.
5		MAT. ORGANICO	1		35	350	1.40	10	20	0.50
		ARCILLA	4	30	85	1600	1.60	50	25	0.65
10										
15		BRECHA VOLCANICA	21	42	60	850	2.40	180	90	0.95
20										
25										
30										
35		ARENA TOBACEA	9	26	75	1200	2.30	400	200	2.00
40										
45		TOBA ARCILLOSA	8	28	75	1200	2.20	150	75	0.80
50										
55		BRECHA VOLCANICA	12	42	50	650	2.40	200	100	1.30
60										
65		ANDESITA PORFIRITICA	16	31	75	1200	2.50	390	195	1.80
70										
75		ARCILLA	2	25	70	1050	1.65	80	40	0.50
80										
85		ANDESITA PORFIRITICA	3	31	75	1200	2.50	400	200	2.00
90										
95		ANDESITA PORFIRITICA SANA.	31	67	80	1600	2.90	1500	750	7.00
100										
105										
110										
		TUNEL.								
										

TABLA IV-A

PRESION VERTICAL

$$\begin{array}{ll} M_A = 0.25 WvR^2 & T_A = 0.000 \\ M_B = - 0.25 WvR^2 & T_B = - WvR \\ M_C = 0.25 WvR^2 & T_C = 0.000 \end{array}$$

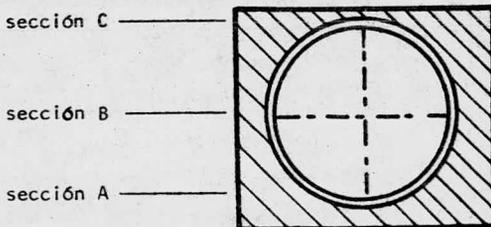
PRESION HORIZONTAL (DISTRIBUCION UNIFORME)

$$\begin{array}{ll} M_A = - 0.25 WhR^2 & T_A = - WhR \\ M_B = 0.25 WhR^2 & T_B = 0.000 \\ M_C = - 0.25 WhR^2 & T_C = - WhR \end{array}$$

PRESION RADIAL EXTERIOR DE AGUA

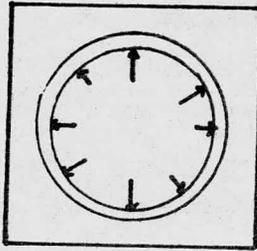
$$\begin{array}{ll} M_A = - 0.219 KR^3 & T_A = - 1.417 KR^2 \\ M_B = 0.194 KR^3 & T_B = - 0.215 KR^2 \\ M_C = - 0.176 KR^3 & T_C = - 0.584 KR^2 \end{array}$$

Los momentos indicados anteriormente corresponden a los puntos que se indican en la siguiente figura.



PRESION HIDROSTATICA INTERIOR.

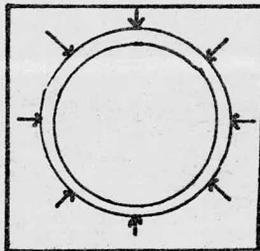
Además de las normales indicadas anteriormente, debemos tomar en cuenta las que se presentan debido a la presión hidrostática interior y exterior.



$$T = P_i R_i$$

P_i = Presión hidrostática interior.

PRESION HIDROSTATICA EXTERIOR.



$$T = -P_e R$$

P_e = Presión hidrostática exterior

El revestimiento final del túnel, deberá diseñarse plásticamente, considerando la sección como una columna de ancho unitario, de acuerdo a las condiciones de carga que se presentan; utilizando los lineamientos dados en el Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal, en que se utilizan las curvas dibujadas en la figura IV-1.

CALCULO DE Wh y Wv PARA EL SONDEO VI.

TEORIA DE PROTODYAKONOV

Presión Vertical:

$$W_v = \frac{\gamma' B}{3f}$$

$$\gamma' = \frac{\sum \gamma' h}{h}$$

Donde: h = Profundidad al eje central del túnel.

$$\gamma' = \frac{266}{107} = 2.49 \text{ Ton/M}^3$$

Se considera un angulo de fricción de 66° (Según tabla IV-A)

$$B = D[1+2\tan.(45^\circ-\phi/2)]$$

$$B = 4.80[1+2\tan.(45^\circ-33^\circ)]$$

$$B = 6.84 \text{ Mts.}$$

Factor de resistencia.

$$f = 7 \text{ (De la tabla IV-A)}$$

$$W_v = \frac{(2.49)(6.84)}{3(7)} = \underline{\underline{0.81 \text{ Ton/M}^2}}$$

Presión horizontal.

$$W_h = \frac{0.26 W_{pp}^3 + 0.17 W_v R^3 + 0.13 KR^5/R - 0.13 KR^4}{2.70 \frac{EI}{EF} + 0.17 R^3}$$

$$W_{pp} = 0.40 \times 2.4 = 0.96 \text{ Ton/M}^3 \text{ (Suponiendo un espesor de revestimiento de 40 cm.)}$$

$$W_v = 0.81 \text{ Ton/M}^2$$

$$K = 1 \text{ Ton/M}^3$$

$$R = 2.40 \text{ M.}$$

$$R1 = 2.00 \text{ M.}$$

$$E = 10,000 \quad f'c = 10,000 \quad 250 = 158,113.88 \text{ Kg/M}^2 = 158.113 \text{ Ton/M}^2$$

$$E_r = 1.6 \text{ Ton/M}^2$$

$$I = \frac{1.0 \times 0.40^3}{12} = 0.01 \text{ M}^4$$

$$EI = (158.113)(0.01) = 1.58 \text{ Ton-M}^2$$

$$0.26 W_{pp}R^3 = 0.26 (0.96)(2.4)^3 = + 3.45 \text{ Ton-M.}$$

$$0.17 W_vR^3 = 0.17 (0.81)(2.4)^3 = + 1.90 \text{ Ton-M.}$$

$$0.13 KR1^5/R = 0.13 (1)(2.0)^5/2.40 = + 1.73 \text{ Ton-M.}$$

$$0.13 KR^4 = 0.13 (1)(2.4)^4 = - 4.31 \text{ Ton-M.}$$

$$\text{S U M A : } \quad \underline{\underline{2.77 \text{ Ton-M.}}}$$

$$2.70 \frac{EI}{E_r} = 2.7 \frac{(1.58)}{1.6} = + 2.66 \text{ M}^4$$

$$0.17 R^3 = 0.17 (2.40)^3 = + 2.35 \text{ M}^4$$

$$\text{S U M A : } \quad \underline{\underline{5.01 \text{ M}^4}}$$

$$W_h = \frac{2.77}{5.01} = \underline{\underline{0.55 \text{ Ton/M}^2}}$$

MEMORIA DE CALCULO DE LOS ELEMENTOS MECANICOS

C O N D I C I O N E S D E C A R G A						
	SEC.	PESO PROPIO	PRESION RADIAL INT. DEL AGUA	PRESION VERTICAL	PRESION HORIZONTAL	S U M A
M O A	1/	$0.445 W_{ppR}^2$	$0.219 K R_i^3$	$0.250 W_{vR}^2$	$- 0.250 W_{hR}^2$	4.58 Ton-M
	2/	2.46	1.75	1.16	- 0.79	
E N B	1/	$- 0.390 W_{ppR}^2$	$- 0.194 K R_i^3$	$- 0.250 W_{vR}^2$	$0.250 W_{hR}^2$	- 4.07 Ton-M
	2/	- 2.15	- 1.55	- 1.16	0.79	
O S C	1/	$0.350 W_{ppR}^2$	$0.176 K R_i^3$	$0.250 W_{vR}^2$	$- 0.250 W_{hR}^2$	3.70 Ton-M
	2/	1.93	1.40	1.16	- 0.79	
C O R A	1/	$- 0.167 W_{ppR}$	$1.417 K R_i^2$	0.00	$- W_h R$	3.96 Ton
	2/	- 0.38	5.66	0.00	- 1.32	
T A N B	1/	$- 1.570 W_{ppR}$	$0.215 K R_i^2$	$- W_v R$	0.00	- 4.69 Ton
	2/	- 3.61	0.86	- 1.94	0.00	
T E S C	1/	$0.167 W_{ppR}$	$0.584 K R_i^2$	0.00	$- W_h R$	1.39 Ton
	2/	0.38	2.33	0.00	- 1.32	

NOTAS:

1/ RELACIONES PARA LA OBTENCION DE ELEMENTOS MECANICOS.

2/ ELEMENTOS MECANICOS CALCULADOS.

Diseño de la Sección Definitiva.

Constantes de Cálculo.

$$f'c = 250 \text{ Kg/cm}^2$$

$$f^*c = 0.80 f'c = 200 \text{ Kg/cm}^2$$

$$f''c = 0.85 f^*c = 170 \text{ Kg/cm}^2$$

$$fy = 4,200 \text{ Kg/cm}^2$$

$$FR = 0.85$$

$$Fc = 1.4$$

MOMENTOS

$$M_A = 4.58 \text{ Ton-m}$$

$$M_B = -4.07 \text{ Ton-m}$$

$$M_C = 3.70 \text{ Ton-m}$$

FUERZAS

$$P_A = 3.96 \text{ Ton.}$$

$$P_B = -4.69 \text{ Ton.}$$

$$P_C = 1.39 \text{ Ton.}$$

	SECCIONES		
	A	B	C
h	30.00	30.00	30.00
d	25.00	25.00	25.00
$K = P/FRbhf''c$	0.012	0.015	0.004
$R = M/FRbh^2f''c$	0.049	0.044	0.040
q	0.10	0.10	0.10
$p = f''cq/fy$	0.004	0.004	0.004
$As = pbd$	10.12	10.12	10.12
$S = Avb/As$	12.54	12.54	12.54

Por lo tanto, colocar varillas del # 4 a cada 10 cm.

Cálculo del Acero Longitudinal.

En este caso, sólo se considera el área de acero mínimo por temperatura, puesto que esta sección se localiza en una zona en donde las deformaciones se consideran despreciables, de acuerdo con los resultados de instrumentación.

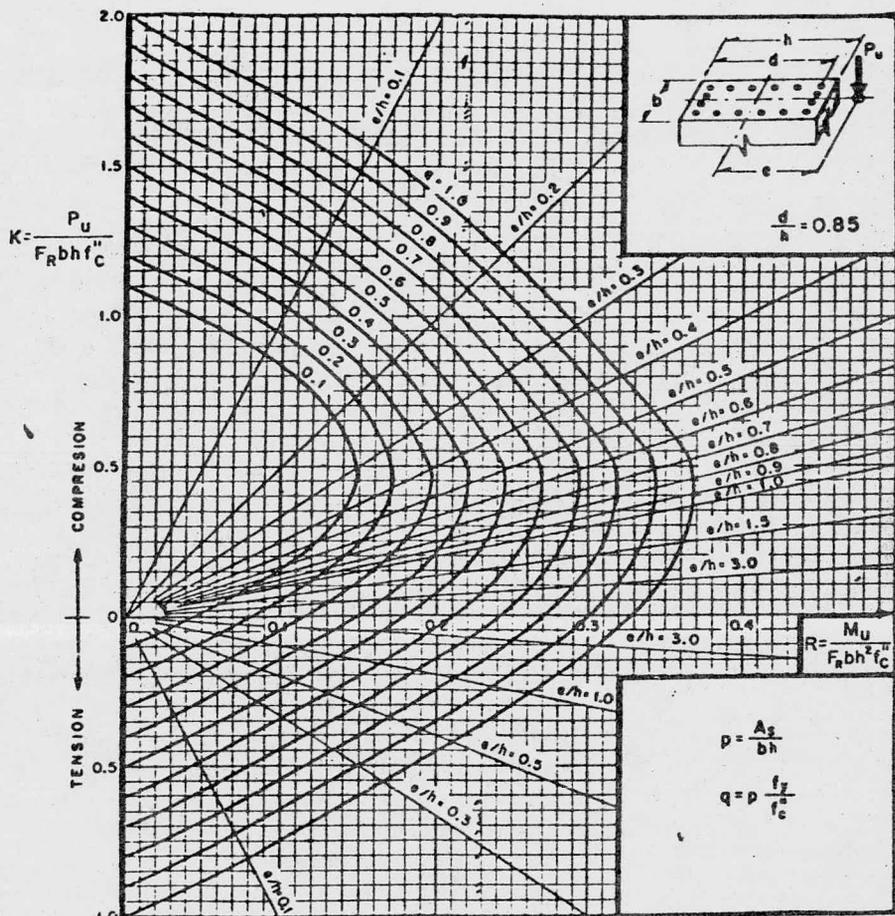
$$As = 0.002 bd = 0.002 (100) (25)$$

$$As = 5 \text{ cm}^2$$

$$S = Avb/As = 1.27 (100) / 5$$

$$S = 25 \text{ cm}$$

Por lo tanto, colocar varillas longitudinales del # 4 a cada 25 cm.



Donde:

A_s = Area total de refuerzo

$f_c'' = 0.85 f_c'$; si $f_c' \leq 250 \text{ kg/cm}^2$;

M_u = Momento flexionante de diseño

P_u = Carga axial de diseño

K, R = Parámetros para la obtención de q

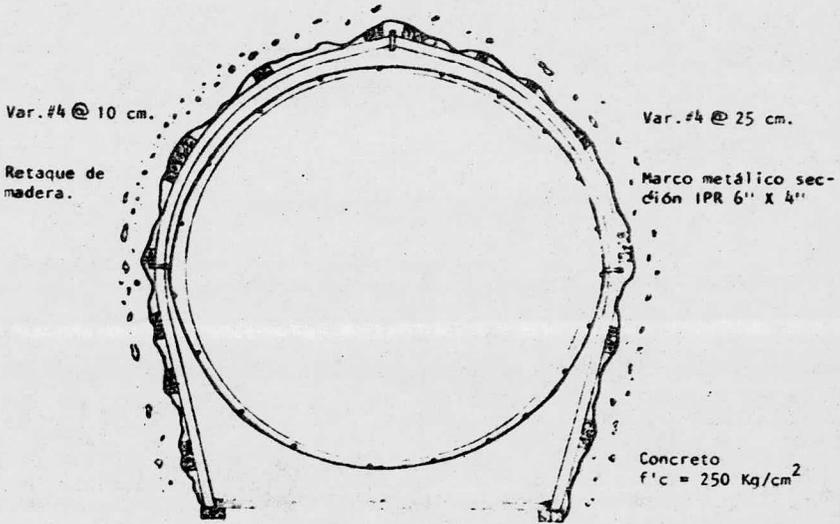
A_v = Area de refuerzo por tensión

$f_y'' = \left(1.05 - \frac{f_c'}{1250}\right) f_c'$; si $f_c' > 250 \text{ kg/cm}^2$

h = Altura de la sección

d = Peralte efectivo

TABLA IV - A



Var. #4 @ 10 cm.

Retaque de madera.

Var. #4 @ 25 cm.

Marco metálico sección 1PR 6" X 4"

Concreto
 $f'c = 250 \text{ Kg/cm}^2$

SECCION ESTRUCTURAL DEFINITIVA

sin escala

PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO

CAPITULO V

PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO.

Para tener una idea clara del Procedimiento Constructivo, se presenta en primer término, el Programa de Actividades por medio de un Diagrama de Barras en las cuales se indica: Fecha de Inicio, Fechas de Terminación y Duración de actividades, así como también los rendimientos teóricos de excavación. (Fig. V - 1).

El proyecto consiste en excavar 2 Km. de tunel aproximadamente, contando con escasos estudios preliminares para ésta excavacion, lo cual, como era de esperarse, trajo como consecuencia, se presentaran un sinnúmero de problemas de toda índole.

Esta excavación, como cualquier trabajo de Ingenierfa, estuvo sujeta --- siempre a una estricta programación, la cual fue cambiando y tuvo modificaciones de acuerdo a las condiciones que se fueron presentando a medida que los trabajos se iban realizando.

Fueron muy variados los tipos de materiales encontrados a lo largo del túnel y por ende los métodos y procedimientos empleados para su ataque.

ANALISIS SOMERO DE LOS RENDIMIENTOS PROBABLES PARA LA CUANTIFICACION DEL PROGRAMA.

Para definir un programa, es necesario; en primer lugar, tener un conocimiento previo de lo que se va a realizar. Por eso es muy importante conocer:

- 1.- Los datos de proyecto para establecer el programa.

ACUEDUCTO PERIFERICO RAMAL SUR

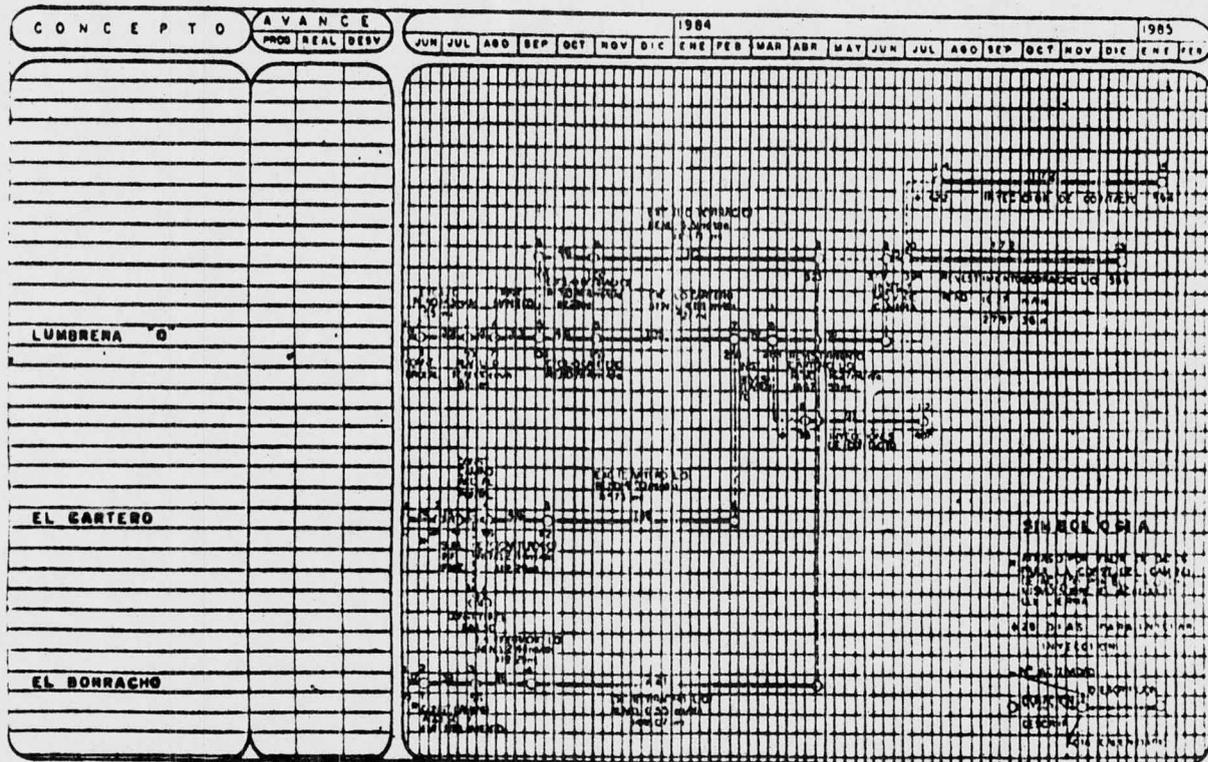


FIG. - V - B.

PROGRAMA DE FLUJO

100

a) Longitudes.

Excavar 1,462 m. del túnel para el frente "Lumbrera 0 - Cartero".

Excavar 1,237 m. del túnel para el frente "Lumbrera 0 - Borracho".

Revestir e inyectar 1,462 m. de túnel para el frente "Lumbrera 0 - Cartero".

Revestir e inyectar 1,237 m. de túnel para el frente "Lumbrera 0 - Borracho".

b) Tipo de sección.

Ver figura IV-2.

c) Otros.

El material que se debe excavar en los túneles, es de distintos tipos. (Se proporcionan ciertas características obtenidas por medio de algunos sondeos de exploración).

2.- Estadística de experiencias adquiridas con anterioridad. Fueron proporcionadas por ingenieros, con datos obtenidos desde la iniciación de la obra.

De las experiencias se obtuvieron ciclos de trabajo; parte importante de la excavación de túneles.

3.- En caso de no contar con la estadística, buscar aquellas que nos proporcionan el conocimiento por medio de la investigación. (fig. IV-3)

ANALISIS DE RECURSOS PARA CUMPLIMIENTO
DEL PROGRAMA.

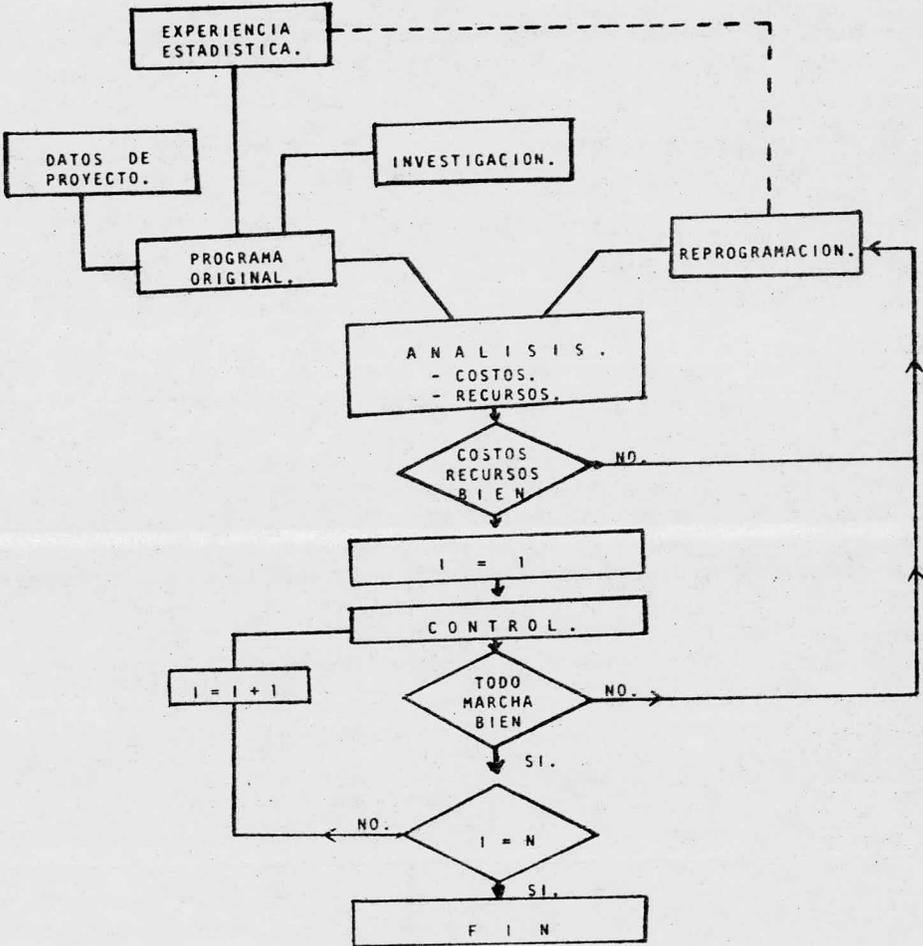


FIG.- V - 3 .

CICLO DE TRABAJO PARA LA EXCAVACION DE UN TUNEL.

Se llama Ciclo a la serie de operaciones elementales, sucesivas o traslapadas, y en algunos casos, simultáneas (proceso) que se realizan para obtener un determinado avance. (Producción) Estas producciones elementales, tienen una duración teórica fija de acuerdo con el procedimiento de construcción establecida. El tiempo de duración total del ciclo, nos permite, dividiendo el número de horas en el día (24 H) entre la duración del ciclo, obtener el número de ciclos por día. Como quedó asentado el ciclo, nos determina un avance, el producto de multiplicar éste último por el número de ciclos en el día, nos dará el avance total por día. El avance así obtenido es teórico y será necesario afectarlo del factor de eficiencia conveniente, para que sirva de base en la programación de la excavación del túnel. En este caso, la excavación del túnel para el Acueducto Periférico Ramal Sur, los procedimientos utilizados, pueden clasificarse en dos grandes grupos:

- 1.- Procedimiento de excavación convencional.
- 2.- Procedimiento de excavación continua.

PROCEDIMIENTO DE EXCAVACION CONVENCIONAL.

CICLO DE TRABAJO.

Este ciclo, se utilizó para el procedimiento general, en donde las condiciones de terreno o roca, lo permitieron y fué necesario el uso de perforadoras neumáticas para efectuar la barrenación, de acuerdo con un Diagrama preestablecido para la utilización de los explosivos en cantidades adecuadas, modificándose según las condiciones de estabilidad del terreno de excavación.

Una vez efectuada la voladura, era necesario efectuar la limpieza del -- producto de ésta, con el equipo de carga seleccionado. Como puede observarse, el ciclo para éste procedimiento de ataque no es contínuo, sino que es una se rie de operaciones diferentes, y que así como implicaron la utilización de -- equipo diferente, la situación todavía cambia más, cuando, por condiciones - especiales del terreno que se excava, hay necesidad de instalar la protección adecuada (tanto de personal, del equipo y de la instalación misma), dando ésto, lugar a un tiempo adicional a las operaciones normales de excavación, y - que, en éste caso, no se considera como tiempo perdido o demora; sino como -- una parte integral del ciclo. Esta operación, según el sistema de protección- adoptado, se considera como:

- a) Una operación sucesiva, consiste en la colocación de Ademe Metálico - con retaque de madera.
- b) Una operación simultánea o traslapada con la operación de rezaga consistente en la colocación de Concreto Lanzado.
- c) Otras variantes del ciclo con el procedimiento de excavación de barre nación y voladura, también impuesto por las condiciones mismas del te rreno o bien, por no contar con la plataforma adecuada de barrenación fue el de ataque a media sección y banqueo.

En éste caso, también fué necesaria la operación de protección ya mencio nada; inclusive, en algunas ocasiones, tanto la excavación de la sección supe rior, como el banqueo, se efectuaron a mano y con herramientas neumáticas.

OPERACIONES.

Las operaciones de que consta el ciclo de excavación por el procedimien-

to convencional son:

- a) Barrenación según Diagrama.
- b) Limpieza de la Barrenación.
- c) Carga de explosivos, artificios y conexiones eléctricas.
- d) Retiro de personal y equipo.
- e) Voladura.
- f) Ventilación.
- g) Rezaga.
- h) Reinstalación de equipo.
- i) Protección de la Excavación. (ADEME).

Por condiciones de seguridad, toda la longitud de la excavación, debería quedar protegida, de éste modo, a las operaciones indicadas, se les tuvo que aumentar la correspondiente a dicha protección.

Para el ciclo correspondiente al ataque a media sección superior y banco con uso de explosivos (Con protección de la excavación o sin ella), las operaciones deben coordinarse de tal manera que el avance de la sección superior sea igual al de la sección inferior; de otra manera, el ciclo de trabajo resultará desbalanceado, provocando pérdidas de tiempo en las actividades.

TIEMPO CONSIDERADO EN CADA OPERACION DE CICLO.

Para el procedimiento de Excavación Convencional se tiene:

- a) Barrenación.

Se considera desde que principia a trabajar la primera perforadora hasta que termina de trabajar la ultima de ellas, siempre de acuerdo con el Diagrama de Barrenación.

b) Limpieza de la Barrenación.

Se considera desde que termina la barrenación, hasta que se inicia la -- carga de explosivos, artificios y conexiones eléctricas.

c) Carga de explosivos, artificios y conexiones eléctricas.

Se considera desde que termina la Limpieza de la Barrenación, hasta que se hace la conexión a la Línea de Disparo; habiendo conectado previamente tantas series en paralelo como sea necesario, para asegurar la voladura.

d) Retiro de personal y equipo.

Se considera desde que quedo terminada la conexión eléctrica, hasta que se haya retirado todo el personal y el equipo.

e) Voladura.

Se considera desde el retiro del personal y equipo, hasta el momento en que se hace la voladura, ya sea con un explosor o bien, con corriente eléctrica, por medio de un interruptor que liga la línea de disparo con la fuente de energía eléctrica.

f) Ventilacion.

Se considera desde el momento de la voladura, hasta que se inicia la rezaga.

g) Rezaga.

Se considera desde el momento en que inicia su trabajo la rezagadora, -- hasta que queda completamente limpio el frente. En el caso de las rezagadoras la duración de ésta actividad pudo reducirse con el auxilio de El Cambio Cali fornia.

h) Reinstalación de equipo.

Se considera desde que termina la rezaga del frente, hasta que la primera perforadora inicia su trabajo. Este tiempo incluye la desconexión del equi po de rezaga, la conexión eléctrica para el alumbrado propio de la plataforma de barrenación. Como puede verse, ésta actividad consta de dos partes:

h₁) Retiro de la rezagadora.

h₂) Aproximación del equipo de barrenación al frente.

i) Protección de la excavación. (ADEME).

i₁) Marcos metálicos.

Cuando se utilizan marcos metálicos, ésta operación se considera como parte del ciclo, y su duración está definida por el intervalo de tiempo -- comprendido desde el momento en que termina la rezaga y se retira el equipo, -- hasta que empieza a trabajar la primera perforadora.

i₂) Concreto Lanzado.

Cuando la protección se realiza con concreto lanzado, el tiempo de ésta operación queda totalmente (o por lo menos a esto debe tenderse), traslapado con el tiempo de rezaga, dejando la parte inferior si el terreno lo --

permite, para ir protegiendolo atrás.

PROCEDIMIENTO DE EXCAVACION CONTINUA.

CICLO DE TRABAJO.

Este ciclo se utilizó para condiciones especiales, en donde el terreno no permitía la utilización de explosivos; y consiste en la excavación gradual de la sección, hasta dar lugar para la colocación de un marco.

Para ambos frentes ("Lumbrera 0" - "Borracho"), fueron utilizados varios tipos de secciones, las cuales, se pueden ver en el programa de obra, por lo que fue necesario agregar otras operaciones al ciclo básico de excavación, ya sea simultánea o traslapada, pero que de cualquier modo, quedan involucradas en el proceso.

OPERACIONES.

Las operaciones de que consta el ciclo de excavación continua, por medio de la sección superior y banqueo con Ademe Metálico de herradura o portal son:

- a) Excavación de ranura perimetral en la sección superior.
- b) Colocación de rastras metálicas para apoyo de la parte superior de los marcos metálicos. (Todas las rastras deben ir ligadas con soldadura o apernadas).
- c) Colocación de las piezas de ademe en la sección superior y retaque de madera.

- d) Remoción de la sección central de la media sección superior.
- e) Excavación del banco.
- f) Colocación de las piernas o postes de cada marco, coincidiendo con el plano de cada sección superior.
- g) Excavación de la ranura para la tornapunta.
- h) Colocación de la tornapunta (en una o dos secciones), sobre una cama de madera.
- i) Rezaga de la sección superior y banco con rezagadora sobre vagonetas.

Como se puede ver, la mayoría de las operaciones se traslapan, dando origen a una excavación prácticamente continua.

Es evidente que la duración de un ciclo es diferente según el tipo de ademe; en el caso de la utilización del Concreto Lanzado, ésta actividad puede traslaparse a la operación de rezaga y con el uso de los marcos metálicos, dicha actividad es sucesiva.

Se han mencionado únicamente las operaciones básicas en el frente, esto no quiere decir que sean las únicas que se realizan, puesto que existen otras auxiliares a las primeras, como es el caso de la instalación de la tubería de ventilación, movimientos del Cambio California, etc., que son simultáneas a las actividades básicas, pero que no causan interferencia.

TIEMPO CONSIDERADO EN CADA OPERACION DEL CICLO.

Para el procedimiento de excavación continua no se considera un tiempo determinado por actividad, puesto que éstas se traslapan.

CONTROL DE LOS TIEMPOS DEL CICLO.

Con el objeto de conocer en todo momento la duración efectiva de cada una de las actividades que integran el ciclo, y en su caso, dictar las medidas de corrección adecuadas. Fue necesario un continuo control a base de reportes.

REPORTE DIARIO DE CAMPO.

De acuerdo con el ciclo de trabajo, se elaboraron las formas de papele--
ría para que se llenaran fácilmente a mano los renglones necesarios. Este for--
mato está dividido en los renglones principales de las operaciones elementa--
les del ciclo, y además un renglón para indicar las demoras, quizá el más im--
portante de todos. (Fig. V - 4).

CONCENTRACION DE REPORTES DE CAMPO. HOJA ANALITICA.

La información diaria debería concentrarse en hojas de papel tabular, de
tal modo, que la historia diaria y por turno, quedará anotada en una hoja ana--
lítica. (Fig. V - 5).

INFORME SEMANAL O DECENAL.

De la hoja analítica, debía hacerse una concentración semanal o decenal,

REPORTE DE AVANCE EN L/H

ELEVACION 1000 Fecha 11/1/54
 CANTON ... Hora 2:00

CICLO	TEMPO (m)	TOTAL (m)
Transportación	6:05	6:05
Montaje	8:10	14:15
Colocación	6:30	20:45
Trasporte	7:10	27:55
Trabajo	7:25	35:20
CONCRETO LANZADO		6:00
	1:50	7:50
	1:20	9:10
DEMORAS		1:00
Reparación	1:00	2:10
...	1:00	3:10
...	2:00	5:10
Luz		3:50
TOTAL		2:00

REPORTE DIARIO DE CAMPO.

FIG.- V - 4.

EXCAVACION

CATEGORÍA	DÍA	MAYO 11			MAYO 12			MAYO 13			MAYO 14			MAYO 15			TOTAL	
		Horas			Horas			Horas			Horas			Horas				
		11	12	13	11	12	13	11	12	13	11	12	13	11	12	13		
1. BARRERAS		4.15	5.45		4.15	3.95	1.90	1.90	1.90	3.70	1.90	1.00	2.40	2.40	0.80	0.35	0.80	3.75
2. CARGA DE TERRENO		0.00	0.00		0.00	1.00		0.80	0.70	0.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.10
3. VENTILACION		0.33		0.40	0.40	0.00	0.25	0.40	0.50	0.40	0.40	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.80
4. CARGA		2.50	0.41	6.85	9.10	1.00	9.10	9.10	4.15	3.30	0.55	4.00	3.05	2.33	2.75	1.15	0.00	0.15
5. ALMOZAR			3.00	0.75	1.50	1.00	0.75	0.75		0.75	0.00	2.50	1.65	1.40	1.70	0.75	2.00	9.55
6. DE TERRENO		80	18		80	18		70	18	70		70	70	70	70	70	70	70
7. LONGITUD DE TUBERIAS (m)		3.10	3.10		3.10	3.10		2.60	2.40	2.40		2.40	2.40	2.40	2.40	2.40	2.40	2.40
8. ANCHO DE TUBERIAS (m)		4	4		4	4		4	4	4		4	4	4	4	4	4	4
9. CANTIDAD DE TERRENO (m³)		15.00	18.14		15.41	21.64		14.00	17.28	14.00		14.00	14.16	14.16	14.16	14.16	14.16	14.16
10. ANCHO DE TUBERIAS (m)		2.90	2.90		2.90	2.90		2.90	2.90	2.90		2.90	2.90	2.90	2.90	2.90	2.90	2.90
11. CANTIDAD DE TERRENO (m³)		80	70		70	70		70	70	70		70	70	70	70	70	70	70
12. CANTIDAD DE TERRENO (m³)		145	150		140	140		100	90.00	90		90	100	100	100	100	100	100
13. AREA DE EXCAVACION (m²)		55.50	54.00		51.00	51.50		51.50	51.50	51.50		51.50	51.50	51.50	51.50	51.50	51.50	51.50
14. CANTIDAD DE TERRENO (m³)		0.90	0.90		0.90	0.90		0.90	0.90	0.90		0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90
15. CANTIDAD DE TERRENO (m³)		114.11	120.43		108.11	114.00		114.00	114.00	114.00		114.00	114.00	114.00	114.00	114.00	114.00	114.00
16. CANTIDAD DE TERRENO (m³)			54.15		11.70	71.15		88.00	54.15	44.00		50.21	51.95	42.70	44.61	11.40	15.00	14.00
17. CANTIDAD DE TERRENO (m³)			5.95					4.85	4.85	4.85		4.85	4.85	4.85	4.85	4.85	4.85	4.85
18. CANTIDAD DE TERRENO (m³)			5.95					10.70				21.70			50.70			51.60
19. CANTIDAD DE TERRENO (m³)																		
20. CANTIDAD DE TERRENO (m³)																		
21. CANTIDAD DE TERRENO (m³)																		
22. CANTIDAD DE TERRENO (m³)																		
23. CANTIDAD DE TERRENO (m³)																		
24. CANTIDAD DE TERRENO (m³)																		
25. CANTIDAD DE TERRENO (m³)																		
26. CANTIDAD DE TERRENO (m³)																		
27. CANTIDAD DE TERRENO (m³)																		
28. CANTIDAD DE TERRENO (m³)																		
29. CANTIDAD DE TERRENO (m³)																		
30. CANTIDAD DE TERRENO (m³)																		
31. CANTIDAD DE TERRENO (m³)																		
32. CANTIDAD DE TERRENO (m³)																		
33. CANTIDAD DE TERRENO (m³)																		
34. CANTIDAD DE TERRENO (m³)																		
35. CANTIDAD DE TERRENO (m³)																		
36. CANTIDAD DE TERRENO (m³)																		
37. CANTIDAD DE TERRENO (m³)																		
38. CANTIDAD DE TERRENO (m³)																		
39. CANTIDAD DE TERRENO (m³)																		
40. CANTIDAD DE TERRENO (m³)																		
41. CANTIDAD DE TERRENO (m³)																		
42. CANTIDAD DE TERRENO (m³)																		
43. CANTIDAD DE TERRENO (m³)																		
44. CANTIDAD DE TERRENO (m³)																		
45. CANTIDAD DE TERRENO (m³)																		
46. CANTIDAD DE TERRENO (m³)																		
47. CANTIDAD DE TERRENO (m³)																		
48. CANTIDAD DE TERRENO (m³)																		
49. CANTIDAD DE TERRENO (m³)																		
50. CANTIDAD DE TERRENO (m³)																		
51. CANTIDAD DE TERRENO (m³)																		
52. CANTIDAD DE TERRENO (m³)																		
53. CANTIDAD DE TERRENO (m³)																		
54. CANTIDAD DE TERRENO (m³)																		
55. CANTIDAD DE TERRENO (m³)																		
56. CANTIDAD DE TERRENO (m³)																		
57. CANTIDAD DE TERRENO (m³)																		
58. CANTIDAD DE TERRENO (m³)																		
59. CANTIDAD DE TERRENO (m³)																		
60. CANTIDAD DE TERRENO (m³)																		
61. CANTIDAD DE TERRENO (m³)																		
62. CANTIDAD DE TERRENO (m³)																		
63. CANTIDAD DE TERRENO (m³)																		
64. CANTIDAD DE TERRENO (m³)																		
65. CANTIDAD DE TERRENO (m³)																		
66. CANTIDAD DE TERRENO (m³)																		
67. CANTIDAD DE TERRENO (m³)																		
68. CANTIDAD DE TERRENO (m³)																		
69. CANTIDAD DE TERRENO (m³)																		
70. CANTIDAD DE TERRENO (m³)																		
71. CANTIDAD DE TERRENO (m³)																		
72. CANTIDAD DE TERRENO (m³)																		
73. CANTIDAD DE TERRENO (m³)																		
74. CANTIDAD DE TERRENO (m³)																		
75. CANTIDAD DE TERRENO (m³)																		
76. CANTIDAD DE TERRENO (m³)																		
77. CANTIDAD DE TERRENO (m³)																		
78. CANTIDAD DE TERRENO (m³)																		
79. CANTIDAD DE TERRENO (m³)																		
80. CANTIDAD DE TERRENO (m³)																		
81. CANTIDAD DE TERRENO (m³)																		
82. CANTIDAD DE TERRENO (m³)																		
83. CANTIDAD DE TERRENO (m³)																		
84. CANTIDAD DE TERRENO (m³)																		
85. CANTIDAD DE TERRENO (m³)																		
86. CANTIDAD DE TERRENO (m³)																		
87. CANTIDAD DE TERRENO (m³)																		
88. CANTIDAD DE TERRENO (m³)																		
89. CANTIDAD DE TERRENO (m³)																		
90. CANTIDAD DE TERRENO (m³)																		
91. CANTIDAD DE TERRENO (m³)																		
92. CANTIDAD DE TERRENO (m³)																		
93. CANTIDAD DE TERRENO (m³)																		
94. CANTIDAD DE TERRENO (m³)																		

y, en forma breve, informar del avance y condiciones en que se obtuvo éste.

RESULTADOS DEL CONTROL DEL CICLO.

El resultado del control de ciclos, resulta evidente, se pudo mejorar el avance en forma radical en donde éste control se puso en práctica, el caso -- contrario sucedió en donde éste control se descuidó o no se le dió importancia.

CONCLUSIONES.

- a) Para llevar a cabo la excavación de un túnel, son necesarias operaciones de carácter repetitivo y secuencial; lo cual, establece un ciclo.
- b) Cada ciclo completo de trabajo, produce un avance determinado y el número de éstos realizados en 24 Hrs. determina un avance diario que se acostumbra medirlo en metros de túnel.
- c) Siendo las operaciones del ciclo repetitivas, el control adecuado de ellas, tiende a optimizarlas y el resultado será una reducción en su duración y, consecuentemente, un número mayor de ciclos realizados en las 24 Hrs. del día, se traduce en un avance mayor.
- d) El control de los tiempos perdidos durante la realización de un ciclo, es importantísimo, ya que con esto es posible corregir las causas que los originan oportuna y convenientemente.
- e) El origen repetitivo de las causas de los tiempos perdidos quedará de

manifiesto en la hoja o diagrama analítico, y serán estas las que ma
yor atención deba dárseles para evitar que se produzcan.

- f) El exámen de la hoja o diagrama analítico en cuanto a consumos de ex
plosivos y sobre-excavaciones se refiere, nos puede prevenir con res
pecto a la protección que deba hacerse a la excavación en el caso --
del procedimiento convencional.
- g) Un registro de ciclos fuera de lo normal, nos dará una serie de tiem
pos perdidos y las causas de ellos, no siempre serán malas condicio-
nes del terreno que se excava, sino que podrían ser imputables al --
equipo mismo o a errores de planteamiento en el trabajo.
- h) El control del ciclo mediante el reporte veraz, su concentración ---
oportuna, el exámen de la hoja o diagrama analítico por parte del Je
fe de Obra o Superintendente y complementando todo esto con una con-
centración o informe semanal o decenal, darán una idea perfectamente
clara del progreso o dificultades con que se efectúa la excavación -
de un túnel.
- i) El Jefe de Obra o Superintendente, no debe considerar el control del
ciclo como de aprovechamiento futuro, sino de carácter inmediato.
El llevar éste control únicamente como un requisito establecido pero
sin examinarlo, es lo que origina que los errores se multipliquen y
el resultado se traduzca en un avance mediocre.

ANÁLISIS DE RECURSOS PARA CUMPLIMIENTO DEL PROGRAMA.

En todo programa se debe establecer un equilibrio entre el tiempo dispo
nible para la ejecución del proyecto y la utilización de los recursos.

En la Fig. V-3 se puede observar que, el análisis de recursos, es una actividad paralela al análisis de costos, lo cual es obvio.

Para el caso de la construcción del Túnel Acueducto Periférico Ramal -- Sur, fue necesario efectuar un análisis riguroso de todos los equipos con -- que se contaba y seleccionar adecuadamente aquellos cuya eficiencia resulta -- ra más óptima. Se efectuaron amplias investigaciones en el mercado de los -- equipos que deberían ser suministrados y se establecieron programas para la -- compra de los mismos, de manera tal, que su rentabilidad fuese únicamente du -- rante el tiempo necesario, con el objeto de no encarecer los costos.

De ésta forma, el programa establecido originalmente, fue la consecuen -- cia de una serie de análisis tendientes a lograr la condición óptima en cuan -- to a utilización de recursos se refiere.

ASESORIA TECNICA PARA EL CUMPLIMIENTO DEL PROGRAMA.

Se puede decir, que en la consecución de una obra, de cualquier natura -- leza que ésta sea, la experiencia obtenida en otra semejante, representa de -- antemano, una gran ventaja, puesto que nos define los lineamientos a seguir -- para que la realización sea la más adecuada.

Si acaso las experiencias no resultan del todo satisfactorio y es neces -- sario recurrir a la investigación, es posible asegurar que debemos contar -- con la asesoría de aquellas personas, que cuenten con la experiencia neces -- aria y, de ésta manera, lograr los propósitos.

En éste caso, existieron varios tipos de condiciones especiales que de -- bieron salvarse con el auxilio de asesores en la materia como fueron:

a) El uso de técnicas no dominadas:

- En el caso del Concreto Lanzado.
- En el tratamiento de derrumbes.

b) El uso adecuado de la planeación:

- Optimización de los ciclos de trabajo.

PROGRAMA GENERAL Y DIAGRAMA DE FLUJO PREVIO AL INICIO DE LA OBRA.

En éstos programas, se presentan fechas de inicio y terminación, duración, descripción y número de actividades.

El objeto fundamental de obtener los mejores logros en todas las actividades y procedimientos para transformar los recursos naturales en formas útiles para el uso del hombre, nos ha llevado por el cambio de la superación -- ccntínua, o dicho de otro modo, con afán de hacer más en el menor tiempo; de la mejor calidad y lo mas economico posible; y trata de ser cada vez mas eficiente para que su actividad rinda los mejores beneficios en cada proyecto.

DESCRIPCION DE ACTIVIDADES.

Se describira inicialmente el procedimiento constructivo de la Lumbrera y, posteriormente, las actividades de ambos frentes.

Lumbrera.

Caracterfsticas:

Diámetro = 7.20 M.

Profundidad = 44.0 M.

Materiales excavados: Brecha volcanica, toba arenosa, toba arcillosa y dacita sana.

Excavación.- En los primeros metros, se excavará por medio de martillos neumáticos (rompedoras), y, posteriormente, se procederá la excavación a base de explosivos en que se utilizarán diferentes Diagramas de Barrenación, dependiendo del grado de fracturación, tipo de fractura de la roca y dureza de la misma.

Rezaga.- La extracción de rezaga será por medio de una grúa y un bote de rezaga de 1.5 M³ de capacidad.

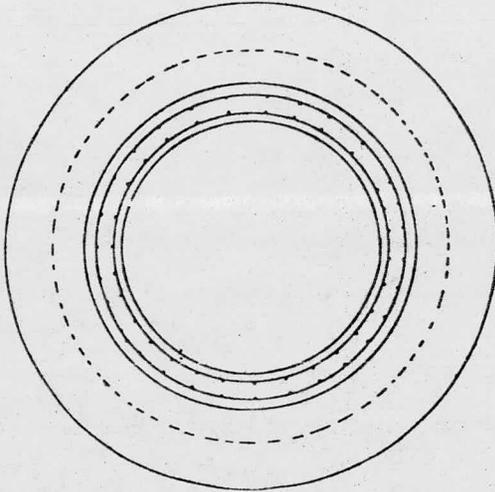
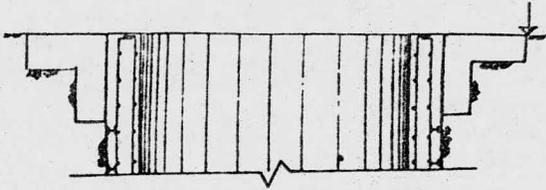
Ademe.- Se utilizará el sistema de marcos de acero y retaque de madera, y consistirá en colocar anillos de acero a cada "metro", conectados entre sí por tensores de varilla de 5/8" y separadores de madera para garantizar su estabilidad, los cuales, permitirán ademar la pared de la Lumbrera colocando el retaque de madera.

Conforme avance en ciclo de excavación, se colocará el anillo de acero.

De cada 10 anillos, uno irá anclado al terreno, obligando con ello, que los tensores que los unen no fallen.

REVESTIMIENTO DE LA LUMBRERA.- Para colar la Lumbrera, se dejarán preparaciones en el brocal, para colocar las mensulas que soportarán las varillas de sostén. (Fig. V - 7).

CORTE.



PLANTA.

CORTE Y PLANTA ESTRUCTURAL DE LA LUMBRERA.

FIG. V - 7 .

El suministro de concreto, se hará con una grúa parada en el brocal, -- la que bajará una bacha de $2M^3$ de capacidad, con un avance estimado para dicho revestimiento de 0.30 M/Hr.

Para el control de agua de las filtraciones, se empleará un sistema de bombeo centrífugo, que, dependiendo de la cantidad de agua y profundidad, -- puede ser de 12 HP con tubería de 6" Ø.

Alcanfa. (Obra accesoria para el proceso de rezaga).(Fig.V-8).

Características:

Diámetro = 7.0 M.

Profundidad = 9.0 M.

Materiales de excavación Dacita sana.

Excavación: Mismo procedimiento que en la Lumbrera.

Revestimiento: Se utiliza únicamente concreto lanzado con un espesor de 0.20 M. y se reforzará con 2 capas de malla-lac de 8 X 8 X 1/8" intercaladas en él.
(Figs. V - 8 y V - 9).

PROCEDIMIENTO DE EXCAVACION EN LOS TUNELES.

Antes de iniciar la excavación, se procederá a emportalar los túneles -- dentro de la Lumbrera, por lo que a continuación se describe éste método:

EMPORTALAMIENTO DE TUNELES.

Durante la etapa de revestimiento de la Lumbrera, se colocará un forro de madera, siguiendo el contorno de los portales, a fin de evitar la futura-demolición del concreto para emportalar los túneles. (fig. V -10).

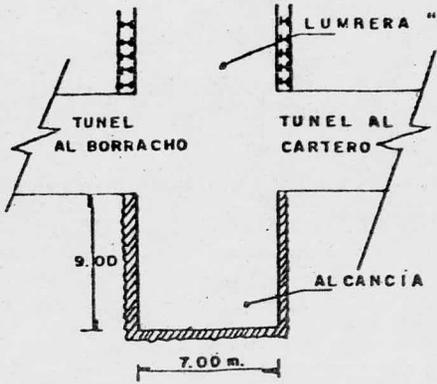


FIG.- V-8.

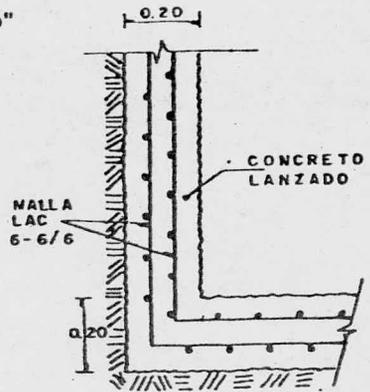


FIG.- V 9.

SECCION

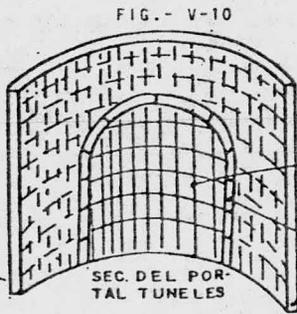
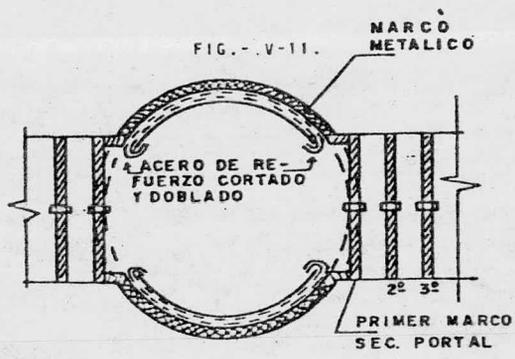


FIG.- V-10

FIG.- V-11.



PLANTA

ACERO DE REFUERZO
TAPON DE MADERA
REVESTIMIENTO DEFINITIVO

Así mismo, se dejarán las preparaciones del acero de refuerzo cortado y doblado. (Fig. V -11).

EXCAVACION EN TUNELES POR EL METODO DE BARRENACION Y VOLADURA.

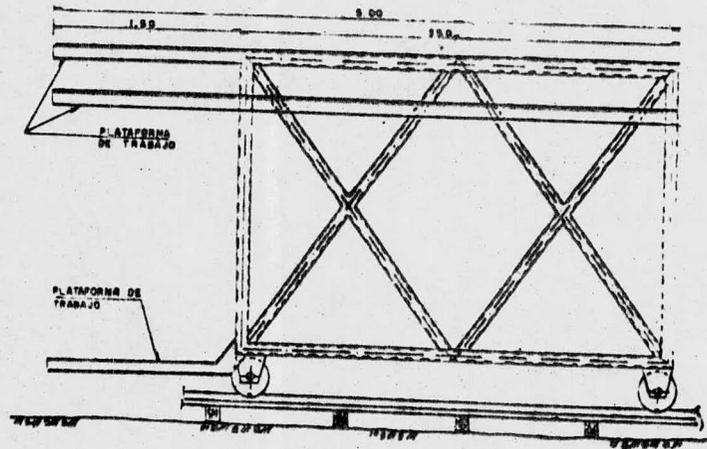
En los primeros 20 M. de excavación, se atacó el frente con 5 perforadoras de pierna en activo y 2 en reserva, las que van montadas sobre una estructura metálica (yumbo tipo portátil) (Fig. V -12); la cual, corre sobre rieles laterales y permite que, bajo ella pase el equipo que transita -- por la vía como: Locomotoras, vagonetas, rezagadoras, etc. Posteriormente, se procedera a realizar la excavación por medio de explosivos. (En rocas).

BARRENACION.

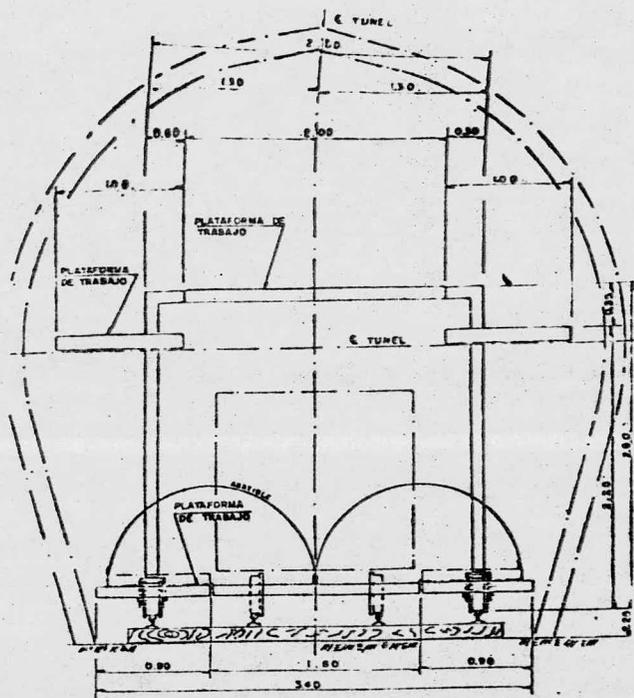
Esta actividad consiste en efectuar las perforaciones necesarias en el frente de trabajo, distribuidas según un Diagrama de Barrenación previamente elaborado y calculado para obtener el producto de la voladura con la fragmentación deseada.

Un Diagrama de Barrenación, básicamente está formado por 3 partes:

- 1.- Una parte en donde se muestra en seccion, la distribucion de los barrenos con la respectiva secuencia de tiempos en los estopines.
- 2.- Otra seccion en donde se muestra por zonas, las cargas con explosivos, es decir, que no todos los barrenos con el mismo tiempo se deberá cargar igual y viceversa.
- 3.- Una planta en donde se muestra un corte horizontal del tipo de cuña, indicando la distribución de la carga explosiva. (Fig. V - 13 V - 14 y V - 15).



ELEVACION
FIG. V-12A



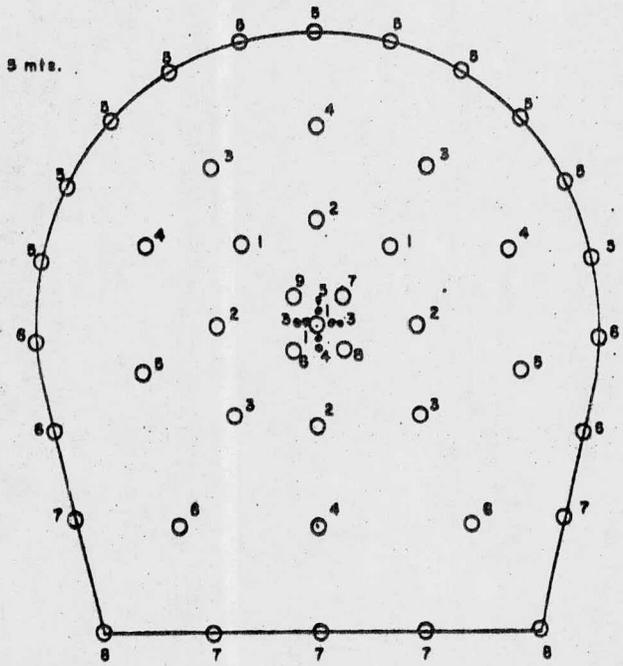
PLATAFORMA PORTATIL DE PERFORACION
VISTA FRONTAL

FIG.- V - 12 B.

ESTOPIN DE TIEMPO DUPONT 5 mts.

N°	CANTIDAD
1	2
2	4
3	4
4	2
5	13
6	6
7	5
8	2
9	—
TOTAL	<u>38</u>

$\frac{250}{1000} = 0.25 \text{ SEG.}$



CUÑA:

ESTOPIN N. S. DUPONT 5 mts.

N°	CANTIDAD
1-25	1
2-50	1
3-75	1
4-100	1
5-125	1
6-150	1
7-175	1
8-200	1
9-250	1
TOTAL	<u>9</u>

DIAGRAMA DE BARRENACION PARA ANDESITA SANA

FIG.- V - 13 .

SIN ESCALA

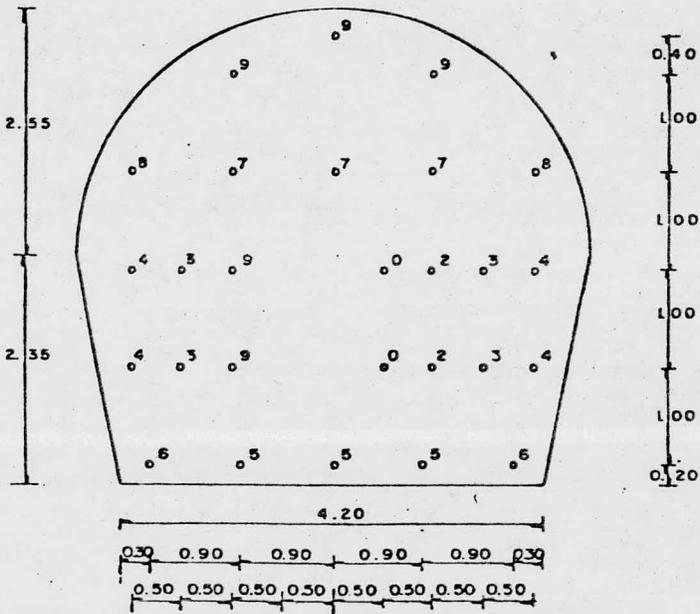


DIAGRAMA DE BARRENACION PARA TOBA ARENOSA, TOBA ARCILLOSA BRECHA VOLCANICA ETC.

CUÑA EN V

FIG. V - 14.

ESC: 1:50

CUÑA EN -V-

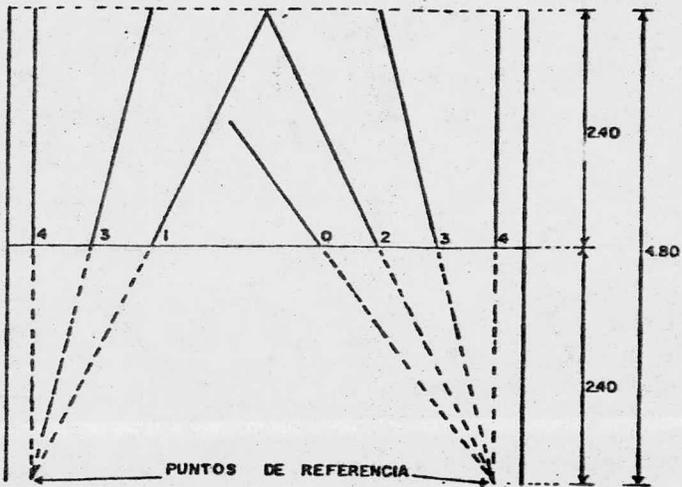


DIAGRAMA DE BARRENACION PARA
TOBA ARENOSA, TOBA ARCILLOSA,
BRECHA VOLCANICA ETC.

FIG.- V - 15 .

ESC. 1 : 50

Es conveniente anexar además al Diagrama de Barrenación:

- A) Una sección en donde se muestre el Diagrama de Conexión Eléctrica
- B) Datos numericos referente a consumo de explosivos (Kg/M^3), consumo de estopines en piezas por M^3 , coeficientes de barrenación en Ml. por M^3 .

Un Diagrama de Barrenación, siempre será tentativo y deberá corregirse - de acuerdo con el resultado que se obtenga en la práctica, pero deberá tenerse el suficiente cuidado para que todo se haga de acuerdo con el Diagrama original, con el objeto de llegar a resultados prácticos, es decir, si la barrenación se ejecuta mal, si el explosivo no se retaca, si los tiempos usados no son correctos, si la conexión eléctrica no se verifica, etc., entonces no se podrá determinar qué debe corregirse en ese Diagrama.

En conclusión, podrá determinarse que el Diagrama no dió buen resultado, cuando la realidad es que, algunas de las razones antes expuestas, es la verdadera razón de una falla.

Los Diagramas de Barrenación, constan de cuatro tipos de barrenos:

- 1.- Barrenos de cuña.
- 2.- Barrenos ayudantes.
- 3.- Barrenos de piso.
- 4.- Barrenos de corte.

CARGA CON EXPLOSIVOS Y CONEXION ELECTRICA.

En términos generales, para cargar un frente, podemos enunciar las si---

güientes actividades:

- 1.- Manejo de los explosivos hasta que llegan al frente del trabajo.
- 2.- Preparación y carga propiamente dicho de los explosivos en la barrenación.
- 3.- Conexión eléctrica.

RETIRO DE EQUIPO, VOLADURA Y VENTILACION.

a) Retiro del equipo.

Previamente a la voladura, se tendrá que retirar todo el equipo con el cual se llevó a cabo la barrenación, y deberá ser colocado a una distancia tal que el producto del disparo no afecte éste equipo.

b) Voladura.

Teniendo verificados todos los circuitos y retirado el personal del frente, se procede a realizar la voladura, esta puede ser eléctrica o con un explosor de capacidad adecuada.

c) Ventilación.

Existen tres sistemas de ventilación en la excavación en túneles:

- i.- Inyección de aire fresco desde el exterior durante toda la operación del ciclo.

- 2.- Extracción de humos y gases desde el interior del tunel durante todas las operaciones de ciclo.
- 3.- Inyección de aire fresco durante las operaciones generales de barrenación y rezaga, extracción durante la carga y voladura.

REZAGA DEL MATERIAL PRODUCTO DE LA VOLADURA.

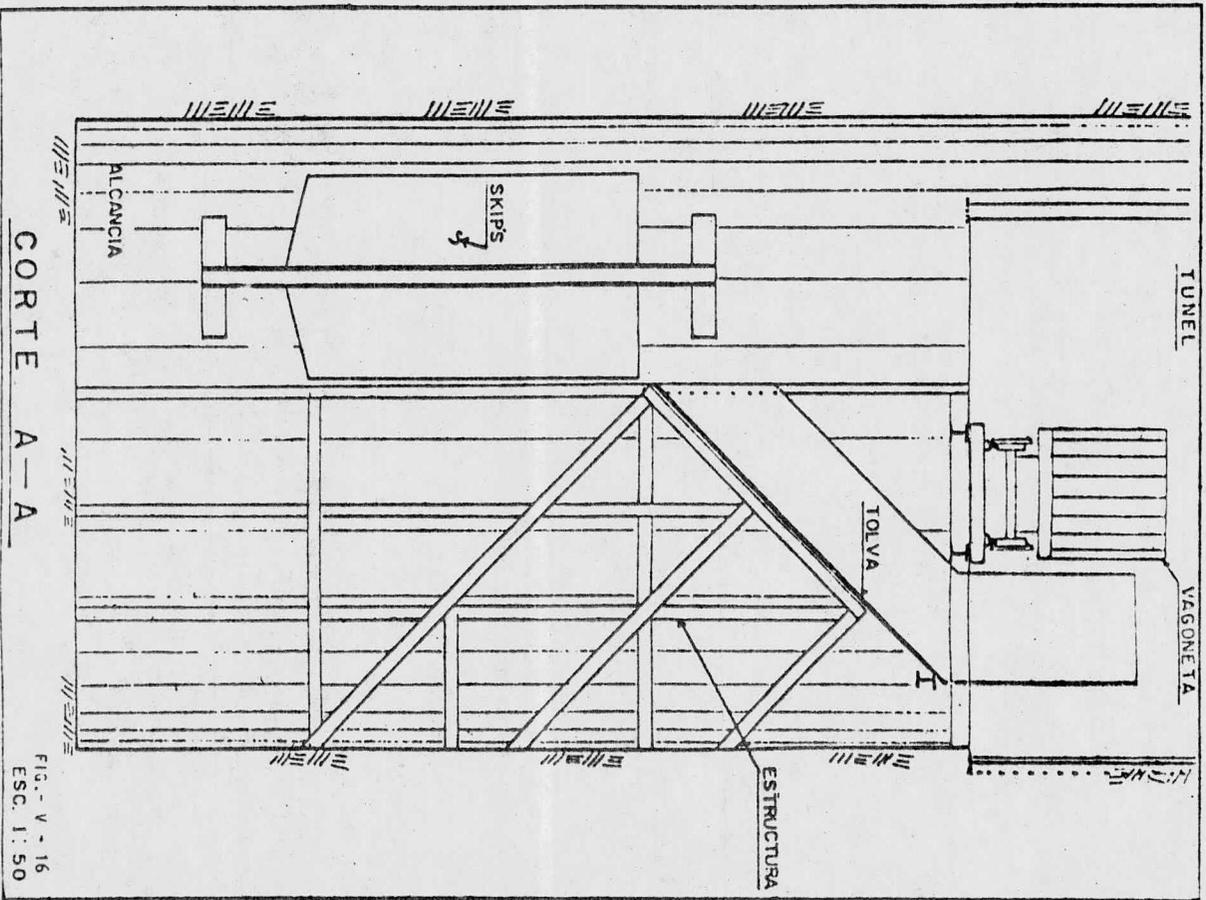
Esta actividad consiste en la carga del material tronado a las vagonetas, para que, posteriormente, sean transportadas y vaciadas en la alcancía localizada en el fondo de la lumbrera y de aquí llevar (manteo) el material al exterior.

Podemos decir que ésta actividad consta de 4 partes:

- 1.- Carga en el frente del material producto de la voladura, en las vagonetas.
- 2.- Transporte en vagonetas, del frente hasta la lumbrera.
- 3.- Vaciado de éste material a las rampas colocadas en la alcancía.
- 4.- Izado (manteo) del material del fondo de la lumbrera, a la superficie en botes especiales de vaciado automático. (Skips.). (Fig. V - 16 y V - 17).

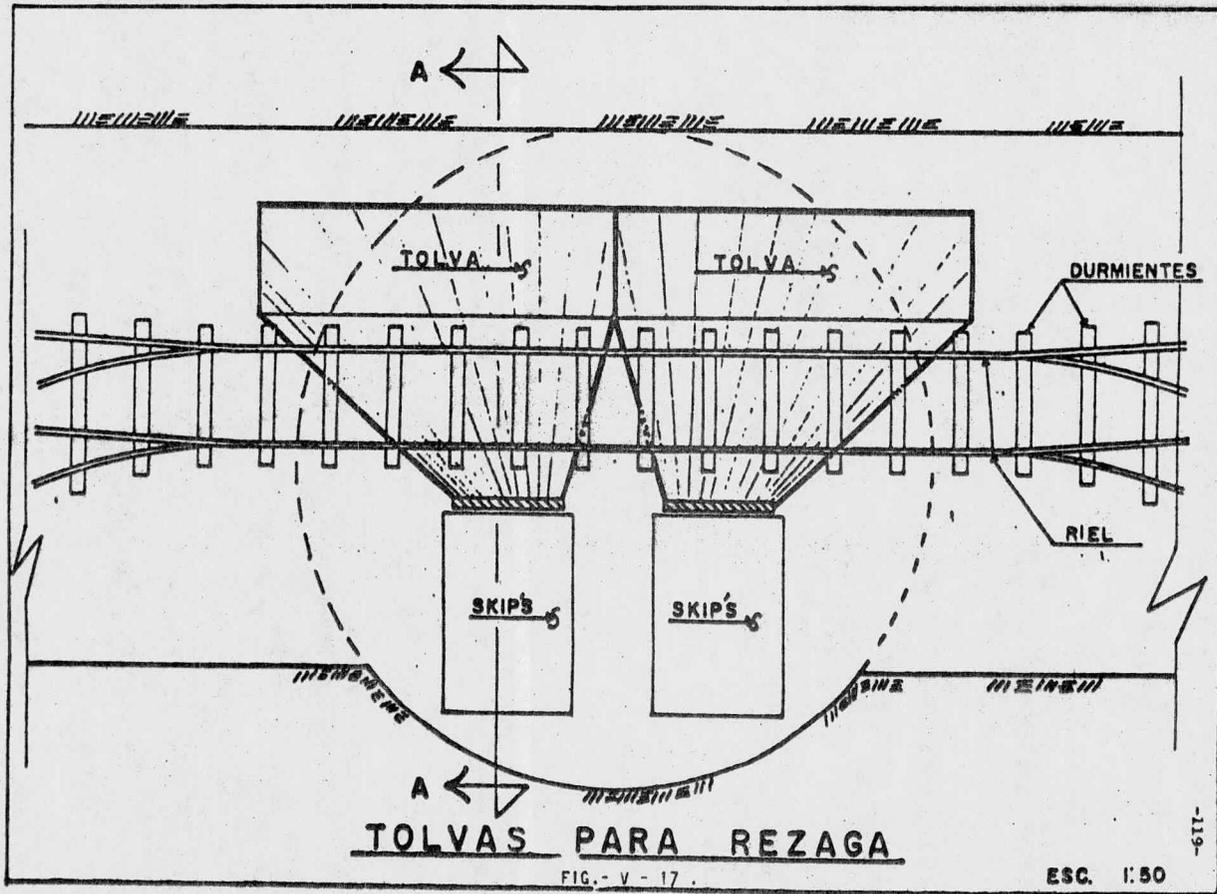
ADEME.

Esta actividad consiste en proteger la zona excavada previamente, mediante el procedimiento y elementos adecuados, de acuerdo con el tipo de material que se presente.



CORTE A—A

FIG. - V - 16
ESC. 1: 50



Para éste caso, se utilizarán tres sistemas:

- 1.- Marcos metalicos y retaque de madera.
- 2.- Concreto lanzado.
- 3.- Combinación de marcos metálicos y concreto lanzado.

1.- MARCOS METALICAOS Y RETAQUE DE MADERA.

Los marcos vienen seccionados en cuatro partes, dos patas y dos simi-- claves, con sus respectivas placas perforadas para ligar estas secciones.-- Son de vigueta IPR 6" X 4" y 19.6 Kg/Ml. La distancia centro a centro en-- tre marcos, varfa entre 0.80 a 1.0 M., dependiendo del tipo de sección.

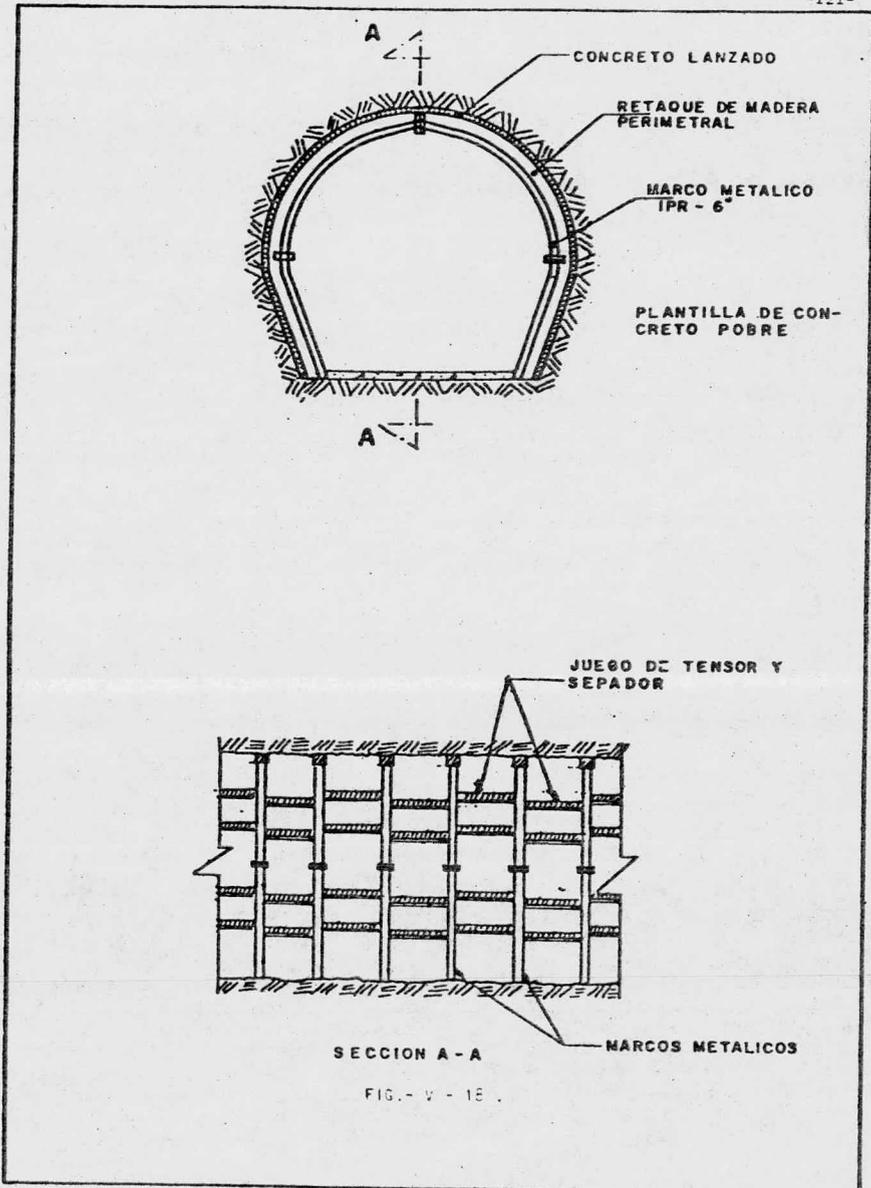
Primeramente se colocan los postes (patas), por medio de un "escanti-- llón", que dá la separación transversal; posteriormente, los postes son fi-- jados al terreno por medio de bloques o cuñas de madera, ya erigidos los -- postes, deberán ser ligados con sus respectivos tensores y separadores con-- el marco anterior. Nivelados, centrados y asegurados los postes del marco,-- se procede a la erección de los arcos, los cuales deberán atornillarse en -- su parte superior y en las "patas" ya erigidas anteriormente.

El retaque de madera consiste en dos partes:

- a) Asegurar (castigar) el marco propiamente.
- b) Retaque de madera entre el marco anterior y el colocado. ----
(Fig. V - 18).

- a) Asegurar (CASTIGAR) el marco propiamente.

Consiste en colocar en puntos bien definidos, bloques de madera - entre el patfn exterior del marco y el terreno, con el objeto de colocar el



marco en su línea y nivel correctos, y, principalmente, para transmitir a lugares determinados, las cargas provenientes del terreno.

b) Retaque de madera entre el marco anterior y el colocado.

Consiste en rellenar en forma ordenada con madera de escuadría y longitudes adecuadas, el espacio entre el marco anterior y el colocado desde el patín superior de los marcos hasta el terreno excavado, cubriendo parcialmente y soportando la roca o terreno. El retaque de madera y el castigo de los marcos, se amacizan con cuñas de madera colocados convenientemente.

El Ademe Metálico se complementa cuando se estima que, pueden existir empujes laterales con una pieza que liga los extremos inferiores del marco y que debe quedar por debajo de la Línea "B" de excavación. Esta pieza se llama "Tornapunta".

CONCRETO LANZADO.

El concreto lanzado, consiste en un método en el cual, mediante máquinas especiales llamadas "lanzadoras", se aplica el concreto, utilizando aire comprimido inyectado a la propia máquina a través de una manguera y un chiflon, por donde se inyecta el agua para completar la mezcla y así, hacer reaccionar el cemento y aditivos acelerantes de fraguado.

Dicha aplicación, debe hacerse en capas sucesivas de dos en dos centímetros de espesor y por zonas, hasta completar el espesor de proyecto. Para controlar éstos espesores, se deben colocar testigos apropiados.

PROCEDIMIENTOS DE EXCAVACION.

1.- SECCION COMPLETA.

El ataque del túnel a Sección Completa, se lleva a cabo cuando la roca es de buena calidad y cuando el ademe o soporte que necesita es mínimo o local. En términos generales, es ejecutada mecanizando la excavación con equipo de vfa, así como con el uso general de perforadoras, explosivos y rezaga.

2.- MEDIA SECCION SUPERIOR Y BANQUEO.

Este procedimiento se utiliza cuando se encuentra roca no muy competente y variable en su formación, dando lugar al uso de ademe metálico -- (Marcos). El banco no debe tener una longitud menor que el 70 por ciento del diámetro vertical del túnel.

Se ejecuta normalmente mecanizando todas y cada una de las actividades, utilizando el banco para perforar la sección con barrenación de abanico. La voladura debe ser simultánea. Los marcos metálicos de ademe, se complementan soportando las rastras como apoyo de las secciones superiores.

3.- TUNELES PILOTO.

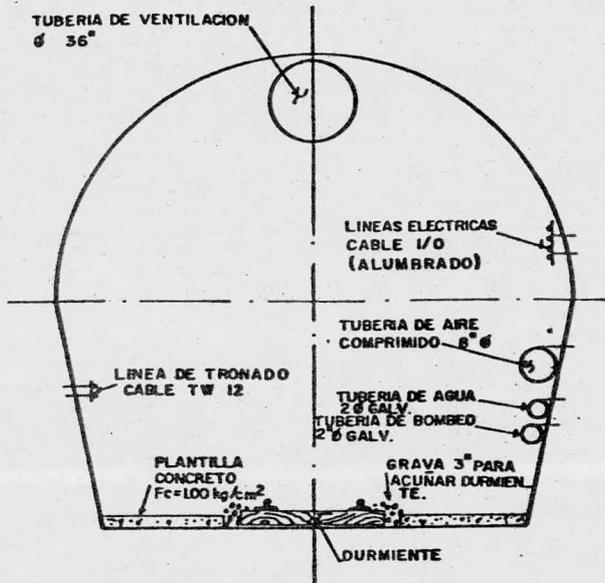
Su excavación es en la media sección superior y su área transversal, es del orden de 3 a 4 M².

Los túneles piloto, se construyen cuando se tiene un terreno de ca lidad dudosa.

INSTALACIONES DENTRO DEL TUNEL.

Por último, al igual que se obtiene un avance en la excavación, debe instalarse el equipo de trabajo a una distancia de 20 M. aproximadamente del frente de trabajo. Estas instalaciones son:

- 1.- Tuberfa de ventilación de 36" Ø.
- 2.- Líneas eléctricas (Alumbrado).
- 3.- Tuberfa de aire comprimido de 8" Ø.
- 4.- Tuberfa de agua de 2" Ø.
- 5.- Tuberfa de bombeo de 2" Ø.
- 6.- Línea de tronado. (Fig. V - 19).



INSTALACIONES DENTRO DEL TUNEL

FIG. - V - 19 .

ESC. 1:50

INSTRUMENTACION

CAPITULO VI

I N S T R U M E N T A C I O N

Este capítulo está enfocado a describir la instrumentación que se utiliza en la construcción del túnel del proyecto en estudio, con el objeto fundamental de tener conocimiento del comportamiento real del macizo rocoso; para que así, posteriormente, se puedan definir de manera concreta, las condiciones de esfuerzos y deformaciones para elaborar con ésto, el diseño óptimo del revestimiento definitivo; así también, para tomar las medidas de seguridad convenientes durante el desarrollo de la obra.

El objeto principal de colocar estaciones de medición, se resume en general, en los siguiente puntos:

- 1).- Obtener un conocimiento más completo por parte de la Constructora del comportamiento de la excavación, en función de los diferentes procedimientos constructivos utilizados.
- 2).- Determinar las propiedades reales del macizo rocoso.
- 3).- Incrementar la seguridad de la excavación, utilizando las medidas convenientes para mantener dicha excavación en condiciones normales de estabilidad antes de colocar el revestimiento definitivo.
- 4).- Comparación del comportamiento real con los resultados "teóricos" obtenidos de los estudios geotécnicos.
- 5).- Aumentar la economía del túnel al determinar cuál es el Sistema de Soporte Provisional que resulta más adecuado para la excavación.

- 6).- Detectar problemas especiales en el macizo rocoso que pudiera -- provocar problemas durante la construcción del túnel. (Fluencia-viscoplástica, rocas con características expansivas, zonas de falla, desprendimientos, intemperismo, etc.).

CANTIDADES FISICAS QUE SE OBTIENEN DE ESTACIONES DE INSTRUMENTACION.

Dependiendo de los problemas particulares, las observaciones se refieren - a:

- Deformaciones Unitarias.
- Desplazamientos relativos. (Sin puntos fijos).
- Desplazamientos absolutos. (Con puntos fijos).
- Cambios de curvatura. (En el revestimiento.).
- Esfuerzos en el revestimiento y en el macizo rocoso.
- Presión de suelo o roca en el revestimiento.
- Fuerzas en sistemas de anclaje.

Al planear un programa de mediciones, se deben aportar varios principios - sólidos, para lograr obtener resultados a bajo costo que sean útiles para fines prácticos.

PRINCIPIO DE LAS MEDICIONES DE CAMPO.

- Plantear correctamente el sistema estructural.
- Seleccionar adecuadamente las cantidades físicas más sensitivas.
- Predicción del orden de la magnitud de las cantidades medidas para- establecer la precisión requerida.

- Selección de técnicas de medición, instrumentos, localización de secciones de medición y programa de lecturas.
- Determinación anticipada de posibles fuentes de error en las lecturas.
- Posibilidad de comprobar "cruzando" resultados en situaciones difíciles.
- Empleo sólo de instrumentos confiables y de personal competente.

La experiencia ha demostrado que, cuando se siguen éstos principios, las mediciones de campo se convierten realmente en una ayuda valiosa para el diseño y para la ejecución de los trabajos subterráneos.

Las estaciones de medición descritas en éste capítulo, son las que se consideran más apropiadas para interpretar el comportamiento del túnel del tramo en estudio. Sin embargo, pueden sufrir los cambios que sean necesarios en función de los problemas particulares que presente la excavación.

MEDICIONES EN EL INTERIOR DEL TUNEL DURANTE LA EXCAVACION.

CONVERGENCIAS.

Las mediciones que se llevaron a cabo en el interior del túnel durante el proceso de excavación, consistieron en observar las deformaciones de convergencia hacia el interior del túnel con objeto de conocer el comportamiento del terreno circundante y poder definir tanto las velocidades de deformación, como los tiempos en que ocurre la estabilización.

INSTRUMENTOS.

Para llevar a cabo éstas mediciones, se utilizará un instrumento de operación mecánica y alta precisión denominada "DISTOMETER", desarrollado por el Ins

tituto Tecnológico de Zürich, que se emplea para medir la variación de distancia entre dos referencias fijas. El distometer garantiza una precisión de -- lecturas (resolución), de 0.01 MM. en todo su intervalo de medición (150 MM.), -- con una precisión efectiva (desviación estándar), entre ± 0.02 MM. y ± 0.03 MM. para distancias menores de 10 M., dadas sus características, la confiabilidad y repitibilidad de sus resultados, las lecturas tomadas por éste instrumento se -- consideran óptimas.

DISTRIBUCION DE TRAYECTOS DE MEDICION.

De acuerdo a la experiencia obtenida en la observación del comportamiento de los suelos y rocas en los que se excavaron del Acueducto Periférico Ramal -- Sur, se considerará, que el arreglo de las líneas de medición más convenientes, consiste en:

- a) Un triángulo formado por una línea horizontal y dos líneas inclinadas -- coincidentes en un punto en el techo del túnel. (Fig. VI - 1).
- b) El mismo triángulo, anexándole una línea horizontal localizada en la -- parte inferior de la excavación. (Fig. VI - 2).

LOCALIZACION DE SECCIONES DE MEDICION.

Las secciones de medición de convergencias, se localizaron de acuerdo a las necesidades particulares de la obra y a la magnitud de las deformaciones de sec ciones previamente instaladas.

Como criterio general será conveniente instalar una sección cada 100 M. en promedio; como gufa unicamente podría fijarse un espaciamento entre secciones no menor de 50 M. ni mayor de 250 M.

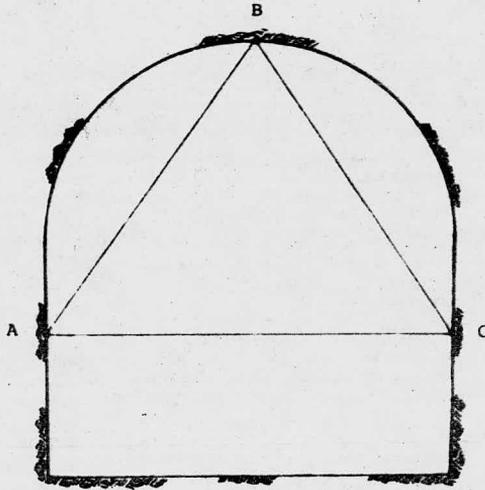


FIG. VI - 1

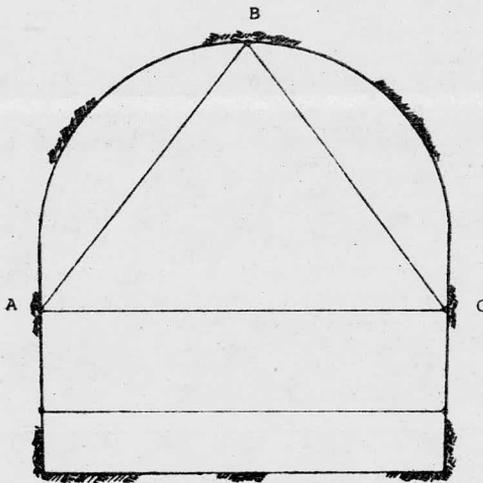


FIG. VI - 2

DISPOSICION DE LOS TRAYECTOS DE MEDICION.
(DISTOMETER).

El emplazamiento de las secciones de medición de convergencias, se hará lo más cercano que sea posible, al frente de excavación; ésto, con el objeto de conocer su comportamiento desde el inicio de las deformaciones y de poder juzgar su tiempo de estabilización.

Los elementos (pernos, bulones, anclas y otros), que definan los puntos de medición, deberán quedar firmemente sujetos al terreno, o en su caso, al concreto lanzado o marco metálico. Las técnicas de sujeción de éstos elementos variarán de acuerdo con la consistencia y la naturaleza del terreno; sin embargo, la longitud de penetración dentro del terreno no será mayor de 0.50 M.

Los marcos metálicos que se instrumenten para medición de convergencias, - deberán ser cuidadosamente seleccionados, eligiéndolos entre los que se encuentren debidamente apoyados contra el terreno y en los cuales se garantice que no sufrirán desplazamientos intencionales o accidentales por maniobras de la construcción.

Los elementos de medición embebidos en concreto lanzado, deberán penetrar hasta el terreno, o de otra forma, deberá asegurarse que el concreto lanzado es té firmemente adherido al mismo.

SECUENCIA DE LAS MEDICIONES.

Las mediciones se harán con una periodicidad de por lo menos una vez al -- día durante las primeras 2 semanas posteriores a la instalación de la sección.- Una vez que las convergencias indiquen una tendencia franca a la estabilización (velocidades menores a 0.04 Mm/día), la periodicidad puede ampliarse a dos veces por semana hasta que la velocidad de deformación sea menor de 0.10 Mm./semana. Cuando ésto ocurra, las mediciones de una sección podrán suspenderse. Deberá disponerse de 2 o 3 semanas de observaciones antes de ampliar la frecuencia de mediciones o de suspenderlas definitivamente.

En cualquier caso, los criterios para establecer la periodicidad de las mediciones, deberán ajustarse conforme se acumule información y se adquiera experiencia en el comportamiento del terreno excavado.

DEFORMACIONES DEL TERRENO.

INSTRUMENTOS:

La medición de las deformaciones del terreno que circunda a la excavación, se llevará a cabo a lo largo de perforaciones ejecutadas desde el interior del túnel; se utilizarán extensómetros mecánicos de barras inoxidable, tipo ETH -- con una resolución de 0.01 Mm. en todo el intervalo de medición, el cual, deberá ser por lo menos de 50 Mm.

Los instrumentos deberán ser compactos y muy resistentes y deberán estar protegidos contra posibles daños por las voladuras que se realicen en la vecindad de la perforación y por otras actividades de la construcción. La operación del sistema de medición, debe ser necesariamente mecánica.

DISPOSICION DE LOS TRAYECTOS DE MEDICION.

La disposición de los extensómetros de una sección del túnel, dependerá -- fundamentalmente del problema particular que se requiera investigar. Ejemplo:- Aflojamiento de la clave, expansividad de suelos y rocas, espesor de zona descomprimida, deformabilidad del terreno, etc. El arreglo de extensómetros, se hará de acuerdo con alguno de los esquemas que se presentan en las Figuras VI - 3 y VI - 4.

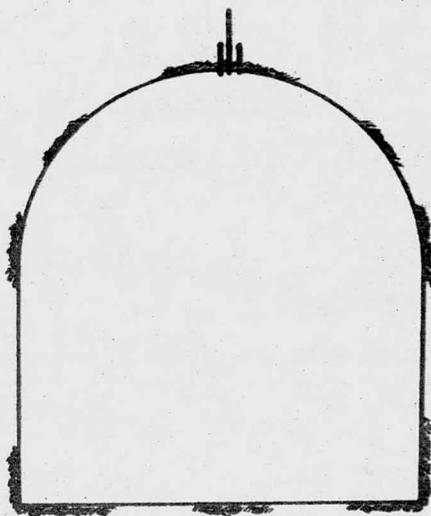


FIG. VI - 3

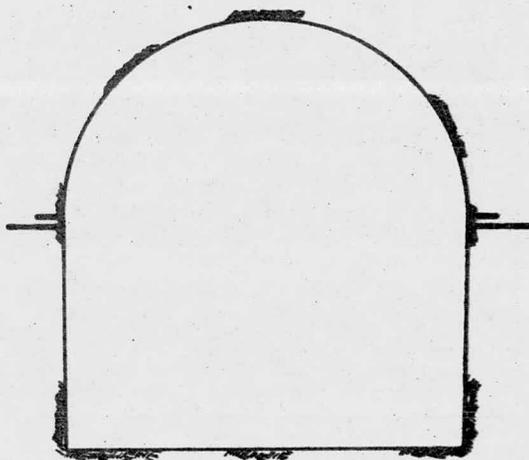


FIG. VI - 4

DISPOSICION DE LOS TRAYECTOS DE MEDICION.
(EXTENSOMETROS).

LOCALIZACION DE LOS EXTENSOMETROS.

Los extensómetros se instalarán siempre que sea posible, coincidiendo con alguna de las secciones de convergencia. Los extensómetros se emplearán sólo cuando se desee investigar los fenómenos que se mencionan en el párrafo anterior como una gufa de carácter general, puede anticiparse la necesidad de colocar entre 5 y 10 extensómetros por cada 1000 M. de túnel.

La profundidad a la que se coloquen los extensómetros, su orientación, y, especialmente la cercanía al frente, se establecerán de acuerdo con las condiciones particulares de la excavación.

SECUENCIA DE LAS MEDICIONES.

Como en el caso de las convergencias, las mediciones de extensometría se harán con la periodicidad de por lo menos una vez por día, durante las dos primeras semanas posteriores a su instalación. Los criterios para ampliar ésta periodicidad y para suspender las mediciones, serán enteramente semejantes a los descritos en las convergencias.

RESULTADOS OBTENIDOS EN ESTACIONES DE INSTRUMENTACION.

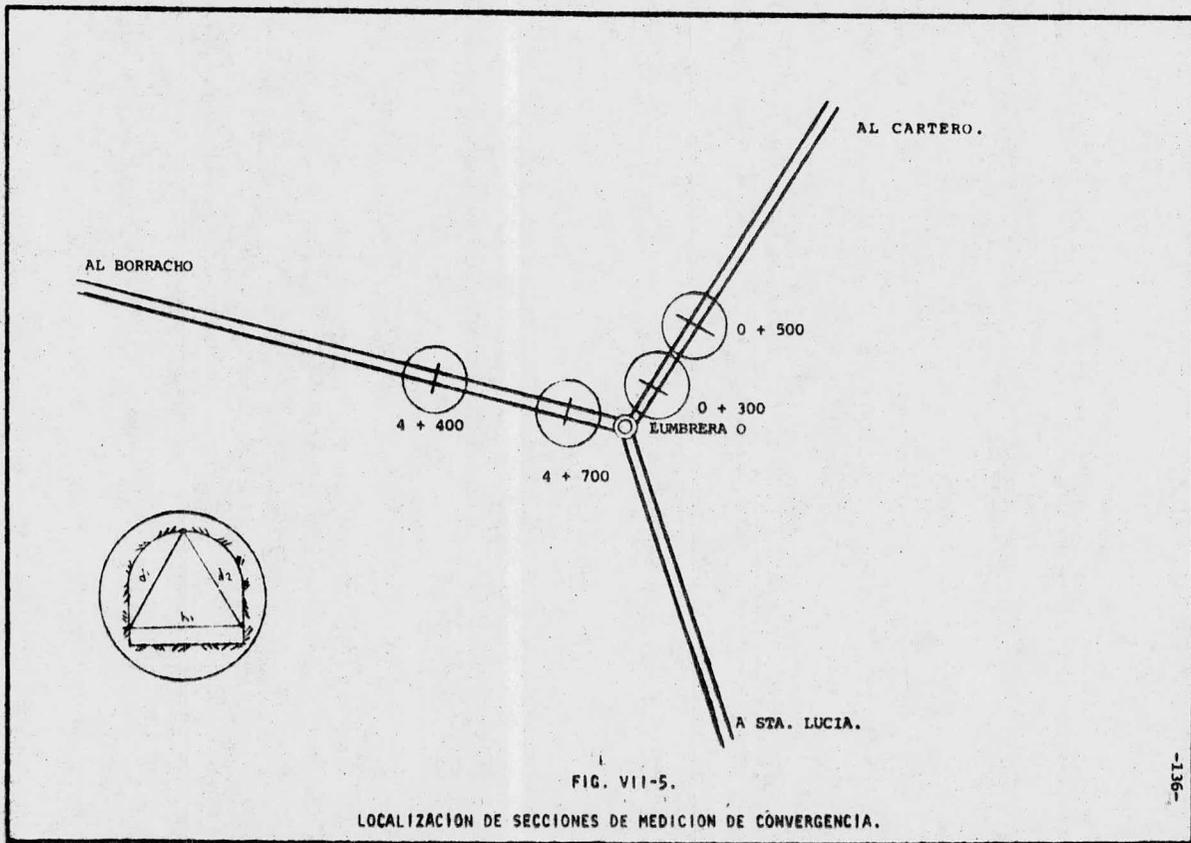
Para tener una mejor referencia de las secciones instaladas en el túnel -- Acueducto Periférico Ramal Sur (del tramo en estudio), se presenta un croquis general, figura VI - 5 con sus localizaciones respectivas; además, se incluyen gráficas que muestran las variaciones de las deformaciones obtenidas respecto al tiempo.

La tabla adjunta contiene un resumen de los resultados obtenidos y una in-

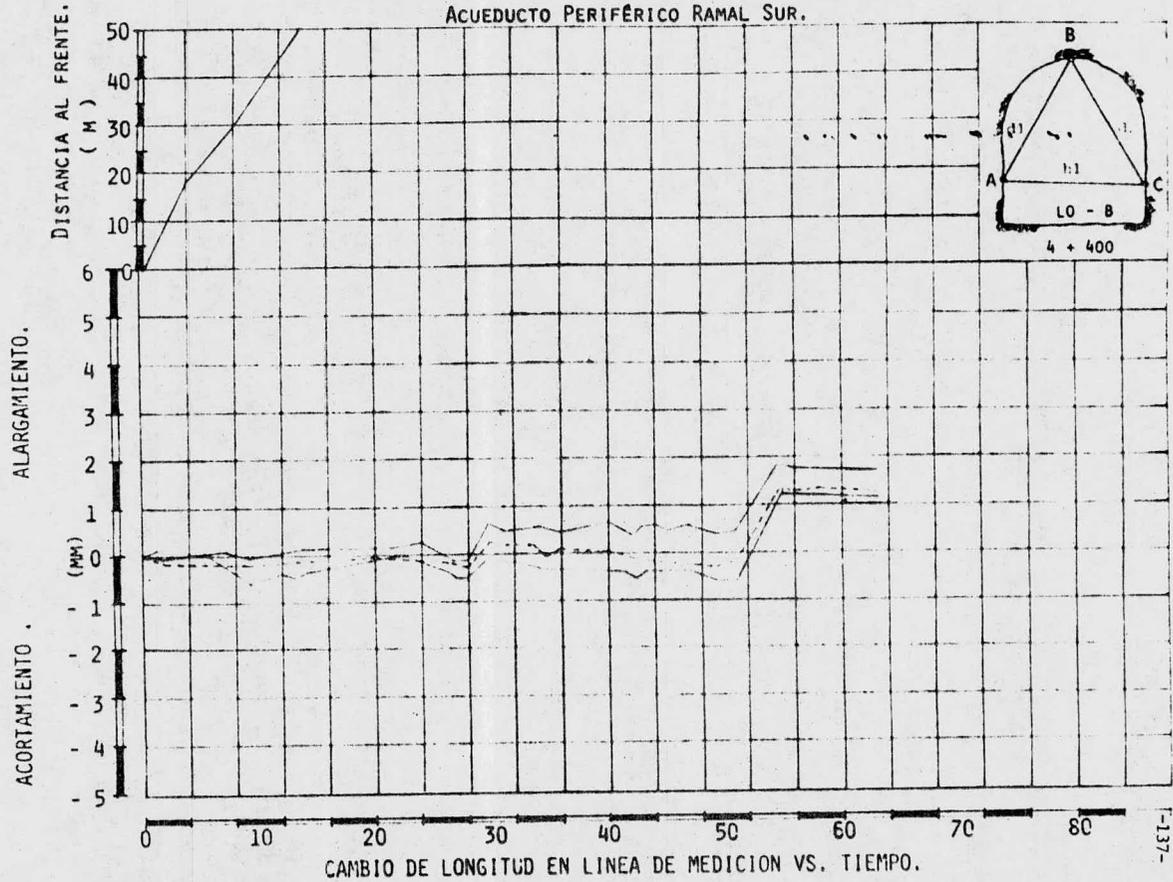
interpretación del comportamiento observado.

Debe observarse que, en términos generales, el comportamiento de las excavaciones de éstos túneles no ha planteado hasta ahora problemas de difícil solución; ésta observación, está basada tanto en observaciones directas en el campo como en los resultados de las mediciones. Las velocidades de deformación, son de pequeña magnitud y los tiempos de estabilización francamente cortos, éstos últimos, indicativos de un comportamiento predominantemente elástico.

Puede concluirse que, hasta el momento, se han excavado formaciones fácilmente tuneables; las brechas volcánicas de matriz limo-arcillosa y los limo-arcillosos compactos, son los materiales que presentan las deformaciones más bajas y los tiempos más cortos de estabilización; en cambio, las andesitas y brechas con matriz arenosa y, particularmente, las tobas arenosas con pómez, presentan una componente considerable de deformación diferida y, por tanto, tiempos de estabilización más largos.

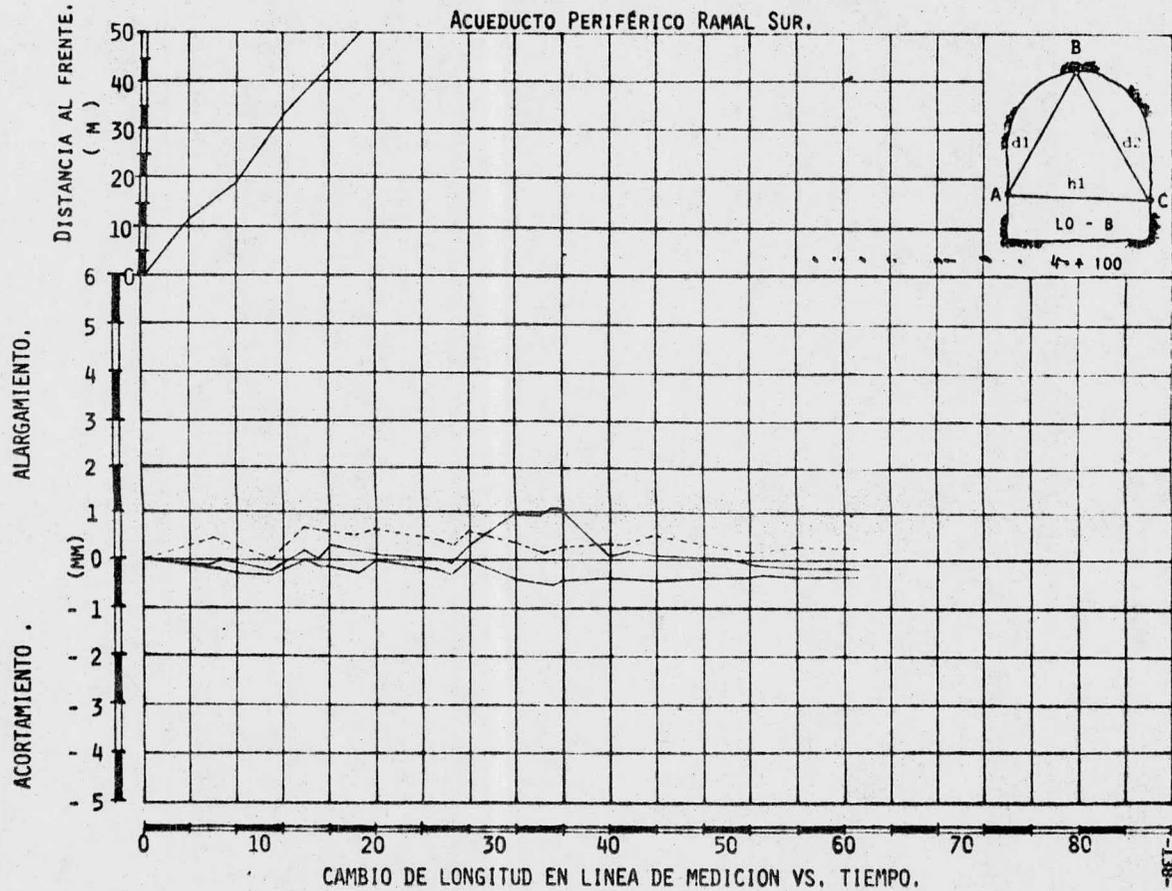


GRAFICA DE MEDICIONES DE CONVERGENCIA.
 ACUEDUCTO PERIFÉRICO RAMAL SUR.

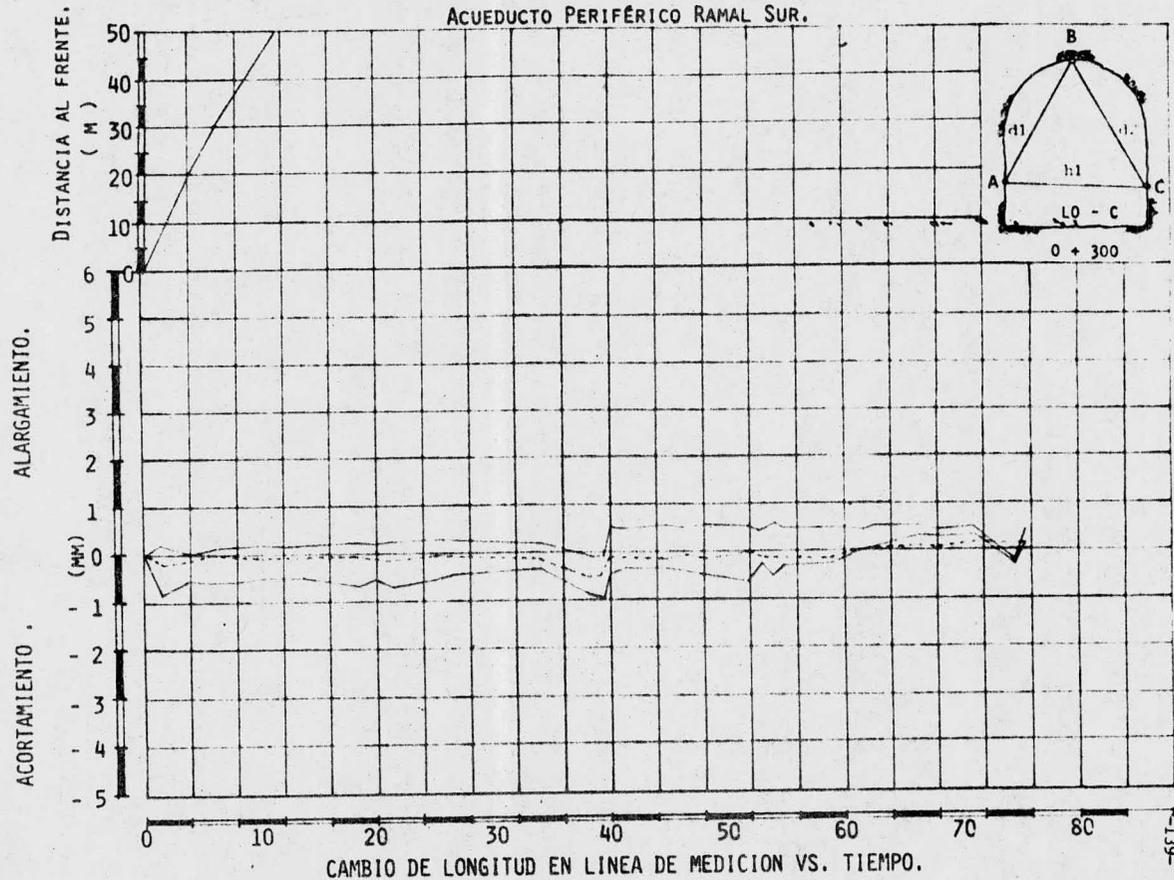


GRAFICA DE MEDICIONES DE CONVERGENCIA.

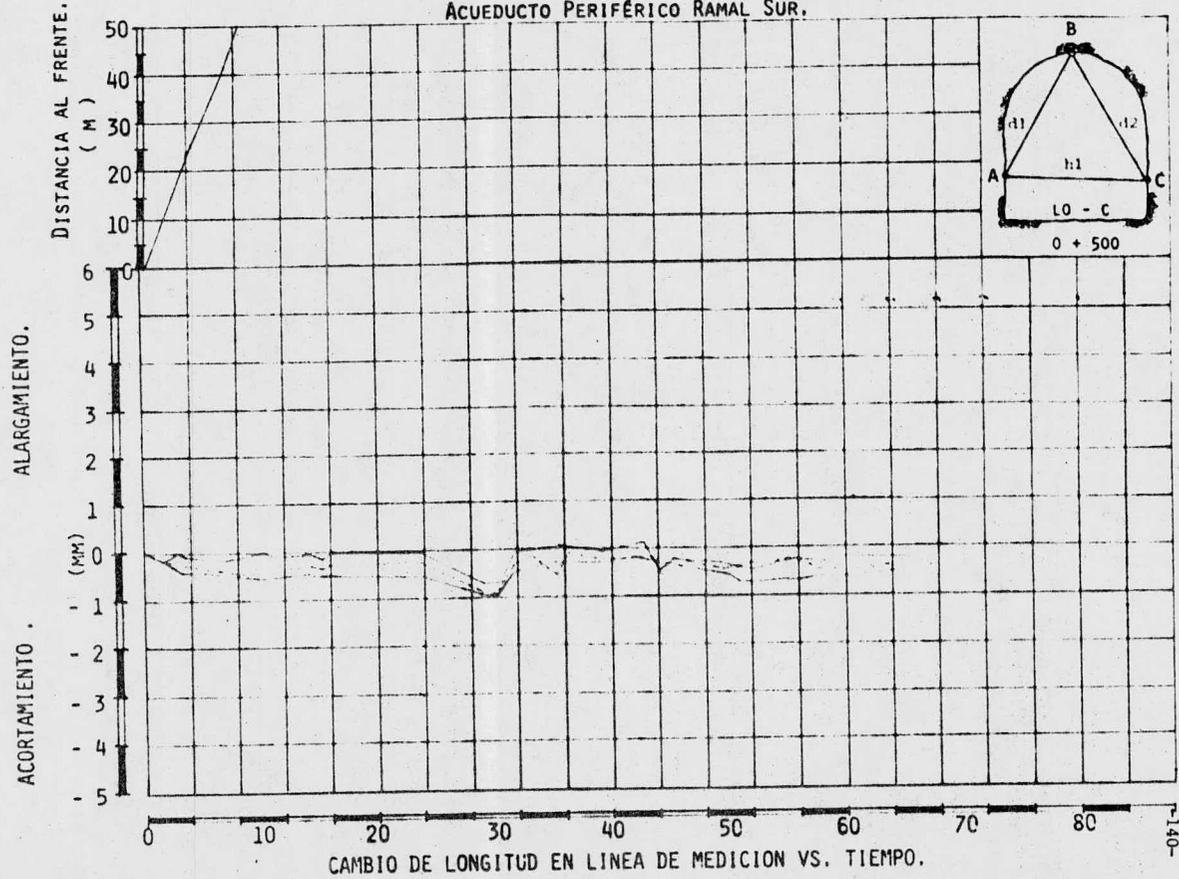
ACUEDUCTO PERIFÉRICO RAMAL SUR.



GRAFICA DE MEDICIONES DE CONVERGENCIA.
 ACUEDUCTO PERIFÉRICO RAMAL SUR.



GRAFICA DE MEDICIONES DE CONVERGENCIA.
ACUEDUCTO PERIFÉRICO RAMAL SUR.



INSTALACIONES EN OBRA

CAPITULO VII

INSTALACIONES EN OBRA.

Para la excavación del Acueducto Periférico Ramal Sur, se construyeron 4 - lumbreras y 7 túneles, constituyendo 14 frentes de araque.

Inmediatamente al recibirse la obra, se tuvo la necesidad de iniciar un -- programa de utilización de equipo, para reacondicionar la maquinaria existente y hacer la compra o renta necesaria; pero a medida que se iba ejecutando el tra bajo, se definían nuevos sistemas y programas de construcción de manera que los programas de utilización de maquinaria sufrían modificaciones que eran conside radas para la correspondiente confrontación de oferta y adquisición.

La maquinaria se divide según la operación llevada en el túnel, teniendo - la siguiente clasificación:

Para Perforación: Perforadoras de pierna.
Rompedoras.
Compresores Eléctricos.

Para Rezaga: Rezagadoras.
Vagonetas.
Locomotoras.
Malacate.
Camiones.

Para controlar el agua: Bombas Centrífugas.
Bombas Neumáticas.

Para reducir Filtraciones de Agua, evitar ademe y mejorar por ende la velo cidad de avance en la perforación del túnel, se emplea:

Carros de diseño especial para transporte y dosificación de los agregados- del lanzado.

Para el revestimiento: Plantas dosificadoras y mezcladoras a las que se les alimenta de cemento a granel.
Trailers con tolva de 30 Toneladas.
Camiones de volteo con caja especial.
Carros agitadores.

El concreto se coloca con auxilio de:

Bombas para concreto.
Cañones para concreto.
Vibradores.
Módulos de cimbras.

Cuando algún equipo, de acuerdo con los programas de obra, iba a utilizarse poco tiempo y no era costeable hacer la inversión de compra, se procedía a su alquiler, en el que se indicaba periodo de utilización, renta y frente donde trabajaría.

El jefe de maquinaria tiene la obligación de avisar a todo aquel equipo -- que llega, indicando marca, modelo, serie y número económico de la unidad respectiva, así como su procedencia.

Cuando una máquina sale de un frente de trabajo, es enviada a reparación. Se elaboraba una remisión (Control de envío de maquinaria), a fin de que a partir de esa fecha se deje de cargar (Depreciación y mantenimiento) a ese frente, sin ésta comunicación, no se reconoce el movimiento y las rentas y responsabilidad de la máquina continúa a cargo del frente donde oficialmente se localiza.

Con base en las recepciones, movimiento e inventarios mensuales de la obra, son elaborados los reportes de rentas. En ese reporte se cobran a la obra, las rentas por depreciación y mantenimiento de la maquinaria que obran en su poder.

La tarifa de depreciación se formula con base a la renta que debe cubrirse durante la utilización de la máquina en la empresa; a ese efecto, se agrupan má quinas semejantes sobre las que se toma un valor de adquisición promedio y a -- las cuales, también se les considera un valor de rescate.

La diferencia entre ambos valores, dividida por el número de meses en que se va a utilizar, y considerando un factor de utilización (para cubrir disponibilidades y periodos de reparación), da la tarifa mensual por depreciación.

La tarifa de mantenimiento para la maquinaria mayor, se determina con una cantidad que va del 25 por ciento, al 50 por ciento de la tarifa de depreciación según la máquina de que se trate. Para la maquinaria menor cuyas reparaciones - son absorbidas directamente por el frente de donde proceden, se hace la conside ración de cobrar un 4 por ciento del importe de depreciación como tarifa de man tenimiento.

Cuando la obra deja de utilizar alguna máquina y puede ser transferida a - otros frentes, envía su reporte de disponibilidad, dejando de causar renta. Se indica dónde se encuentra la máquina reportada como disponible. El equipo mayor es almacenado debidamente en el frente donde se encuentra disponible hasta que se define su destino para evitar flete o maniobra innecesario. El equipo menor, por lo general, es enviado a su reparación según lo requiera. Cuando una máqui - na mayor llega a un frente y requiere de una maniobra o instalación especial an tes de funcionar, no se le cobra renta por un mes o el tiempo que demorara la - maniobra. La misma regla se aplica para el desmantelamiento.

Las reparaciones mayores en las maquinarias, son programadas de acuerdo al estado de cada máquina y a los programas de construcción del túnel.

La gran cantidad de equipo en uso y la propia extensión de la obra, la con vierten en un campo ideal para proporcionar servicio de mantenimiento y repara ciones menores, gracias al cual, se consiguen adaptaciones que incrementen, de - modo importante; la eficiencia de las máquinas, además de la reducción de tiem - pos perdidos por transporte y saturación.

Para mover el equipo y para el transporte de materiales, se cuenta en los frentes con Camiones F-600, con grúa HIAB, Camionetas F-350 y Camionetas F-100.

Si algún frente solicita una máquina, el importe de fletes y maniobras es con cargo al frente que la solicita.

Debido al avance de la obra, se presenta la necesidad de almacenar ordenadamente el equipo que se va dejando de utilizar, preservándolo de descomposturas que causa la intemperie y de la pérdida de sus partes; al mismo tiempo, se tienen que almacenar todos los artículos auxiliares que se dejan de usar.

INSTALACIONES GENERALES DE SUPERFICIE.

La perforación del tramo en estudio, requirió la excavación de una lumbrea en la que se hicieron las instalaciones siguientes:

- a) Torre de Manteo.
- b) Malacates.
- c) Compresores.
- d) Subestaciones Eléctricas.
- e) Talleres.
- f) Locales para oficinas y almacenes.
- g) Polvorines.

TORRE DE MANTEO.

La Torre de Manteo, es una estructura formada con perfiles metálicos, de una altura de 20 M. en la que se apoyan las poleas de los malacates de rezaga y de personal. En su diseño se tomó en consideración, que no solamente servirán para la extracción del material excavado, sino que se utilizarían para la introducción de los equipos de excavación, transporte y carga necesarios para la excavación del túnel como son: Palas Mecánicas, Tractores, Cargadores, Locomotoras, Rezagadoras, etc.

MALACATES.

En la lumbrera se instalaron dos malacates; uno para rezaga y otro para -- equipo menor.

El malacate de rezaga, consta de dos tambores accionados por un motor eléctrico que proporciona una velocidad constante de los botes (skips) de 1.20 m./seg., la capacidad de éstos es de $4M^3$, los cuales mantienen su verticalidad mediante cables tensionados por resortes.

Los botes de manto se descargan automáticamente por el fondo y se operan por un dispositivo que abre la tapa inferior, cayendo el material a una tolva con capacidad suficiente para regular la carga de los camiones, el control de la descarga de la tolva se hace por compuertas accionadas por gatos hidráulicos.

El malacate de equipo menor es de un solo tambor accionado con motor neumático.

La calesa (elevador), es de doble piso y tiene capacidad para 16 personas, accionada con doble cable, es decir, el extremo del cable está fijo y sobre la calesa queda una polea viajera; dándole así, mayor seguridad.

En la calesa se instaló un mecanismo de seguridad que la detiene instantáneamente en el caso de una rotura de cable o un aceleramiento mayor al previsto.

A la calesa de personal se le instalaron dos frenos más, aparte de los propios, uno eléctrico y otro neumático, que los hicieron más seguros para limitar el recorrido de la calesa, en la barra batimétrica del malacate, se colocaron dos micro-switches que cortan la corriente cuando son sobrepasados.

SALA DE COMPRESORES.

Para el suministro del volúmen de aire comprimido, se tomó en cuenta el -- consumo del equipo neumático, las pérdidas de carga por conducción y fugas, así como también un factor de diversidad, el volúmen así determinado, se dividió en tre la producción de un compresor de 600 P.C.M. que se escogió como unidad, de-- terminando así el número de compresores necesarios.

La salida de cada uno de los compresores, se conectó a un múltiple, del -- cual salen las tuberías para los dos frentes de ataque.

La tubería que se utilizó para la conducción del aire a presión, es de --- 6 Pulg.Ø. (15 Cm.) con juntas vitaulic, dispuestas a lo largo de ella, se colo-- caron trampas para el agua de condensación y cerca del frente, se conectó un - repartidor para las conexiones del equipo de barrenación.

SUBESTACION.

La tensión de los circuitos de alimentación de la obra, son de 23,000 vol-- tios y las tensiones utilizadas en la lumbrera son de 2,300 voltios para la li-- nea de alimentación interior, 220 para compresores y bombas y 125 para el alum-- brado. Para bajar a éstas tensiones, se instalaron bancos de transformadores, - según la carga demandada; éstos bancos están debidamente cercados con malla de-- alambre y protegidos contra descargas atmosféricas.

TALLERES.

En la lumbrera, se tienen talleres para el mantenimiento del equipo, en -- los que se cuenta con equipos de soldadura eléctrica y autógena, herrerfa, etc.

En éstos talleres se hacen reparaciones menores, ya que las mayores se hacen en el taller mecánico central.

OFICINAS Y ALMACENES.

Se construyeron oficinas para el personal técnico y administrativo y para el almacén de artículos.

El valor de los almacenes, se procuró, fuese el mínimo indispensable y se siguió la política de tener solamente artículos de uso inmediato.

POLVORINES.

Para su localización y construcción, se siguieron las normas establecidas por la Secretaría de la Defensa Nacional.

El transporte de explosivos se hizo con camionetas ligeras debidamente --- adaptadas con luces y sirenas para evitar accidentes en los trayectos.

INSTALACIONES PARA EL REVESTIMIENTO PROVISIONAL A BASE DE CONCRETO LANZADO.

En la superficie se construyeron patios cubiertos para el almacenamiento de los agregados pétreos y un depósito para el cemento a granel, éstos materiales, se introducían al túnel por medio de tuberías dispuestas en la lumbrera o en pozos perforados; en el interior del túnel, se descargan en tolvas colocadas sobre una estructura que permite el paso debajo de ellas a los carros dosificadores.

El Carro Dosificador, está montado sobre ruedas para vía y consiste en una tolva para agregado pétreo, una tolva para cemento y un transportador de tornillo que aparte de dosificar la mezcla, la transporta hasta la lanzadora de concreto.

El funcionamiento de ésta, consiste en lanzar por una manguera, una corriente de mezcla seca, al que se le adiciona el agua por un dispositivo colocado antes del chiflón de salida.

INSTALACIONES EN EL TUNEL.

En el interior de un túnel, las instalaciones para procedimientos convencionales de excavación, difieren muy poco de los que se utilizaron en ésta obra y éstos consisten en:

- a) Estación de carga de los botes de manteo.
- b) Vía y equipo auxiliar de ésta.
- c) Tubería de ventilación.
- d) Tubería para el aire a presión.
- e) Tubería para el agua de barrenación.
- f) Tubería para el manejo del agua de bombeo.
- g) Líneas de transmisión eléctrica.

ESTACIONES DE CARGA DE LOS BOTES DE MANTEO.

La estación de carga de los botes de manteo consiste en: Malacate Neumático para volcar la concha de la vagoneta y una rampa receptora del material descargado, que conduce la carga hacia los botes.

VIA Y EQUIPO AUXILIAR.

La vía consta de rieles de 60 Lb/Yd. de calibre, montados sobre durmientes de madera de 6" x 6" x 5 pies; el equipo auxiliar, consiste en escapes, laderos fijos, cambiadores horizontales y Cambios California.

El cambiador horizontal de vagonetas, es un mecanismo formado por dos rampas y un tramo a nivel sobrepuesto a la vía principal que se desliza perpendicularmente a ésta sobre unos carriles; la energía para éste movimiento, la proporciona un Malacate Neumático.

Los Cambios California son móviles, y están sobrepuestos a la vía principal, pudiéndose deslizar sobre la misma, consiste en dos vías paralelas que divergen en forma de Y, los rieles están montados sobre durmientes metálicos -- que le proporcionan rigidez, la longitud de éstos cambios, es tal, que permiten acomodar un convoy entero.

TUBERIA DE VENTILACION.

La ventilación del túnel, se realiza por medio de tubería de vinil en tramos de 10 M. de longitud y 36" de diámetro.

El volumen de aire introducido al túnel, es de $13.4 \text{ M}^3/\text{Seg.}$ y fue determinado en base a las necesidades de ventilación en el frente, suficiente para tener un ambiente agradable y para diluir las concentraciones de gases tóxicos -- producidos por la explosión de dinamita y los motores de combustión interna.

TUBERIA PARA EL AIRE A PRESION.

El diámetro de la tubería para el aire a presión es de 6" con juntas vitau-
lic, con los que se logra una flexibilidad adecuada para éste tipo de instala-
ciones y una rápida colocación; las válvulas usadas fueron de compuerta. En esa
tubería, se tuvo la precaución de colocar trampas para el agua de condensación.

TUBERIA PARA EL AGUA DE BARRENACION.

La tubería para el agua de barrenación, es galvanizada con diámetro de 3"
y coples de rosca; el agua se toma de las tuberías de descarga.

TUBERIA PARA EL MANEJO DEL AGUA DE BOMBEO.

El manejo del agua de bombeo, se hace con tubos de 2 a 6" de diámetro, se-
gún el gasto que se va a desfogar, las uniones entre tubos fueron de cople con-
rosca o soldados.

LÍNEAS DE TRANSMISION ELECTRICA.

La línea de alimentación eléctrica, es de 2300 volts, con conductores de -
cable de cobre de No. 000 montada sobre bastidores con aisladores de porcelana;
ésta tensión se reduce a 220 volts, que es la de los motores de las bombas, por
medio de transformadores trifásicos, según el No. de bombas que se iban a ali-
mentar o a 115 volts para el alumbrado.

El alumbrado se hizo con focos de 200 watts colocados a una separación máxima de 10 M.

Para el suministro de energía eléctrica, se contó con cinco circuitos, dos de energía y tres de servicio normal.

INSTALACIONES PARA EL REVESTIMIENTO DEFINITIVO DE CONCRETO.

Basándose en el programa para la terminación de la obra, se determinaron los sitios en que se debían instalar las plantas para la elaboración del concreto y los movimientos de las mismas para cubrir el tramo a revestir.

A continuación se dá una relación de las principales partes que integran la planta de concreto, tren de colocados y cimbra telescópica:

A) PLANTA DE ELABORACION DE CONCRETO.

- 1.- Patio para agregados pétreos.
- 2.- Draga-línea de 0.382 M^3 .
- 3.- Silos para cemento.
- 4.- Tanques para agua.
- 5.- Elevador de cangilones para el llenado de los silos.
- 6.- Tolva bascular con dispositivo electrónico para su llenado.
- 7.- Revolvedora de $45 \text{ M}^3/\text{H}$.
- 8.- Tolva receptora del concreto para regular carga.
- 9.- Bandas transportadoras del concreto.
- 10.- Tolva reguladora de la carga a la tubería.
- 11.- Tubos para el descenso de la mezcla.
- 12.- Tanque amortiguador de energía de caída.
- 13.- Tolva reguladora.

- 14.- Tubos para el llenado de los carros transportadores.
- 15.- Carro transportador para el concreto.

B) TRANSPORTE.

Este se realiza por medio de un convoy formado por 3 carros especiales de 4.5 M³. de capacidad y una locomotora de 15 Toneladas.

C) TREN DE COLADOS.

Consta de las siguientes partes:

- 1.- Plataforma de 100 M. de largo por 4.5 M. de ancho.
- 2.- Rampa de 60 M. de largo con pendiente de 2.3%
- 3.- Banda transportadora horizontal para recibir la descarga simultánea de los carros transportadores de 46 Cm. de ancho y velocidad de 91.44 M. por minuto.
- 4.- Banda transportadora inclinada de 46 Cm. de ancho y 106.69 M. por minuto de velocidad, para elevar el concreto hasta una tolva reguladora de la carga de los cañones.
- 5.- Tolva reguladora de la carga de los cañones.
- 6.- Cañones neumáticos de 4.3 M³. cada uno.
- 7.- Tanques de aire comprimido de 10.2 M³.
- 8.- Tubería de 20.4 Cm. de \emptyset para la descarga de los cañones.
- 9.- "Garza" de tubo de fierro soldado para llenado de la cimbra.
- 10.- Sistema de gatos hidráulicos para el desplazamiento del tren, con forme avanza el colado.

D) CIMBRA TELESCOPICA.

La cimbra está formada por 9 módulos de 7.53 M. cada uno, o sea 67.77 M.

Cada módulo está formado por un mecanismo de cinco; 2 para el invert, articulados entre sí; dos laterales y una clave, también articulada.

Carro transportador de módulos.

Grúa viajera para el movimiento del invert.

Vibradores.

Gatos Hidráulicos para colapsar los laterales y abrir la clave.

Polipastos para izar el invert.

Zancos o piernas para nivelar el invert.

Ventanas con cierre hermético que permite el paso a los vibradoristas.

COSTOS

CAPITULO VIII

COSTOS.

Llamamos Costos al conjunto de erogaciones o desembolso indispensables para elaborar un producto o ejecutar un trabajo, sin ninguna utilidad.

De acuerdo con lo anterior, todo lo que no sea una utilidad o ganancia y que se aplique a la elaboración del producto, es Costo, sin que importe la clasificación o nominación que se quiera dar a ellos; directos, indirectos, de prestaciones sociales, federales, adicionales, especiales, etc.

Si al elaborar un Costo omitimos o adicionamos conceptos con intención, por descuido o ignorancia, estamos dando un Costo falso y el precio unitario que de él se derive, será también falso; perjudicando al contratante o al contratista de acuerdo con su forma e importancia.

En la industria de la construcción, normalmente dividimos los Costos en dos grupos principales:

- a) Los Costos Directos.
- b) Los Costos Indirectos.

COSTOS DIRECTOS.

Los Costos Directos agrupan todas las erogaciones necesarias para la elaboración del producto y normalmente son causados por tres elementos principales:

ELEMENTOS INTEGRANTES DE LOS COSTOS DIRECTOS.

1.- MANO DE OBRA.

- Salarios Base.

- Séptimo día.
- Vacaciones.
- Prima Vacacional.
- Bonificaciones.
- Aguinaldo.
- Seguro Social.
- 1% Sobre Remuneraciones Pagadas.
- 5% Infonavit. (Obras Particulares).

2.- MATERIALES.

- Precio de Adquisición.
- Maniobras de carga. (Cuando no lo entregan L.A.B.)
- Fletes a la obra.
- Maniobras de descarga.
- Mermas en manejos.
- Almacenamiento. (Costos Indirectos).
- Maniobras a la obra. (Costo por unidad de obra ejecutada).
- Fletes a la obra. (Costo por unidad de obra ejecutada).
- Maniobras en la obra. (Costo por unidad de obra ejecutada).
- Aplicación directa. (Costo por unidad de obra ejecutada).
- Desperdicios de operación. (Costo por unidad de obra ejecutada).

3.- MAQUINARIA.

a) Cargos fijos.

- Amortización. (Recuperación del capital durante la vida económica).

- Inversión. (Rédito del capital invertido a tasa).
- Seguros. (Protección del capital invertido a tasa).
- Mantenimiento. (Reparaciones menores, mayores y consumos de accesorios para operación).

b) Materiales.

- Combustibles.
- Lubricantes.
- Filtros.
- Llantas.

c) Operación.

- Operadores.
- Ayudantes.

MANO DE OBRA.- Para el cálculo del Costo de Mano de Obra en los trabajos de Ingeniería Civil, es indispensable seguir los lineamientos -- marcados por la Ley Federal del Trabajo.

CALCULO DEL FACTOR DE CONVERSION DE SALARIO MINIMO.

I.- DIAS PAGADOS.

- a) Ordinarios 47° día. 365
- b) Prima por vacaciones 0.25 X 8.

c) Aguinaldo. $\frac{15}{382.0}$ DIAS.

II.- IMPUESTOS.

a) 1% (Impuesto Federal) $0.01 \times 382 = 3.82$ DIAS.
1% (Impuesto Estatal)* $0.01 \times 382 = 3.82$ DIAS.
15% DE 3.82 (Imp. Municipal)**
 $0.15 \times 3.82 = 0.57$ DIAS.

b) I.M.S.S. PATRONAL.

$0.196875 \times 365 = 71.86$ DIAS.
DIAS PAGADOS AL AÑO. $383.0 + 71.86 = 462.07$ DIAS.

III.- DIAS TRABAJADOS.

a) DIAS DEL AÑO. 365 DIAS.

b) DIAS NO TRABAJADOS:

DOMINGOS. 52 DIAS.

DIAS FESTIVOS. 7 DIAS.

ENFERMEDAD. 4 DIAS.

VACACIONES. 8 DIAS.

71 DIAS.

365

- 71

294 DIAS.

COEFICIENTE.

$$\frac{462.07}{294} = 1.572$$

* Este impuesto es variable de un Estado a otro, en algunos casos no se aplica.

** Este impuesto es variable según el Municipio de que se trate.

COEFICIENTES DE TRABAJO.

Para calcular con exactitud los costos de mano de obra, es indispensable conocer los elementos que influyen en el rendimiento del obrero.

En los incisos anteriores se describió de manera general como determinar el importe de los salarios, ahora estudiaremos los elementos que influyen en los rendimientos y fácilmente obtendremos los costos.

1.- TIEMPOS TRABAJADOS.

a ₁	Jornada diurna 8 Hrs.	100% Art. 61	L.F.T.
b ₁	Jornada nocturna 7 Hrs.	87.5% Art. 61	L.F.T.
c ₁	Jornada mixta a 7.5 Hrs.	93.7% Art. 61	L.F.T.

El trabajador tiene derecho (Art. 63 L.T.F.) a un descanso de 0.5 Hrs., - por lo menos durante la jornada y tenemos:

$$a_2 \quad 8 \text{ Hrs.} \quad - \quad 0.5 \quad = \quad 7.5 \text{ Hrs.}$$

$$\begin{array}{rclcl} b_2 & 7 \text{ Hrs.} & - & 0.5 & = & 6.5 \text{ Hrs.} \\ c_2 & 7.5 \text{ Hrs.} & - & 0.5 & = & 7.0 \text{ Hrs.} \end{array}$$

Tomando el turno diurno, el obrero debe trabajar 7.5 Hrs., mas, si tomamos en cuenta el cansancio natural que lo obliga a descansar de 5 a 10 Min. tenemos, que del tiempo efectivo, trabaja en máximo el 80% del tiempo.

$$7.5 \text{ Hrs.} \times 0.8 = 6 \text{ Hrs. efectivas.}$$

MATERIALES PRODUCIDOS.

En las obras de construcción pesada, siempre es necesario producir algunos materiales en la obra. En éste caso, el análisis de costos se hará por se parado y se consignará en la relación de datos básicos, para considerar su in ter ven ci ón en la formulación de los precios unitarios.

HERRAMIENTA.

Por costumbre, los cargos de herramienta, se han considerado como un por centaje de la mano de obra, siendo corriente que, para todos los casos se con sidere el de 3%, cantidad que es aceptada sin discusión por las Secretarías - contratantes.

El costo anterior, representa el desgaste que sufre la herramienta de -- mano durante su uso y por comodidad para los cálculos se ha representado como ya dijimos, como un porcentaje fijo del costo de la mano de obra. Lo que no -

aceptamos, ya que creemos se trata de un concepto digno de un estudio detallado.

No es igual el costo horario, ni la vida útil de un conjunto de herramienta para excavación compuesto de picos y palas, al de otro que además está integrado con carretillas, ni menos aún a otro al que tenga que adicionarse pizones manuales, recipientes para agua, etc.

La herramienta para carpinteros, fierros y albañiles es totalmente diferente de los anteriores, por lo que estimamos que para poder hacer una aplicación justa, es necesario hacer un estudio de costos por piezas, con él, formar el equipo requerido para el concepto de obra y así, determinar el cargo por herramienta correspondiente.

Recordemos que para todos los casos, se forman cuadrillas con el personal necesario para la ejecución del concepto de obra y que éste es variable en función del espacio, volumen y tiempo, debiendo considerarse siempre los grupos de tal forma que el cálculo se haga para la unidad de volumen por ejecutar.

MAQUINARIA.

Para la construcción de cualquier obra de Ingeniería Civil, es indispensable el uso de maquinaria de construcción, las hay de diversas formas y capacidades y cada una desarrolla uno o más trabajos para los cuales ha sido específicamente diseñada. Su costo, generalmente es alto y su influencia decisiva en el desarrollo de la obra, por ello, en éste estudio le consideramos la mayor importancia, ya que los errores en los análisis pueden producir resultados desastrosos para la estabilidad de la empresa.

Para mayor claridad en los análisis, haremos las consideraciones de cada

uno de los elementos que influyen en el costo horario, el cual se integra --- principalmente en la siguiente forma:

COSTO HORARIO.

I.- CARGOS FIJOS.

- a) Amortización.
- b) Inversión.
- c) Intereses. (Del capital usado).
- d) Seguros.
- e) Mantenimiento y reparaciones.

II.- MATERIALES DE CONSUMO.

- a) Diesel.
- b) Mexolina.
- c) Aceite motor gasolina.
- d) Aceite motor diesel.
- e) Aceite hidráulico.
- f) Filtros.
- g) Llantas.

III.- OPERACION.

- a) Operadores.
- b) Ayudantes.

CARGOS FIJOS EN EL COSTO DE LA MAQUINARIA DE CONSTRUCCION PESADA.

Una gran mayoría de las empresas que inician su actividad en la construcción pesada tienen más conocimiento de cómo ejecutar el trabajo, que de cómo-

controlarlo o cómo conocer su verdadero costo y consecuentemente su posibles utilidades.

Estas utilidades son el remanente que se obtiene, después de deducir del ingreso, todos los costos y las reservas que aseguren la supervivencia de la empresa en un negocio de gran riesgo como es la construcción.

En obras de construcción pesada, el peso mayor del costo lo soporta la maquinaria, sobre la cual, en el transcurso de su vida, se generan una serie de cargos que deben recuperarse a través del precio que se cobre por su utilización, conocer éste costo como histórico al final de la vida de la máquina no tiene ningún problema, pero conocerlo durante su operación o previo a la misma, es otra cosa y es acerca de ello que platicaremos analizando los factores que generan los cargos mencionados.

- a) Inversión y amortización.
- b) Amortización.
- c) Inversión.
- d) Seguros.
- e) Mantenimiento y Reparaciones.
- f) Operación.
- g) Traslado.
- h) Montaje.
- i) Valor de rescate.

Todos éstos factores están relacionados entre sí, algunos dependen del contratista como el estado de conservación de la maquinaria y otros son efecto de causas externas, como mercado, fenómenos inflacionarios, programas de obra del gobierno, etc.

ESTUDIO DEL COSTO DE HORA MAQUINA.

CARGOS FIJOS.

1.- CARGO POR DEPRECIACION. (Amortización de la Inversión).

D = DEPRECIACION.

La depreciación por hora efectiva de trabajo resulta de la disminución en el valor original de la máquina como consecuencia de su uso durante el tiempo de su vida económica.

Está representada por:

$$D = \frac{Va - Vr}{Ve}$$

En la cual:

Va = Valor inicial de la máquina, precio comercial de la máquina en el mercado nacional, descontándose el valor de las llantas en su caso.

Vr = Valor de rescate de la máquina.

Ve = Vida económica de la máquina en horas.

2.- CARGO POR INVERSION. (Intereses del capital usado).

I = INVERSION.

Es el cargo equivalente a los intereses correspondientes al capital invertido en la máquina.

$$I = \frac{Va + Vr}{2 \text{ Hs.}}$$

En la cual:

Hs = Número de horas efectivas de trabajo en un año.

I = Tasa de interés anual en vigor, (i) varía entre 55% y 65%

3.- CARGO POR SEGUROS. (Protección de la Inversión).

S = SEGUROS.

Es necesario cubrir los riesgos a que está sujeta la maquinaria, durante su vida económica, por accidentes que pudiera sufrir.

Está representada por:

$$S = \frac{Va + Vr}{2 \text{ Hs.}}$$

S = Prima anual promedio, expresada en % anual del valor de la máquina es de un 3.5%.

4.- CARGO POR ALMACENAJE*

A = ALMACENAJE.

Este cargo se dá para cubrir la vigilancia, guarda, renta y mantenimiento de bodegas, así como otros factores necesarios.

Está representado por:

$$A = KaD.$$

K_a = Coeficiente calculado o experimental que varía entre ---
0.05% y 0.10% aproximadamente.

D = Representa la depreciación de la máquina calculada en el
inciso número 1.

NOTA: * Este concepto ha desaparecido de la Ley de Obras Públicas, por lo --
que su valor deberá considerarse calculando en los cargos por manteni-
miento e indirectos.

5.- CARGO POR MANTENIMIENTO.

M = MANTENIMIENTO.

Se origina con todas las erogaciones necesarias para con-
servar la máquina en buenas condiciones, éstas se dividen
en mantenimiento mayor y menor; los mantenimientos mayo-
res se efectúan en talleres especializados o en talleres-
montados por la empresa en la obra, empleando personal es-
pecializado, y que requiere retirar la maquinaria de los
frentes de trabajo por un tiempo considerable, represen-
tando casi siempre, desmantelamiento total de la máquina.

Los mantenimientos menores son aquellos en los que se ---
efectúan ajustes rutinarios, reparaciones sencillas, cam-
bios de líquidos hidráulicos, aceites de transmisión, fil-
tros, grasas, etc. Estas se efectúan en las propias obras*

Está representado por:

$$M = QD$$

Q = Coeficiente experimental que varía entre 60% y 100%.

D = Representa la depreciación de la máquina calculada en el inciso 1.

NOTA: Los valores de vida económica, valor de rescate y horas anuales de la depreciación, inversión y seguros, serán actualizados e invertidos cuidadosamente para cada obra.

SUMINISTROS Y MANTENIMIENTOS.

I.- COMBUSTIBLES Y LUBRICANTES.

- a) Engrase general.
- b) Cambios de filtros. (Oportuno).
- c) Eliminación de fugas de aceite.
- d) Ajustes de todos los elementos móviles que lo ameriten.
- e) Reapretado de tuercas y tornillos flojos.

II.- MENOR.

- a) Agua en:
 - a₁ Radiadores.
 - a₂ Baterías.

Apretado, volteado o cambio de partes de los aditamentos. --
(Cuchillas, dientes, protectores, etc.)
Aire. (Presión de los neumáticos).

b) Eléctricos.

- b₁ Plantas generadoras o alternadores.
- b₂ Líneas de conducción e interruptores.
- b₃ Lámparas y unidades.

III.- MAYOR.

a) En el campo.

- a₁ De urgencia.
- a₂ Cuando la máquina no puede moverse.

b) En el taller de la obra.

- b₁ De motor.
- b₂ De tránsitos.
- b₃ De transmisiones.
- b₄ General.

c) En talleres centrales.

- c₁ De motor.
- c₂ De tránsitos.
- c₃ De transmisiones.
- c₄ General.

6.- CARGO POR COMBUSTIBLES.

E = COMBUSTIBLES.

Consideramos que el consumo de combustibles de una máquina de combustión es uno de los elementos básicos para la determinación de los costos horarios y que el consumo de combustible por hora es función de gran número de factores no fácilmente mesurables entre los que pueden citarse Potencia de la máquina, ciclo de trabajo efectivo, experiencia de los operadores, condiciones mecánicas de diseño y operación, altura sobre el nivel del mar en la que se opera, etc., a continuación presentamos un estudio detallado de él.

Se sugiere que el consumo de combustibles horario de cada máquina, se determina mediante la medición física directa en las condiciones particulares en las que se trabaje la máquina.

Está representado por:

$$E = eP_c.$$

e = Cantidad necesaria de combustible por hora efectiva de trabajo.

P_c = Precio unitario del combustible puesto en la obra.

7.- CARGO POR CONSUMO DE LUBRICANTES.

L = LUBRICANTE.

Consideramos también que el consumo de aceite lubricante por hora es uno de los elementos que se toman en cuenta para la determinación del costo -hora- máquina y que, de acuerdo con observaciones efectuadas tanto en laboratorio como en el campo de la Ingeniería, el consumo horario de aceite está en función de:

- a) Capacidad del carter de la máquina. (c).
- b) Del tiempo (t) de operación de la máquina entre 2- cambios sucesivos de aceite.
- c) Del consumo de lubricante utilizado.

Se acostumbra para obtener el consumo horario de aceite-lubricante total, utilizar las fórmulas siguientes:

Consumo total = cambios mas consumos.

$$Ca = \frac{C}{t} + \text{consumo} \times \text{H.P.F.}, (\text{factor de operación}).$$

Ca = Consumo total de aceite horario.

C = Capacidad del carter en litros.

t = Tiempo de operación entre dos cambios de aceite. (Generalmente t = 100 Hrs).

Hp.op = Potencia de operación.

(potencia indicada en la placa de motor
Hp x factor de operación).

$$\text{Consumo} = (\text{Hp.op}) \times (1 \text{ Hp} \times 0.007) / 1.95 = 0.00358$$

0.007 y 1.95 coeficientes experimentales determinados -- por los fabricantes.

El costo está representado por: $Ca = aPL$.

Ca = Consumo de aceite.

a = Cantidad de aceite necesario por hora efectiva de trabajo.

PL = Precio unitario del litro de aceite puesto en la obra.

8.- CARGO POR CONSUMO DE LLANTAS.

LL = LLANTAS.

Las llantas de equipos de construcción sufren un desgaste, debido al uso de las mismas, por lo que se deben reparar o renovar periódicamente; o bien, reemplazarlas cuando han llegado al fin del período de vida útil.

La vida útil de las llantas, varía con la condición del uso a que sean sometidas, el cuidado y mantenimiento que se les dé, las cargas que operen y las condiciones de la superficie de rodamiento. Este cargo está representado por:

$$LL = \frac{VLL \times 1.2}{HV}$$

VLL = Valor de adquisición de las llantas, considerando para ésta, su precio nuevo al día.

HV = Representa las horas de vida económica de las llantas - tomando en cuenta las condiciones de trabajo impuestas a las mismas; éstas se determinan de acuerdo con la experiencia, considerando los factores que se anotan en la tabla siguiente:

1.2 = Coeficiente por cargos de mantenimiento, reparación, montajes, seccionamientos, etc.

9.- CARGOS POR OPERACION.

O = OPERACION.

Está representado por:

$$S = \frac{SO}{H}$$

SO = Salario por turno del personal necesario para operar la máquina.

H = Horas trabajadas por la máquina en el turno.

TIEMPOS DE TRABAJO REAL.

Al ejecutar cualquier trabajo, es imposible que el operador de una máquina, elabore en forma continua e ininterrumpida durante toda la jornada de trabajo que consideramos de 8 horas, ya que puede tener paros por ajustes, lubricación de la máquina, pausas de descanso, refrigerios, condiciones topográficas desfavorables, fenómenos meteorológicos adversos, etc.

Por lo anterior, para obtener los tiempos reales o efectivos de trabajo en tiempo, se considera un porcentaje de acuerdo a las condiciones de la obra, y de la calidad de administración y organización de la empresa y el resultado se obtiene de multiplicar las horas efectivas de trabajo por el porcentaje que proponemos a continuación:

CONDICIONES DE OBRA.	COEFICIENTE DE ADMON. Y ORGANIZACION.			
	Excelente.	Buena.	Regular.	Mala
Excelente.	0.84	0.81	0.76	0.70
Buenas.	0.78	0.75	0.71	0.65
Regulares.	0.72	0.69	0.65	0.60
Malas.	0.63	0.61	0.57	0.52

DESTAJOS Y SUB - CONTRATOS.

Para reducir en lo posible la vigilancia de algunos elementos pequeños de construcción o para trabajos muy especializados, se acostumbra transferir parte del trabajo a una persona o grupo de ellas que se encargarán de ejecutarla, a esto le llamamos destajo y está apoyado en las siguientes consideraciones.

Cuando se prepara una cotización o licitación para concurso, generalmente, se visita el lugar de la obra y se obtienen todos los elementos posibles para realizar una apreciación lo más exacto, de las condiciones en que se va a trabajar. Estos elementos nos permiten calcular con apoyo en la experiencia y la técnica de construcción, los rendimientos que esperamos de personal y maquinaria, y con apoyo en ellos y los tiempos lógicos de trabajo y coeficientes de eficiencia humana, calculamos el costo del producto.

Como el costo está representado por el salario, entre el rendimiento (afectado de sus coeficientes), tenemos:

$$\text{Costo} = \text{Salario integrado} / \text{rendimiento.}$$

Rendimiento = 1 x 0.8 coeficiente de tiempo x 0.8 coeficiente
de eficiencia.

El destajo es conveniente para la empresa, porque obtiene más rendi--
miento al mismo costo y para el obrero porque obtiene mayor ingreso, apro-
vechando (para mayor rendimiento) los tiempos de los coeficientes, que ---
bién manejados puede producirle hasta un 50% más de ingresos.

El sub - contratista absorbe el menor precio + 70 a 80% y obtiene su-
utilidad por la diferencia en los indirectos y la utilidad propiamente ha-
blando, ya que él no tiene financiamiento, puesto que se lo dá la empresa,
recibe anticipo de la propia empresa, maquinaria menor, también se la dá -
la empresa, algo semejante sucede con el abastecimiento y en algunas oca--
siones hasta con parte de los transportes y acarreos, en éstas condiciones
un comparativo entre el gasto de ambos daría:

	EMPRESA.	SUB - CONTRATISTA.
	Salarios integrados.	Salarios integrados.
	Financiamiento.	No lo requiere.
GASTOS	Materiales a cuenta.	Los recibe.
EN	Maquinaria menor.	Se le facilita.
OBRA	Herramienta.	Herramienta.
	Transportes, etc.	Transportes.
	Campamentos.	Campamentos.
	100%	Entre 40 y 50%.

COEFICIENTES DE VOLUMEN.

Todos sabemos que los suelos con que se hacen la mayor parte de obras pesadas, tienen volúmenes variables de acuerdo con la condición en que se encuentren en la naturaleza, o con los movimientos y tratamientos a que se hayan sometido; para los análisis de costos, siempre se deben tomar en cuenta estas diferencias con objeto de considerar el trabajo que se analiza en función de éstos volúmenes.

- 1.- Volumen de proyecto.
- 2.- Volumen geométrico.
- 3.- Volumen en banco.
- 4.- Volumen suelto.
- 5.- Volumen compacto.

Cuando el volumen del material en el corte o en banco se excava, se rompe su estructura y lógicamente, se permite la entrada del aire entre sus partículas y, consecuentemente su volumen aumenta; a esto denominamos **ABUNDAMIENTO**.

Si con este material se forma un terraplén compactado a 95% (superior a la compactación natural del material en el terreno), se trabaja para acomodarlo en la mejor forma, eliminando los huecos que pudiera tener y como consecuencia, se reduce el volumen, a esto se llama **REDUCCION**.

Ahora bien, para cualquier análisis de costos, se debe recordar que, al excavar, se está tomando un volumen **EN BANCO**, este material al ser excavado produce un volumen **ABUNDADO**; es decir, se carga un volumen mayor (en función de su coeficiente de abundamiento; relación entre Volumen en Banco y Volumen Suelto), así se acarrea, después de tratado y compactado, se obtiene un Volumen **REDUCIDO**, si por las especificaciones pagan volúmenes geométricos, el problema será:

Se excava.	Volúmen en Banco 1
Se carga.	Volúmen Abundado. 1 + A
Se acarrea.	Volúmen Abundado. 1 + A
Se compacta.	Volúmen Reducido. (1+A) - R.

INSTALACIONES.

Para ejecutar los trabajos de construcción de una obra pesada, casi siempre es necesaria la instalación previa de ciertos equipos de construcción, principalmente de aquellos que están formados por una o más máquinas que intercomunicadas, producen o procesan materiales que son indispensables para el desarrollo constructivo de algunos de los elementos de la obra.

Según el caso, nos referimos a plantas de trituración, de cribado, - para lavar, dosificar, para mezclar materiales; así también consideramos en éste grupo a las fábricas de elementos, precolados o preesforzados que pudieran requerirse.

Los costos correspondientes a éstas instalaciones deben calcularse - para cada grupo, incluyendo también en el costo, el desmantelamiento necesario al término del proceso.

Esto nos permite cuantificar su influencia por unidad producida y facilita su inclusión correspondiente en la elaboración del precio unitario.

Algunos contratistas, acostumbran considerar éstos gastos como porcentaje componente de los Costos Indirectos; sin embargo, estimamos que es más representativo considerarlo como Costo Directo del proceso en sí, lo que dará el costo por unidad producida, ajustada a la realidad.

COSTOS INDIRECTOS.

Se denominan Costos Indirectos a toda erogación necesaria para la ejecución de un proceso constructivo del cual se derive un producto; pero en el cual no se incluya Mano de obra, Materiales ni maquinaria.

Todo gasto no utilizable en la elaboración del producto, es un Costo Indirecto, generalmente está representado por los gastos para dirección técnica, administración, organización, vigilancia, supervisión, fletes y acarreos y prestaciones sociales correspondientes al personal técnico, directivo y administrativo.

Los Costos Indirectos generalmente se erogan en dos formas diferentes -- que son:

- a) Administración Central.
- b) Administración de obra.

a.- La primera representa los gastos que el empresario realiza en sus -- oficinas centrales por todos los conceptos relacionados con la Administración de la obra de que se trate: Organización, Dirección Técnica, Supervisión, Financiamiento, Imprevistos, Transporte de Maquinaria; así como las prestaciones sociales correspondientes al personal directivo y de administración.

b.- La Administración de obra, engloba los gastos que, como ya dijimos, -- se originan en el sitio en que se ejecuta la obra, y que comprende -- gastos semejantes a los ya descritos que se hacen indispensables para el desarrollo de los trabajos.

Estos gastos generales, se utilizan para integrar los dos cargos, según -- "Las Bases y Normas Generales para la Contratación y Ejecución de Obras Públi

cas", vigentes a la fecha.

GASTOS INDIRECTOS DE OFICINA CENTRAL.

Para calcular los Gastos Indirectos de oficina central de cualquier obra deberá procederse de la manera siguiente:

- a).- Se calculan con toda precisión los gastos anuales de la oficina central, incluyendo absolutamente todas las erogaciones que se harán - en el año o apoyándose en el Costo Indirecto "histórico" del año anterior.
- b).- Se calcula ó estima el monto de obra que se espera ejecutar en el año.
- c).- Se divide el monto de "a" entre el monto de "b", y se obtiene un coeficiente por gastos indirectos de oficina en el año y se corrige por diferencias inflacionarias que se esperen.
- d).- Se obtienen los gastos directos de la obra en estudio y se les aplica el coeficiente de gastos de oficina central.

SEGUROS Y FIANZAS.

Los gastos correspondientes a éste concepto, se refieren al pago de prima por seguros y fianzas, las cuales agrupan los conceptos siguientes:

- 1.- Seguros por daños a terceros, se estima en un % sobre el precio de venta y tiene vigencia durante el periodo de ejecución y hasta la fecha

cha de recepción de la obra. (En algunos casos llega al 5% del precio de venta).

- 2.- Prima por fianza de cumplimiento y calidad de obra por el 10% del importe del contrato, con vigencia durante el período de construcción de la obra mas un año posterior a la fecha de recepción de la misma.
- 3.- Prima por fianza para garantizar el buen uso del anticipo. La prima es el 1% mas un impuesto del 0.05%, o sea, el 1.05% del importe asegurado.

FINANCIAMIENTO.

Todos sabemos que, prácticamente, no hay empresa que trabaje exclusivamente con capital propio, siempre requiere de financiamiento y para ello, recurre a los Bancos para obtenerlo, el costo del financiamiento, lo repercute en sus costos y los utiliza con eficiencia para que, con la ganancia, incrementa su tecnología y eficiencia hasta lograr hacerse autosuficiente, dejando de necesitar ser financiado.

Los gastos por financiamiento a costo financiero, son aquellos en que se incurre por disponer de un dinero durante el tiempo en que se posee. Este costo se paga a la Institución Bancaria o financiera que otorga el préstamo.

Está determinada por las condiciones de pago que propone el cliente y las condiciones que para otorgarlo fija el banco de acuerdo con sus normas para préstamos de ésta actividad.

Considerando que éste costo está en función del tiempo, es muy importante considerar:

- 1.- Plazo que la empresa emplea desde la erogación en la obra, hasta el cobro de la estimación.
- 2.- Lapso transcurrido desde que se termina la obra, hasta que se hace la recepción final.

Las condiciones que imponen los bancos son estrictas, pues los créditos para ésta actividad son restringidos y muy difíciles de obtener, pero en todos los casos, se ajustan cuando menos a una secuela así:

- a).- Pago adelantado de los intereses según la tasa vigente.
- b).- Reciprocidad.
- c).- Gastos por apertura o renovación de cuenta.

IMPREVISTOS.

Podemos asegurar sin temor a equivocarnos que en todo trabajo de construcción, existen causas o elementos de costo que no pueden ser expresados con números. No es posible evitar en su totalidad los errores en estimación ni en el proceso constructivo.

Es imposible predecir la magnitud de un accidente, ni es posible cubrir con seguros, todas las posibilidades de que sucedan, ni tampoco los retrasos que pueda ocasionar en el avance de la obra.

Todas las causas anteriormente enlistadas, constituyen el riesgo natural de las obras de construcción. Por lo tanto, debemos fijar un criterio de estimación y a ello llamamos "imprevistos"; tratamos con esto, de suponer razonablemente el conjunto de imponderables que pueden presentarse, para reducir a un mínimo aceptable el factor que estimamos y que servirá para cubrir en al

guna proporción, los riesgos que son imprevisibles; entre los que podemos indicar, además de los expuestos, los que corresponden a :

- 1).- Atraso en suministro de materiales, de mano de obra, de equipo.
- 2).- Escasez de materiales y mano de obra.
- 3).- Datos incompletos o inoportunos de obra.
- 4).- Modificaciones al proyecto.
- 5).- Extravíos o pérdidas.
- 6).- Errores en los cálculos de proyecto.
- 7).- Errores en cantidades de obra.
- 8).- Errores en programa.
- 9).- Porcentaje de variación en los precios unitarios, ya que solamente - permiten escalamientos cuando la variación supera al 5%, siendo el - contratista quien absorbe los incrementos menores.
- 10).- Diferencias entre longitudes de caminos de acceso supuestos y reales
Este concepto deberá incluirse con un valor no menor de 5%.

UTILIDAD Y GANANCIA.

Todo esfuerzo que se haga y en el que, además se invierta un determinado capital, debe generar una ganancia o utilidad que debe representar la retribución que corresponde por los elementos expuestos.

Esta ganancia debe ser ilícita y debe corresponder a varios conceptos. - El primero, que sea justa en función del capital expuesto, por el tiempo expuesto y la tecnología aplicada; y el segundo, que permita la expansión y subsistencia lógica de la empresa.

Generalmente, es una función de seis parámetros:

- La tecnología de la empresa.

- El riesgo de la Inversión.
- El costo del dinero.
- La tasa impositiva.
- La revolvencia del capital.
- Expansión y subsistencia de la empresa.

TECNOLOGIA DE LA EMPRESA.

Llamamos tecnología de una empresa en la Industria de la Construcción, a:

- 1.- La investigación y búsqueda de diferentes procedimientos para ejecutar los trabajos y aplicar la maquinaria, obteniendo con ellas, una mayor producción con la consecuente disminución del costo.
- 2.- Una planeación más objetiva que permita una programación más ajustada a las necesidades de la obra.
- 3.- Los estudios cuidadosos que se hacen en cuanto a la Administración para lograr mayor dinamismo, mayor precisión y oportunidad en la obtención de los resultados finales.
- 4.- Un estudio concienzudo que permita suministros oportunos, a los mejores precios del mercado.
- 5.- Un estudio cuidadoso que permita el perfecto control de los trabajos ejecutados y los estimados para no omitir ningún volumen para su cobro.

Este conjunto de elementos, da su valor por tecnología a la empresa, es muy costoso ya que se logra, no solamente con los conocimientos técnicos del personal, sino también con la capacitación, la experiencia, la investigación a

través del tiempo, la tecnología en la ganancia siempre produce un efecto positivo, ya que, cuanto mayor es ésta, mayor utilidad produce, al mismo tiempo más dinero para incrementarla.

RIESGOS.

A pesar de todas las previsiones que se hagan, siempre se está corriendo un riesgo en el desarrollo de cualquier obra de Ingeniería, ya que es imposible prever todas las variantes que pueden presentarse por causas meteorológicas, huelgas de los prestadores de servicios a la industria, carencia de materia prima, carencia de mano de obra calificada, retardo en suministro de elementos importados, retardos y en algunas ocasiones, hasta falta de pago de -- trabajos ejecutados.

Estos riesgos pueden coadyuvar a la disminución y aún a la desaparición de la ganancia, y éstos, son tan importantes que, de la ganancia de las empresas depende en parte la planeación del Estado, pues de ellas contribuimos con el 52.5%.

EL COSTO DEL DINERO.

El dinero que se utiliza en la obra, causa un costo, los Bancos y financieras son expendios de él, que para otorgarlo, requieren obtener sus costos de manejo (indirectos) y utilidad ilícita, que repercute como costo al que lo necesite y esto, representa, sin lugar a dudas, la base económica de nuestro país.

EL PAGO DE LOS IMPUESTOS.

De acuerdo con el párrafo (5.7) de las reglas generales para la integración de precios unitarios, relativos a la contratación y ejecución de obras-públicas. El impuesto sobre la renta, que por ley debe pagar el contratista, debe quedar incluido dentro de la utilidad, por lo cual debemos reflejarlo - en éste parámetro con su valor oficial.

LA REVOLVENCIA DEL CAPITAL.

Este componente de la utilidad, se determina considerando el tiempo que transcurre entre la inversión y el cobro de las estimaciones, por tanto, lo-estimamos como el tiempo que transcurre entre el momento que iniciamos los - gastos, el que tardamos en producir, el que se lleve formular las estimacio- nes y finalmente, aquel que se invierta en recibir el pago.

En la actualidad, lo estimamos con un valor máximo de 6 veces para la - construcción pesada, en el período de un año.

EXPANSION Y SUBSISTENCIA DE LA EMPRESA.

Con lo estudiado anteriormente, sólo hemos logrado una utilidad compen- sada; es decir, estamos recuperando inversiones y riesgos, por lo que, es in- dispensable considerar un porcentaje para subsistencia y expansión de la em- presa, parámetro que estimamos como el último componente de la utilidad.

$$\text{utilidad antes de impuestos} = \frac{\text{rentabilidad de la obra}}{\text{revolvencia de capital.}}$$

Utilidad real de la obra = Utilidad antes de impuestos - Reparto de utilidades - Impuestos sobre la renta.

CARGOS ADICIONALES.

Por nuestro sistema político, deben incrementarse los cargos del proceso constructivo en cantidades que, de acuerdo con su carácter, no pueden asimilarse a los costos, ni deben incrementar la utilidad, además, son diferentes para cada obra por su ubicación y el contratante para el cual se trabaja.

Para nuestras obras, podemos dividir las en tres grupos:

1).- Federales.

- * 5 al millar por inspección de la Secretaría de Programación y Presupuesto.

2).- Estatales.

- 1.0% de operaciones contractuales (Jalisco).
- 0.1% de contratos por Administración. (México).
- 1.0% de contratos a precio alzado. (México), etc.
- % en otros Estados de la República.

3).- Varios.

- * 1.0% obras de beneficio social.
- * 2.0% cuota sindical. (PEMEX).
- * 1.0% cuota sindical. (C.F.E.).
- * 0.2% Cámara Nal. de la Ind. de la Const. Inst. de Capacitación.

(*).- Sobre precio de venta.

Los cargos adicionales no deben ser afectados por la Utilidad. Las obligaciones adicionales a que se refiere éste cargo, se determinan en base a un porcentaje sobre el precio final de los trabajos ejecutados; por lo que, su valorización debe hacerse con la siguiente expresión:

$$\% = 100 - P$$

En la que:

" % " Representa el porcentaje aplicable a la suma de los importes de los cargos directos mas indirectos, mas utilidad.

Representa la suma, en su caso, de los porcentos de las obligaciones contractuales establecidas, excepto el impuesto sobre la renta que queda incluido en la utilidad.

4).- Infonavit.

Cargo que no debe aparecer en Costos para Obras Federales, pero que es reflejable en obras particulares. Anteriormente se aplicaba un 5% sobre el Salario Base de los Trabajadores, ahora, en el mismo porcentaje sobre Salario Integrado, lo que hace superior al 6.5% y muy peligroso si no se considera.

De acuerdo a lo anterior, y a las cantidades de Obra estimadas de antemano se elabora el Presupuesto de la Obra, el cual refleja un Costo de Proyecto de la Obra.

DEPARTAMENTO DEL DISTRITO FEDERAL.
SECRETARIA GENERAL DE OBRAS Y SERVICIOS.
DIRECCION GENERAL DE CONSTRUCCION Y OPERACION HIDRAULICA.

CURSO NO. DGCOH/001/8 RELATIVO A : CONSTRUCCION DEL TUNEL PARA AGUA POTABLE
RAMAL SUR DEL ACUEDUCTO PERIFERICO TRAMO: " EL BORRACHO - EL CARTERO".

C O N C E P T O . UNIDAD CANTIDAD P. U. IMPORTE

ENUNCIADO.

1.- TUNELES (1).

El precio unitario de excavación incluye:

Desmote, despalmes, precorte, excavación, carga, transporte, (acarreo libre de un kilómetro, contando a partir del portal), descarga esparciendo el material y formando plataformas de acuerdo a las indicaciones de la Dirección. La cubicación será en banco.

Excavación en Túnel en "Roca andesítica".	M3.	24,375.64	5,751.24	14'019,016.00
---	-----	-----------	----------	---------------

Excavación en Túnel en "Toba arenosa-arcillosa" de tipo pumfítico.	M3.	13,779.05	3,914.29	53'935,198.00
--	-----	-----------	----------	---------------

CONCRETOS SIMPLES Y MORTEROS (2)

Concreto simple en los diversos sitios de la obra.

El precio unitario incluye:

El suministro de los agregados, los aditivos y el agua en el sitio de su utilización, su transporte a la planta de concreto, la fabricación del concreto y sus acarros locales hasta los sitios de su colocación, así como

C O N C E P T O .
ENUNCIADO.

UNIDAD CANTIDAD P.U. IMPORTE

mo la limpieza de las superficies de colado la colocación del concreto a cualquier altura, el vibrado, el curado, la preparación de las juntas de colado, juntas de construcción, juntas de expansión, juntas de contracción y control tapajuntas, cimbras, obra falsa, desperdicios, etc. y, en general, todo lo necesario para dejar terminado el trabajo, la cubrición será por M3 de concreto de acuerdo con las líneas de proyecto y acabados especificados, aún en el caso del concreto lanzado, cuya medición se hará ya colado y no en tolva.

Concreto en plantilla de $f'c=100$ Kg/Cm².

M3. 541.25 5,601.93 3'032,044.60

Concreto de $f'c=200$ Kg/Cm² en revestimiento de túneles.

M3. 28,734.27 5,123.68 147'225,204.5

Concreto lanzado de $f'c=200$ Kg/Cm² para ademe de túneles.

M3. 1,098.73 25,919.76 28'478,818.00

ACERO DE REFUERZO.

Colocación de acero de refuerzo de cualquier diámetro, para los concretos.

El precio unitario incluye:

Las maniobras, manejos, acarreos en la obra, enderezado, cortes, doblado y en general, todos los trabajos de habilitación, colocación, amarres y el suministro del alambre para efectuar los amarres. Las cantidades de acero de

C O N C E P T O .	UNIDAD.	CANTIDAD.	P. U.	IMPORTE.
-------------------	---------	-----------	-------	----------

ENUNCIADO.

refuerzo para fines de pago, se determinarán calculando las longitudes indicadas en los planos considerando los ganchos y dobles, aplicándoles los pesos teóricos por unidades de longitud consignados en el manual para construcciones de Altos Hornos de México, S.A.

No se computará los correspondientes a traslapes, silletas, separadores, ni desperdicios, cuyo cargo deberá quedar incluido dentro del precio unitario.

Acero de refuerzo grado duro --
fy= 4200 Kg/Cm2 en túneles.

TON.	33.76	29,261.95	987,883.43
------	-------	-----------	------------

ACERO ESTRUCTURAL.

Colocación de marcos de acero estructural para soporte permanente de las excavaciones en túnel; incluyendo retacos de maderera.

TON.	126.94	56,541.63	7'177,394.50
------	--------	-----------	--------------

MALLA DE ALAMBRE.

Suministro y colocación de malla de alambre soldada, incluye alambre para amarres a cualquier altura en túneles, de 8" X 8" X 1/8".

M2.	384.40	395.51	152,034.04
-----	--------	--------	------------

CONCEPTO.	UNIDAD.	CANTIDAD.	P. U.	IMPORTE.
II.- LUMBRERA.				
EXCAVACION.				
Excavación en cualquier clase de material incluye:				
La extracción del material producido de la excavación, el acarreo libre de 1 Km. contando a partir de la boca de la lumbrera, la descarga, esparciendo el material, formando plataformas de acuerdo a las indicaciones y el ademe necesario para mantener su estabilidad. Cubicación en banco.				
	M3.	2,204.63	3,487.94	7'689,617.20

CONCRETO.

El precio unitario incluye:

El suministro de los agregados, los aditivos, el agua, su transporte a la planta de concreto y sus acarreos locales hasta los sitios de su colocación, la limpieza de las superficies de colado, la colocación del concreto a cualquier profundidad, el vibrado, el curado, la preparación de las juntas de colado, de construcción, de expansión, de contracción, control, tapajuntas, cimbras, obra falsa, desperdicios, etc. y en general, todo lo necesario para dejar terminado el trabajo. La cubicación será por M3 de concreto, de acuerdo con el proyecto y acabados especificados.

Concreto normal f'c=250 Kg/cm2 en brocal.	M3.	43.75	7,547.97	330,223.69
---	-----	-------	----------	------------

C O N C E P T O .	UNIDAD.	CANTIDAD.	P. U.	IMPORTE.
ENUNCIADO.				
Concreto normal $f'c=250 \text{ Kg/cm}^2$ en revestimiento de paredes.	M3.	362.30	8,080.93	2'927,720.90

ACERO DE REFUERZO.

Colocación de acero de refuerzo de cualquier diámetro, para los concretos. El P.U. incluye:

Las maniobras, manejos, acarreos en la obra, enderezado, cortes, doblado y en general, todos los trabajos de habilitación, colocación a cualquier profundidad, amarres, el suministro del alambre para efectuar los amarres.

Las cantidades de acero de refuerzo para fines de pago, se terminan calculando las longitudes indicadas en los planos, considerando los ganchos y dobleces aplicándoles los pesos teóricos por unidades de longitud consignados en el manual para construcciones de Altos Hornos de México S.A.

No se computará los correspondientes a traslapes, silletas, separadores, ni desperdicios, cuyo cargo deberá quedar incluido dentro del Precio Unitario.

Acero de refuerzo grado duro $f_y = 4200 \text{ Kg/cm}^2$ en brocal.	TON.	0.78	20,247.41	15,792.98
Acero de refuerzo grado duro $f_y = 4200 \text{ Kg/cm}^2$ y $f_y = 2320 \text{ Kg/cm}^2$ en paredes.	TON.	7.23	28,437.63	205,604.06

CONCEPTO .	UNIDAD.	CANTIDAD.	P.U.	IMPORTE.
------------	---------	-----------	------	----------

ENUNCIADO.

Las cubicaciones de excavación se miden en banco, según proyecto de la línea "B".

El sobre acarreo se medirá según la ruta que fije el Departamento del Distrito Federal, redondeada al Km.

Los volúmenes que se mencionan en el concepto de caminos de acceso se consideran como totales, Los acarreos después del primer Km. se pagarán por separado.

Los desperdicios no se pagarán por separado si los hay, deberán quedar incluidos en los precios unitarios.

El precio unitario incluye:

El suministro de los materiales como son:

Cemento, agua, arena y aditivos en el sitio de su aplicación, su transporte al túnel, la fabricación del mortero o lechada, sus acarreos locales hasta los sitios de aplicación y a cualquier altura, la obra falsa, desperdicios, etc. el equipo y refacciones necesario para dejar terminado el trabajo de acuerdo a las especificaciones. Así mismo, se incluye el suministro y colocación de conexiones, (macho), -

C O N C E P T O .	UNIDAD.	CANTIDAD.	P.U.	IMPORTE.
-------------------	---------	-----------	------	----------

ENUNCIADO.

boquillas, manómetros y la perforación de barrenos con broca de carburo -tugs- teno ---- (Ø 2") y por último, la limpieza en el túnel del material de desperdicio. La cubicación será por M3 de absorción medida en bacha, a cantidades de materiales dadas en peso absolutos.

CONCLUSIONES

CAPITULO IX

CONCLUSIONES.

El estudio geotécnico en general no representó realmente las características físico - mecánicas del suelo que se encontraría pues se localizaron zonas de material que no habían sido especificadas, dando como resultado el cambio de secciones proyectadas para los lugares designados.

De acuerdo a la importancia de la obra y a los problemas constructivos presentados durante el proceso de excavación, se deduce que el estudio geotécnico debió haber sido más completo, en el sentido de que la cantidad de sondeos con recuperación de muestra fueron insuficientes, puesto que teóricamente de acuerdo a las características de la obra, la separación entre cada sondeo debió haber sido menor, según lo representa la Tabla siguiente:

ESPACIAMIENTO PRELIMINAR DE SONDEOS DE EXPLORACION

PROFUNDIDAD DEL TUNEL	ESPACIAMIENTO DE LOS SONDEOS DE EXPLORACION
227 m.	304-760 m.
91-227 m.	152-304 m.
91 m.	30-152 m.

Uno de los factores importantes por el que se vió necesario ampliar el número de sondeos, fué la presencia de innumerables problemas, que ocasionaron el retraso de las actividades programadas y conjuntamente con ésto, el incremento del costo de construcción del túnel.

Con lo que respecta a la obtención de las características físico-mecánicas de cada tipo de suelo, se observó que los resultados obtenidos por medio del estudio geológico fueron satisfactorios, a excepción de algunas zonas de falla que no fueron detectadas por dicho estudio.

Por lo que se puede ver, existen varios métodos para la determinación de los esfuerzos y deformaciones en el contorno a la excavación del túnel como son los procedimientos analíticos y los empíricos; los primeros que, no proporcionan realmente resultados confiables para poder determinar en un momento dado, las secciones definitivas de proyecto, debido a que éstos métodos exigen características de homogeneidad y uniformidad que el suelo no posee.

Los otros, son los métodos empíricos que se fundamentan en la experiencia obtenida en túneles con características similares, y en el comportamiento de las masas de suelo y roca; por lo que los resultados cuentan con un mayor grado de confiabilidad, garantizando con ello, un diseño óptimo de las secciones a utilizar; todo esto, complementado con los resultados obtenidos durante el proceso de medición de convergencias que se realizan durante el proceso de construcción del túnel.

El método utilizado para la obtención de esfuerzos y deformaciones en este caso, fué el de Protodyakonov, por ser éste, el que mejores resultados ha proporcionado en la construcción de túneles en la Ciudad de México, además de que ésta obra cumple con los requerimientos que el método establece.

Durante la elaboración del proyecto constructivo se tomaron en cuenta factores como la necesidad de construir una obra que ofreciera la garantía de su ejecución en el tiempo más corto posible, de tal manera que sus objetivos cumplieran con los requerimientos para los que había sido proyectado.

Así mismo, fueron utilizados los resultados obtenidos de la exploración-geotécnica, para poder determinar los diferentes tipos de material por los que pasaría la línea de proyecto del túnel, para establecer así los rendimientos teóricos de excavación en cada una de estas zonas; con lo que, posteriormente, se procedió a construir los diagramas de barras y de flujo en los que se presenta de manera general, el desarrollo total de la obra.

Para el procedimiento constructivo se contaban con los elementos necesarios para un buen cumplimiento del programa, teniéndose el equipo, instalaciones y personal adecuado para cada tipo de material que debía irse presentando según lo marcaban los planos geotécnicos.

Con lo que respecta a las instalaciones, éstas cumplieron satisfactoriamente con la programación dada, e inclusive, en los cambios de material y secciones no esperadas.

La instrumentación se realizó conjuntamente con los trabajos de excavación, obteniéndose resultados dentro de la tolerancia para velocidades de deformación y deformaciones máximas, estos resultados sirvieron de apoyo para el diseño del revestimiento definitivo del túnel.

Debido al problema de haber encontrado material no especificado en los planos, no se pudo cumplir con lo especificado en el programa de obra, modificándose el tipo de secciones especificadas y trayendo como consecuencia el cambio de instalaciones, la utilización de nuevo equipo y la contratación de más personal; creando un desequilibrio entre éstos factores; además del lógico retraso por el rompimiento en los ciclos de trabajo y el aumento en el costo de la obra.

Por lo que se puede concluir que para una obra de éste tipo y magnitud deben mejorarse los estudios geotécnicos puesto que son la base fundamental en este tipo de obra.

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

- TUNELES EN SUELOS BLANDOS Y FIRMES.
Sociedad Mexicana de Mecánica de Suelos, 1984
- MECANICA DE ROCAS.
Arturo A. Bello Maldonado, 1980
- MEMORIAS TECNICAS.
TUNEL, S.A.
- MECANICA DE SUELOS TOMO I y II.
Juárez Badillo.
- INGENIERIA DE SUELOS.
Rico-Castillo.
- INSTRUMENTACION Y MEDICIONES EN TUNELES.
Sociedad Mexicana de Mecánica de Suelos.
- COSTOS Y SU APLICACION A LAS OBRAS DE INGENIERIA CIVIL EN
CONSTRUCCION PESADA.
Ing. Francisco Ricci Chacón, 1984.
- DISEÑO Y CONSTRUCCION DE ESTRUCTURAS DE CONCRETO.
Instituto de Ingeniería UNAM. 1977
- REGLAMENTO DE CONSTRUCCIONES DEL DISTRITO FEDERAL.
- PERFORACIONES Y SONDEOS DEL SUELO PARA OBRAS DE ING. CIVIL
Bernardo Flores Salazar.

- INFORME TECNICO EXYCO, S.A.

- INFORME TECNICO CONSULTEC.

— o —