

300615  
2



# UNIVERSIDAD LA SALLE

ESCUELA DE INGENIERIA  
Incorporada a la U. N. A. M.

## Determinación del Costo y Tiempo para la Construcción de un Túnel

# EJEMPLAR ÚNICO

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:  
I N G E N I E R O C I V I L

P R E S E N T A  
JOSE DEL ROSARIO BARRERA GONZALEZ

DIRECTOR DEL SEMINARIO  
ING. JOAQUIN CHAVEZ ZUÑIGA

México, D. F.

2002

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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



Al pasante Señor José del Rosario Barrera González

En atención a su solicitud relativa, me es grato transcribir a Ud., a continuación, el tema que aprobado por esta Dirección, propuso el Señor Ing. José Luis Siller F. para que lo desarrolle como tesis en su exámen profesional de - Ingeniero Civil, con Area Principal en Construcción.

" DETERMINACION DEL COSTO Y TIEMPO PARA LA CONSTRUCCION DE UN TUNEL "

Con el siguiente indice:

CAPITULO I	DETERMINACION DE RENDIMIENTOS
CAPITULO II	PROGRAMA PRELIMINAR DE ACTIVIDADES CRITICAS POR FRENTE EN DIAS HABILES
CAPITULO III	MATERIALES Y HERRAMIENTAS PARA CONSTRUCCION
CAPITULO IV	MANO DE OBRA
CAPITULO V	MAQUINARIA Y EQUIPO
CAPITULO VI	DETERMINACION DEL COSTO DE CONDUCCIONES Y SERVICIOS
CAPITULO VII	COSTO DE EXCAVACION DE TUNEL
CAPITULO VIII	ADEME
CAPITULO IX	BOMBEO
CAPITULO X	REVESTIMIENTO DE CONCRETO
CAPITULO XI	EXCAVACION PARA ENCAPILLADO EN ZONA DE LUMBRERAS
CAPITULO XII	DETERMINACION DEL COSTO INDIRECTO
CAPITULO XIII	PRECIOS UNITARIOS

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

**UNIVERSIDAD LA SALLE**

BENJAMIN FRANKLIN 47, TEL. 516-99-60 MEXICO 06140 D. F.



Ruego a Ud., tomar debida nota de que en cumplimiento de lo especificado en la Ley de Profesiones, deberá prestar - Servicio Social como requisito indispensable para sustentar - exámen profesional, así como de la disposición de la Dirección General de Servicios Escolares, en el sentido de que se imprima en lugar visible de los ejemplares de la tesis, el título - del trabajo realizado.

ATENTAMENTE

INDIVISA MANENT  
México D.F., 22 de Marzo de 1982  
ESCUELA DE INGENIERIA

INC. CLAUDIA LOPEZ FERNANDEZ  
D I R E C T O R

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

**UNIVERSIDAD LA SALLE**

BENJAMIN FRANKLIN 47, TEL. 516-99-60 MEXICO 06140 D. F.

**HONORABLE JURADO EXAMINADOR**

A  
quienes me dieron la vida y procuraron  
guiarme por las únicas sendas que han  
marcado sus existencias: rectitud y -  
trabajo.

A mis padres:  
LIC. Y GEN. DE BRIGADA LEOPOLDO G. BARRERA HEREDIA, y  
SRA. ESPERANZA GONZALEZ CONTRERAS,  
un sincero, aunque humilde homenaje, que  
les otorga un hijo por siempre agradecido.

**A JUDITH:**

**Por impulsarme a alcanzar lo inesperado.**

A1

DR. JOSE ANTONIO GUTIERREZ Y GUTIERREZ

y ESPOSA

quienes siempre tuvieron las manos llenas  
para mí.

DR. EUSEBIO MENDOZA AVILA

quien acarici6 con aliento mis metas -  
abonándolas a la tierra que él fertilizaba.



A las columnas vitales de mi estructura:

ING. ARTURO ROJAS DE BENGARDI, y  
FISICO OHANNES BULBULIAN

por sus doctos consejos y su empeñosa -  
ayuda, en mis horas de descreimiento, -  
que fueron las más.

A LA UNIVERSIDAD LA SALLE,  
ESCUELA DE INGENIERIA

A MIS MAESTROS Y CONDIPCIPULOS

# I N D I C E

	Pág.
<u>INTRODUCCION</u>	1
<u>CAPITULO I</u>	2
1.1	Túneles Notables 6
1.2	Construcción de Túneles 7
1.2.1	Trabajos Preliminares de Ex- ploración 7
1.2.2	Perforación para Exploración o Sondeos 8
1.2.3	Métodos de Construcción 10
1.2.4	Frentes Inferiores 13
1.2.5	Revestimiento de Concreto 15
1.2.5.1	Procedimientos Gene- rales de Revesti- miento 16
1.2.5.2	Tipos de Formas pa- ra Revestimiento de Túneles 19
1.2.6	Barrenación 31
1.2.7	Explosivos y Accesorios 41
<u>CAPITULO II</u>	46
2.1	Descripción de la Obra 47
2.2	Ademe 52
2.3	Procedimiento Constructivo 54
<u>CAPITULO III</u>	59
3.1	Excavación de Túnel 60
3.1.1	Análisis del Ciclo en Roca - Sana y Competente 60
3.1.2	Determinación de Velocidades Medias de Excavación por - Frente 62
3.1.3	Resumen de Velocidades Me - dias de Excavación 63
3.2	Revestimiento de Concreto 63
3.2.1	Avance Diario Medio por Fren- te 63
3.2.2	Duración por Frente 63

<u>CAPITULO IV</u>	PROGRAMA PRELIMINAR DE ACTIVIDADES- CRITICAS POR FRENTE EN DIAS HABILES	65
4.1	Excavación	66
4.2	Revestimiento de Concreto	69
4.3	Inyección de Contacto	71
4.4	Resumen de Actividades Críticas por Frente en Días Hábiles	71
<u>CAPITULO V</u>	MATERIALES Y HERRAMIENTAS PARA CONS- TRUCCION	73
5.1	Costo de Materiales puestos en el - Almacén de la Obra	75
5.1.1	Para Excavación en Túnel	75
5.1.2	Para Concreto de Revestimien- to de Túnel	76
5.1.3	Para Ademes	77
5.1.4	Para Bombeo	78
5.1.5	Para Inyección	78
5.1.6	Equipo de Seguridad	78
5.1.7	Combustibles y Lubricantes	79
5.1.8	Materiales Metálicos	79
5.1.9	Material Eléctrico	80
5.1.10	Materiales Diversos	80
5.2	Catálogo de Costo de Material y He- rramienta	81
5.2.1	Para Excavación de Túnel	81
5.2.2	Para Concreto de Revestimien- to de Túnel	81
5.2.3	Para Ademes	82
5.2.4	Para Bombeo	83
5.2.5	Para Inyección	83
5.2.6	Equipo de Seguridad	83
5.2.7	Combustibles y Lubricantes	83
5.2.8	Materiales Metálicos	84
5.2.9	Material Eléctrico	84
5.2.10	Materiales Diversos	84
5.3	Catálogo de Materiales y Herramien- tas Recuperables	85
5.3.1	Tubería de Acero y Acceso - rios	85
5.3.2	Tubería de Ventilación y Ac- cesorios	86
5.3.3	Materiales para Vías Férreas	86
5.3.4	Material Eléctrico	86

		Pág.
<u>CAPITULO VI</u>	MANO DE OBRA	87
6.1	Determinación del Costo Real	89
6.2	Catálogo de Costo de Mano de Obra - por Actividad	91
6.2.1	Excavación de Túnel	91
	6.2.1.1 Frente por Portal	91
	6.2.1.2 Frente por Lumbrera	93
6.2.2	Ademe	95
6.2.3	Bombeo	96
6.2.4	Revestimiento de Concreto	97
	6.2.4.1 Frente por Portal	97
	6.2.4.2 Frente por Lumbrera	99
6.2.5	Inyección de Contacto	101
<u>CAPITULO VII</u>	MAQUINARIA Y EQUIPO	102
7.1	Determinación del Costo Horario de- Maquinaria y Equipo	103
7.2	Catálogo de Costo de Maquinaria y - Equipo	141
<u>CAPITULO VIII</u>	DETERMINACION DEL COSTO DE CONDUCCIONES Y SERVICIOS	143
8.1	Vías Férreas	144
8.2	Red de Alumbrado	146
8.3	Red Telefónica	148
8.4	Líneas de Agua para Barrenación y - Otros Usos Dentro del Túnel	149
8.5	Aire Comprimido	151
	8.5.1 Tubería para Aire Comprimido	151
	8.5.2 Costo de Tubería y Acceso - rios	153
8.6	Ventilación	154
	8.6.1 Necesidades de Aire por Frente	154
	8.6.2 Determinación del Diámetro - de la Tubería para Ventila- ción	155
	8.6.3 Ventiladores	156
	8.6.4 Costo Unitario de Ventila- ción	159
8.7	Sistema Eléctrico	162
	8.7.1 Determinación de la Carga - Eléctrica Máxima por Frente	162
	8.7.2 Transformadores para Subesta- ciones Eléctricas	163
	8.7.3 Resumen de Costo	164

		Pág.
<u>CAPITULO IX</u>	COSTO DE EXCAVACION DE TUNEL	166
9.1	Instalaciones y Servicios	167
9.2	Materiales	167
9.3	Mano de Obra	168
9.4	Equipo	168
	9.4.1 Costo del Equipo para Excavación por Frente	171
	9.4.2 Resumen del Costo de Equipo para Excavación	177
9.5	Consumo de Energía Eléctrica para Excavación	177
	9.5.1 Alumbrado	177
	9.5.2 Energía Eléctrica para Usos Diversos	179
	9.5.3 Costo Unitario de Consumo de Energía Eléctrica para Excavación	180
9.6	Costo Unitario Total para Excavación	180
<u>CAPITULO X</u>	ADEME	181
10.1	Ademe con Marcos Metálicos	182
10.2	Adema con Concreto Lanzado	183
10.3	Ademe con Anclas y Malla Metálica	184
<u>CAPITULO XI</u>	BOMBEO	186
11.1	Bombeo para Avance en Excavación	187
11.2	Tabla de Cálculo para Bombeo Horizontal (a)	188
11.2	Tabla de Cálculo para Bombeo Horizontal (b)	189
11.3	Bombeo Vertical	190
11.4	Resumen de Bombeo	192
11.5	Volumen Total de Bombeo	194
<u>CAPITULO XII</u>	REVESTIMIENTO DE CONCRETO	195
12.1	Instalaciones y Servicios	196
12.2	Materiales	196
12.3	Mano de Obra	197
12.4	Equipo	198
	12.4.1 De Permanencia Variable	198
	12.4.2 Costo por Frente del Equipo para Revestimiento de Concreto	201
	12.4.3 Resumen de Equipo.	205

		Pág.
12.5	Consumo de Energía Eléctrica	205
12.6	Inyecciones de Contacto	207
12.7	Resumen de Costo de Revestimiento - de Concreto	210
<u>CAPITULO XIII</u>	EXCAVACION PARA ENCAPILLADO EN ZONA DE LUMBRERAS	211
13.1	Costo de Excavaciones para Encapi-- llado en Zona de Lumbrera	212
13.2	Costo Unitario	213
<u>CAPITULO XIV</u>	DETERMINACION DEL COSTO INDIRECTO	214
14.1	Determinación del Costo Indirecto	215
14.2	Determinación del Porcentaje de In- directos	220
<u>CAPITULO XV</u>	PRECIOS UNITARIOS	221
15.1	Precios Unitarios	222
<u>CONCLUSIONES</u>		224
<u>BIBLIOGRAFÍA</u>		227

## INTRODUCCION

No es falaz el afirmar que toda actividad humana con el transcurso del tiempo, debe desenvolverse en razón directa de los requerimientos que le imprimen las características sociales y económicas de la época.

La consecuencia de lo anteriormente expuesto, es la obvia pretensión de superación que toda ciencia, arte o técnica deben desplegar, para adaptarse a las necesidades actuales.

La Ingeniería Civil, actividad que es parte integrante de las profesiones de carácter técnico, ha debido sufrir una metamorfosis con el fin de lograr la actualización de sus servicios y su proyección a la vida moderna.

Este trabajo tiene como objetivo fundamental, el uniformizar criterios, evitar omisiones y el de establecer claramente la incidencia de cada uno de los elementos que integran el costo y tiempo de construcción de un túnel, así como para tener bases de juicio en las revisiones que se llegaren a presentar en su transcurso, todas las proposiciones de la presente licitación están fundadas en las formas, que han sido diseñadas para la excavación de túneles a base de explosivos y para la colocación en el lugar del concreto de revestimiento, campo económico de amplios horizontes, que muestra un basto número de hechos, y formas diversas de construcción que deben analizarse profundamente para lograr la información fehaciente que tenemos el deber ineludible de mostrar.

Presento con antelación mis disculpas por los números yerros, que sin duda alguna plasman el contenido de esta tesis, rogándoles se sirvan ser benévolos con el principiante, que desea con vehemencia, el aportar algo nuevo a su profesión.

**TESIS CC:  
FALLA DE ORIGEN**



C A P I T U L O I

## HISTORIA DE LOS TUNELES

## HISTORIA DE LOS TUNELES

Túnel, en ingeniería civil, es un paso subterráneo -abierto artificialmente para establecer una comunicación a través de montes, ríos u otros obstáculos naturales.

Es muy probable que la construcción de túneles haya sido una de las primeras obras del hombre, posiblemente debido a que el hombre primitivo en un principio vivió en túneles naturales o accidentales hechos por los agentes mecánicos y químicos erosivos.

Se tienen noticias de túneles en todas las antiguas civilizaciones, especialmente en Egipto, en donde existen galerías excavadas en roca con una longitud mayor de 200 metros. En Malta pueden verse templos subterráneos que por lo menos tienen una antigüedad de 5000 años, y fueron excavados en arenisca, empleando rústicas herramientas de pedernal, las cuales tuvieron que llevarse a la isla desde tierra firme. Estos primitivos túneles se abrían por lo general en las rocas vivas más blandas y algunos en roca suelta, de modo que exigían inmediata fortificación. Notable ejemplo de ello es el túnel bajo el río Eufrates, acaso el primero subacuático de que hay noticia; tenía cuatro metros de ancho y cinco metros de altura, habiéndose excavado en seco luego de desviar temporalmente el río.

Los romanos se destacan entre los primeros constructores de túneles, lo mismo por la magnitud de las obras, que por los adelantos en los métodos. Introdujeron el uso del fuego, utilizando el principio de que una roca calentada y enfriada bruscamente se rompe, haciendo más fácil la excavación; probablemente empleaban también vinagre en vez de agua, como agente de enfriamiento cuando trabajaban en caliza o rocas similares, aprovechando también la propiedad del ácido que contiene el vinagre para desintegrar las rocas física y químicamente.

Se sabe que también los romanos utilizaron pozos de ventilación cuando construyeron sus más largos túneles, por ejemplo, Flinico se refiere al túnel construido para el dre

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

## TESIS CON FALLA DE ORIGEN

naje del lago Fucino, abierto en caliza bajo el monte Sal--viano con 5631 metros de longitud y 40 pozos de ventilación con 120 metros de profundidad y sección de dos por tres metros. Se tiene el dato de que durante once años trabajaron en su construcción 30,000 hombres.

Otro ejemplo es el túnel en Tobas que dió paso al camino entre Nápoles y Puzzouli a través de las colinas de Ponlimpio, con más de un kilómetro de longitud y sección de siete y medio por siete y medio metros.

No hubo prácticamente avance en la técnica empleada por los romanos, hasta que vino el uso de la pólvora, utilizada por primera vez en Malpas, Francia de 1679 a 1681.

El túnel Tronquoy, en el canal de San Quintín, construido en 1803, fue el primero en adermarse y se hizo con revestimiento de piedra labrada a todo lo largo de él.

En Inglaterra, durante la era de los canales, se construyeron varios túneles. Posteriormente también se hicieron para los ferrocarriles, con el advenimiento de éstos. Entre los más antiguos merecen citarse el Harecastle de 2400 metros y de 2.7 metros por 3.6 metros de sección, hecho en 1766-1777 y el Marsden, con una longitud de cinco kilómetros. Entre los túneles hechos para los ferrocarriles pueden nombrarse el Box Hill de 3.2 kilómetros de largo y el Kilsby de 2.4 kilómetros.

En América, el primer túnel fue hecho para el canal Schuylkill en Auburn, Pa. E.U.A., con una longitud de 246 metros y sección de 6 metros por 5.4 metros; fue construido en 1820. El segundo también se hizo en Pennsylvania, en el canal Union, en Lebanon; se construyó en 1827 y tuvo una longitud de 216 metros.

Para uso en los ferrocarriles, el primer túnel hecho en América se construyó en 1831, en Allegheny; su largo fue de 170 metros.

En la construcción de estos túneles y los que les siguieron, se fue cambiando paulatinamente del uso de la pólvora al de la dinamita y del barrenado a mano, al empleo con este fin del vapor y el aire comprimido.

En México los primeros túneles fueron hechos para servir a las líneas férreas. Actualmente, hay gran número de ellos, unos ya terminados y otros en construcción, que llevarán la función de transportar agua, ya sea para generar energía eléctrica o para abastecimiento.

Uno de los túneles más notables, dada su longitud, es el que va de Atarasquillo a Dos Ríos y que forma parte del sistema del Lerma. Este túnel tiene una longitud de 14,334 kilómetros y su sección teórica de perforación es de 11.81 m<sup>2</sup>. Esta sección es en forma de herradura, aunque una vez revestido se hizo circular con diámetro de 3.20 metros, quedando así una superficie útil libre de 10.75 m<sup>2</sup>. La pendiente del túnel es de 0.0006704 y el gasto máximo es de 14.7 m<sup>3</sup>, por segundo. Para tener mayor número de frentes de perforación se hicieron tres lumbreras, pero en realidad todo el avance se hizo a dos frentes (portal de entrada y portal de salida).

En los últimos cien años es cuando se ha progresado en la construcción de túneles y con la invención del ferrocarril, se han construido casi la totalidad de los que se tienen en uso actualmente.

Se hace notar que simultáneamente con este adelanto ha marchado el de la geología.

La mayoría de los túneles construidos suelen estar destinados al paso de ferrocarriles, si bien los hay para carreteras y para canales. Se construyen además túneles para desagüe, saneamiento y conducción de aguas, así como para ventilación y acceso a las minas, en este último caso suelen llamarse "socavones". La construcción de un túnel requiere el estudio y solución de numerosos problemas de excavación, estructuración y elementos de resistencia, así como transporte de tierras y materiales de entibación y revestimiento. Igualmente debe estudiarse previamente la geología del terreno, realizar sondeos, replantear el trazado a base de triangulación geodésica, sin descuidar la ventilación y desagüe de los frentes de ataque.

La forma en que se lleva a cabo la construcción varía según se trate de perforar montañas y cordilleras divisorias; de túneles para ferrocarriles o servicio de automóviles y peatones en las grandes ciudades, túneles bajo el agua. El estudio geológico del terreno tiene por finalidad determinar lo más aproximadamente posible la naturaleza de-

las rocas que se van a atravesar, su dureza, estructura, fallas. Para ello suele ser necesario realizar sondeos previos. Es importante conocer la temperatura, siempre elevada, puesto que influye en el desarrollo del trabajo y en las condiciones de ventilación. Las condiciones hidrológicas son importantísimas, puesto que de ellas dependen las instalaciones de desagüe, ya que hay casos en que se tropieza con verdaderos ríos subterráneos, como en el túnel del Mont D'or, en que el caudal llegó a 10 m<sup>3</sup> por segundo. Ello obliga a construir el túnel en doble rampa, y sólo en túneles secos se puede trabajar en pendiente sin reducirlo. La ventilación debe estudiarse cuidadosamente en los túneles de gran longitud, puesto que suele ser un problema de difícil y costosa solución.

## 1.1 TUNELES NOTABLES

Mt. Cenis. Con una longitud de 12,849 metros, tiene dos bocas con una altura sobre el nivel del mar de 1,148 metros y 1,269 metros; la altura de la clave del túnel es de 1,295 metros; la altitud máxima de la montaña en la sección longitudinal es de 2,949 metros; las temperaturas máximas de la roca firme de 29.5°C. Se construyó durante el período comprendido entre el año 1857 y 1872, cortándose calizas, pizarras, gneises y pizarras arenosas.

San Gotardo. Con una longitud de 14,944 metros, tiene dos bocas con una altura sobre el nivel del mar de 1,109 y 1,145 metros; la altura de la clave del túnel es de 1,153; la altitud máxima de la montaña en la sección longitudinal es de 2,861 metros y la temperatura máxima es de 30.8°C. Se construyó durante los años de 1872 a 1882, cortándose gneises, micascitas, serpentinas y rocas de hornblenda.

Alberg. Con una longitud de 10,140 metros; tiene dos bocas con una altura sobre el nivel del mar de 1,302 y 1,218 metros; la altura de la clave del túnel es de 1,310 metros; la altitud máxima de la montaña es de 2,030 metros; la temperatura máxima es de 18.5°C. Se construyó durante el período comprendido entre los años de 1880 a 1883.

Simplón. Con una longitud de 19,803 metros; tiene dos bocas con una altura de 687 y 634 metros; la altura de la clave del túnel es de 705 metros; la altitud máxima de la montaña es de 2,804 metros y la temperatura máxima 56°C. Se construyó durante los años de 1898 a 1906, atravesándose

pizarras, gneises y pizarras calcáreas.

Lötschoberg. Con una longitud de 14,536 metros tiene dos bocas y también con una altura de 1,200 y 1,220 metros; altura de la clave es de 1,240 metros; la altitud máxima de la montaña es de 2,917 metros y temperatura máxima de 34°C. Se construyó durante los años de 1906 a 1911.

Nueva York. El primero bajo el Rfo Hudson, comenzó en 1874 sin exploración, tropezando con grandes inconvenientes, suspendiéndose en varias ocasiones; se terminó en el año de 1908.

A principios del siglo se inició una de las mayores obras de esa clase en el mundo, el proyecto de abastecimiento de Catshill que consiste en dos grandes embalses en las montañas Catshill, al norte de Nueva York y en un acueducto de 177 kilómetros, se construyeron bajo la ciudad dos grandes túneles para conducir agua a presión. El túnel urbano No. 1 se terminó en 1917 y el No. 2 en 1936.

## 1.2 CONSTRUCCION DE TUNELES

### 1.2.1 TRABAJOS PRELIMINARES DE EXPLORACION

Para tener éxito en la construcción de túneles debe hacerse un estudio preliminar de la zona en que ha de efectuarse la obra. Dicho estudio consistirá en precisar la formación y constitución geológica del lugar elegido. Para lo cual deberá levantarse un plano y secciones o perfiles geológicos a lo largo del eje del túnel, con el fin de determinar los tipos de rocas, en atención a su dureza y demás propiedades físicas, así como la estructura general (fracturas y fallas), la distribución de las aguas subterráneas en la zona de estudio, deberá tenerse en cuenta, ya que es un factor muy importante en la construcción de los túneles.

Demostrada la necesidad de estas investigaciones preliminares, será necesario fijar el método para llevarlas a cabo, ya sea por medio de perforaciones o por métodos geofísicos, que se han modernizado y cuya interpretación correcta es de gran utilidad en los estudios de geología aplicada.

### 1.2.2 PERFORACION PARA EXPLORACION O SONDEOS

Pueden clasificarse en dos grupos:

- a) De trépano o percusión
- b) Rotatorias.

De trépano o percusión - el empleo de metales y aleaciones especiales ha permitido mejorar la construcción de trépanos, de los cuales se fabrican varios tipos.

El trépano propiamente dicho es de acero, pesa de 70 a 90 kilos y va unido a una barra lastre de 3.5 metros de longitud y 105 mm de diámetro; en modelos ligeros, en gancho al cable. Una rótula hace girar automáticamente el trépano a cada golpe y una campana para extracción de arenas, accionada por un cable independiente, forma también parte del equipo. El trépano y la barra lastre están ligados entre sí por medio de roscas, suspendidos por un cable de acero con torsión a la izquierda.

El peso total del equipo es de unos 900 a 1000 kilos, y el peso máximo de la herramienta incluyendo la barra lastre, es de unos 450 kilos. El mecanismo de accionado consiste por regla general en un motor de combustión interna que hace girar al eje principal por medio de una transmisión de correa. Este eje es accionado por medio de un embrague y un piñón y el tambor de enrollado del cable a su vez también por un piñón y un embrague con polea que acciona el cable de bomba de arena.

Rotatorias - éste es el método más empleado para la perforación de pozos en la actualidad. En síntesis consiste en una barrena con movimiento circular que va rompiendo la roca.

Cadena de herramientas. La barrena, ocupa la posición inferior y tiene, en general, los llamados roles son ruedas dentadas en número de tres y que se mueven por el empuje del lodo cuya labor rompedora es muy grande. Unido a esta barrena sigue la tubería de perforación, de diámetro menor que aquélla. Ya formando parte del mecanismo exterior, se tiene el llamado Kelly, el cual tiene la misión de ir guiando y empujando, por decirlo así, a la tubería. Su sección es cuadrada (en ocasiones hexagonal) de forma que pueda quedar atrapado dentro de la mesa rotatoria que es la que imprime movimiento a toda la columna de herramientas.

Completan la columna el cabezal o swivel que se conecta al Kelly de forma que no da vueltas con él y cuya misión es el inyectar lodo de perforación a través de la columna; y la viajera que es una polea de cuyos cables cuelga todo. Esta viajera se cuelga a su vez de la torre de perforación que caracteriza a todas estas perforaciones.

La función del lodo de perforación es de singular importancia y podemos anotar lo siguiente:

1. Viscosidad y consistencia de tal forma que pueda elevar los cortes.
2. Poder de enjarre.

Para la formación del lodo de perforación, se agrega al lodo natural la llamada bentonita, compuesta de arcillas coloidales, que tienen la propiedad de aumentar su volumen.

Se emplea barita, sulfato de bario con objeto de darle mayor peso.

Bombas - de gran importancia son las bombas de lodo que pueden ser de dos tipos:

- Centrífugas - que trabajan a poca presión pero a mayor volumen.
- De pistón con gran presión pero con poco gasto.

Las primeras son empleadas en perforaciones en busca de agua y las segundas en perforaciones petroleras.

Rotatoria inversa - conocida por primera vez en México en el Valle de Mexicali, estas máquinas trabajan en forma invertida a las rotatorias ya conocidas. Su barrena es diferente ya que consta de una especie de cuchara grande, excéntrica y con una abertura inferior de 4 a 6 pulgadas de diámetro. El movimiento que se imprime a esta pieza no es rotatorio completo, sino más bien de carácter helicoidal. No trabaja con lodo sino con agua y en lugar de inyectar, absorbe así pues el pozo se llena de agua y ésta es chupada con el material que se rompe, el cual sube por la tubería.



# TESIS CON FALLA DE ORIGEN

10

Este método es sólo aplicable, como puede comprenderse, en perforaciones sobre terreno aluvial o deltáico.

Perforadora de diamante - por medio de este sistema se pueden efectuar barrenaciones a cualquier ángulo, ya sea en posición vertical hacia abajo o vertical hacia arriba. - Se obtienen barrenos de tipo anular que proporcionan un cilindro de roca en el que se puede observar el corte seccional del estrato que se atraviesa. Por consiguiente, la perforadora de diamante se adapta perfectamente a la exploración de ciertos depósitos de los cuales se desea obtener muestras.

El aparato consiste de una serie de barras de hierro huecas que se acoplan por juntas de rosca atornilladas una a otra, la primera lleva una boca de acero de forma anular en la que están montados los diamantes que efectúan el corte, por medio de una pequeña máquina instalada en la superficie se hacen girar a gran velocidad con un mecanismo que las empuja conforme se profundiza la perforación. La velocidad de rotación es de 300 a 800 revoluciones por minuto, de acuerdo con la clase de roca.

Se inyecta agua a presión a través del hueco de las barras, la cual vuelve a la superficie por entre la parte exterior de ellas y la pared de la perforación. Para la conservación de la tubería es indispensable el uso de grasa especial.

Sonda con municiones - este aparato usa el mismo sistema que el anterior, con la diferencia que en lugar de diamante se usan pequeños granos de acero de gran dureza en la corona de la broca para la perforación en roca dura y corona dentada si es roca blanda.

Conclusión - cada uno de los sistemas que se describen tienen sus ventajas y desventajas, siendo el de diamante el mejor, puesto que con él se puede trabajar a cualquier ángulo aún cuando es más caro.

## 1.2.3 METODOS DE CONSTRUCCION

Túneles en roca. Existen varios métodos para hacer túneles en roca. El método de ataque depende de varios factores, tales como las condiciones del terreno, equipo del

cual se dispone y la cantidad de ademe requerido, así como la manera de rezagar. A menudo el método general varía según los cambios en el tipo de roca o debido a otras condiciones no previstas.

A continuación se dan breves descripciones de las principales variaciones en construcción de túneles en roca dura.

Ataque frontal - los túneles pequeños siempre son atacados en todo su frente, la barrenación usualmente se hace con columnas verticales (fig.1) (Actualmente se usan piernas o vástagos), erigidas después de que la rezaga de la última barrenación ha sido limpiada. Cuando las columnas verticales se usan, únicamente los perforistas o rezagadores alternan en el trabajo. Si el túnel es de una sección normal (2.5 mts. de altura), la perforación se hace a menudo con una barra en posición horizontal (Fig.2). Inmediatamente después de la explosión, los perforistas vuelven al frente y colocan la barra para trabajar en la parte superior del frente perforando el grupo de barrenos superiores, estando parados en la rezaga, mientras tanto los rezagadores deben hacer la limpieza y si las operaciones se hacen correctamente alternados, cuando los perforistas hayan terminado con el grupo de barrenos superiores, la rezaga debe haber sido limpiada y la barra se podrá colocar en otra posición. Este arreglo es particularmente útil cuando se limpie la rezaga a mano, puesto que los perforistas pueden empezar a trabajar sin tener que esperar a la limpieza del túnel. Ambos arreglos son limitados a túneles de aproximadamente 3 x 3 mts. de sección. En túneles más grandes la columna de la máquina es demasiado pesada para manejarse en esta forma.

Anteriormente el método de ataque frontal se reservaba para túneles pequeños, pero con adelantos y desarrollos, los túneles se han construido más y más grandes por este método. Los 148 kilómetros de túnel en el acueducto de río Colorado fueron construidos por métodos de ataque frontal, los túneles del acueducto Delaware se construyeron también de esa manera. La construcción económica de grandes túneles por el método de ataque frontal fue hecho posible con el desarrollo del carro de barras o jumbo. Una batería de máquinas está montada en la parte delantera del jumbo permitiendo la perforación de una gran sección del frente de una vez y ahorrando el tiempo anteriormente requerido en la colocación y desmontado de las columnas de perforación y barras. Los jumbos están equipados con plataformas laterales, capaces de ser dobladas o recogidas para facilitar la limpieza de la rezaga, por medio de máquinas, cuando ésta es -



FIG. N° 1 ATAQUE FRONTAL CON COLUMNA

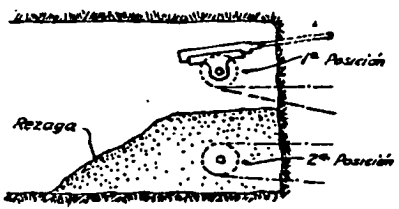
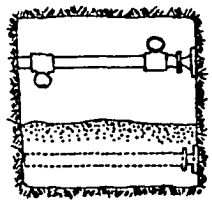


FIG. N° 2 ATAQUE FRONTAL CON SOPORTE HORIZONTAL

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

recorrida hacia el frente y para permitir el almacenamiento de las máquinas en los carros sobre una vía lateral.

En mal terreno el jumbo sirve como plataforma de trabajo para la colocación de ademe superior.

Frente de banco - el sistema de banqueo es un método americano para la construcción de túneles en roca y fue desarrollado en su mayor parte en la construcción de túneles para ferrocarril.

Este método se sustituyó rápidamente por el de ataque frontal en túneles medianos pero aún es popular en túneles grandes.

Como se ve en la figura 3, el frente superior por lo regular es llevado de 2.50 a 3.00 mts (largo de una barra), delante del banco.

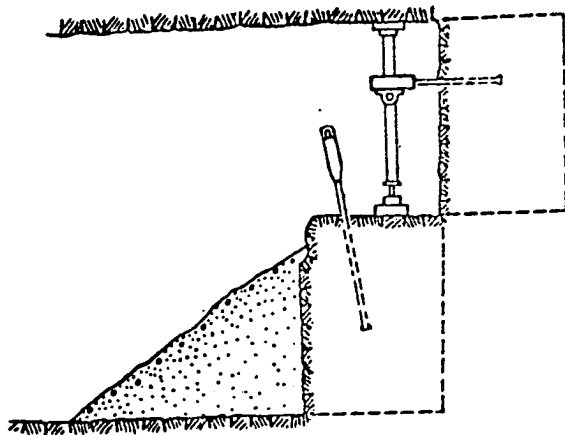
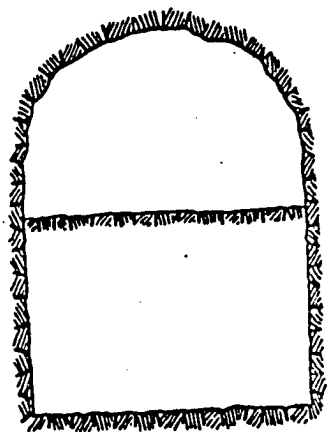
Las perforaciones para el frente superior son hechas desde columnas verticales, colocadas sobre el banco o con una pierna o vástago neumático.

Los barrenos del banco son regularmente perforados hacia abajo con perforadora manual, siempre y cuando exista suficiente lugar para cambiar la barra, en otra forma el banco debe de ser perforado desde una barra horizontal. Después de que la rezaga ha sido limpiada (figura 4), todos los barrenos son cargados a la vez, pero el banco se dispara un instante antes que los barrenos del frente superior, si los barrenos del frente superior son cargados correctamente, la mayoría de la rezaga será arrojada del banco hacia el piso del túnel. Tan pronto como el aire esté puro, el grupo de rezagadores limpia la rezaga del banco a mano y se colocan nuevamente las columnas; mientras que el frente superior está siendo perforado, la máquina rezagadora empieza a trabajar sobre la rezaga, las perforaciones hacia abajo sobre el banco también pueden hacerse mientras la máquina rezagadora está trabajando.

El sistema de banqueo tiene esta ventaja de perforación simultánea y limpieza de rezaga también requiere menos explosivos que el sistema de ataque frontal.

Frente superior - cuando se encuentra terreno suave,

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



*FIG. N.º 3 SISTEMA DE FRENTE SUPERIOR.*

ORIGEN CON  
FALLA DE ORIGEN

TESIS CON  
FALTA DE ORIGEN

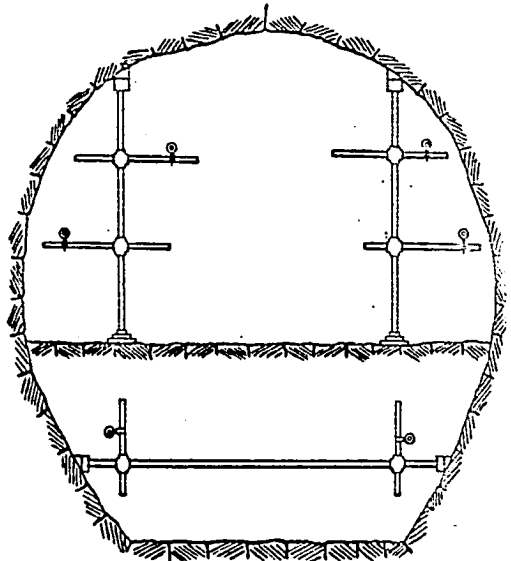
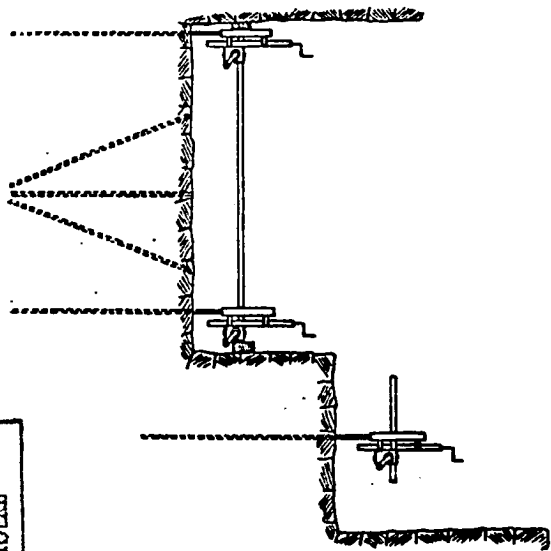


FIG. Nº 4 SISTEMA DE PERFORACION CON COLUMNA Y BARRA HORIZONTAL

el sistema de banqueo puede ser modificado para trabajar o construir un frente superior más largo (fig.5), el frente se avanza de 12 a 25 mts. delante del banco. El ademe superior, construido temporalmente es sostenido desde el banco. El grupo de trabajadores del banco excava en pequeños avances, colocando los postes a plomo de uno en uno para sostener el ademe superior. Si existe mucha carga sobre el ademe superior, se tendrá cuidado de acuñar bien el cabezal hasta que sean colocados los postes. Si el terreno malo está en tramos discontinuos, la rezaga del frente es cargada a mano y vaciada fuera del banco al alcance de la máquina rezagadora. Para el acarreo en tales casos es práctica común el usar un carro bajo, similar a los usados en las minas de carbón con una zona de descarga en ménsula (fig. 6).

Un arreglo conveniente para sostener el ademe superior en posición mientras que se excava el banco y para la colocación de postes en mal terreno, fue desarrollado por George Lewis en el túnel Moffat (Colorado). El diseño y patentó una armadura a la que puso su nombre, consistente en dos armaduras planas de aproximadamente 23 mts. de largo, distantes dos metros, con una banda transportadora y equipada con numerosos soportes mecánicos. La armadura está colocada en el frente superior rodando sobre la vía en el piso del frente, el extremo superior de la armadura se extendía hacia atrás hasta la sección completa del túnel, alejada del frente del banco.

#### 1.2.4 FRENTES INFERIORES

El método de ataque de frentes inferiores rara vez es usado y únicamente en túneles de sección grande. En este sistema un frente del ancho completo del túnel y altura aproximada de 2.50 mts., se perfora primero en la parte inferior del túnel.

La desventaja principal de este sistema es el bloqueo del frente por el material tumbado del techo, no habiendo oportunidad para colocar el ademe permanente hasta que el frente del túnel ha sido levantado a la altura completa. En este método de construcción la colocación de ademe puede ser una operación difícil y peligrosa.

Galería central - túneles de ferrocarril y muchos otros han sido construidos desde una galería central, es generalmente de 3 x 3 mts., y se construye primero de lado a

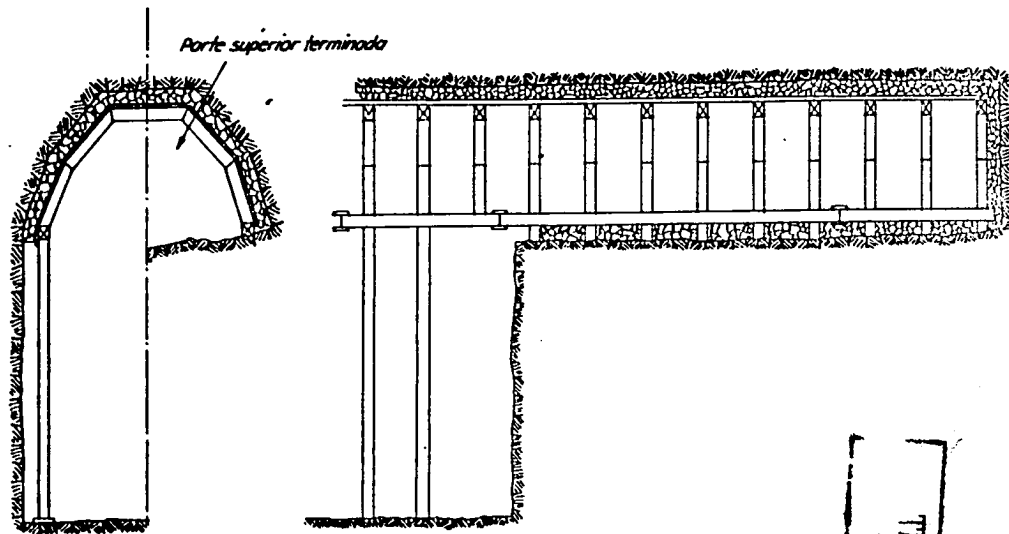


FIG. N.º 5 SISTEMA DE "PARTE SUPERIOR TERMINADA" EN TERRENO SUAVE

TESIS CON  
1 DE ORIGEN



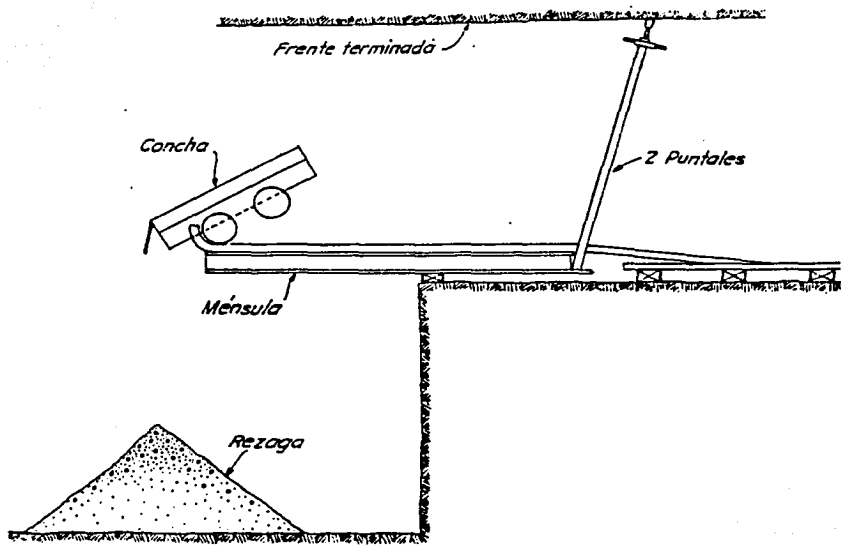


FIG. N.º 6 MENSULA PARA VACIADO DE CONCHA

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

lado. Cuando la construcción de la galería central es completa, o cuando alguna otra salida para la rezaga del frente ha sido conseguida, se principia el ensanchamiento (fig. 7).

Las perforaciones para el ensanchamiento se hacen -- con una máquina colocada sobre el eje del túnel; los anillos son hechos cada 1.20 mts., los perforistas que hacen este trabajo lo hacen con un clinómetro, el cual coloca las perforaciones en el ángulo correcto, claro es, el túnel o galería central debe ser lo suficientemente grande para cambiar la barra más larga. La perforación en anillos se mantiene de 15 a 25 mts., adelante de la tronada y del rezague. En el túnel Cascade, E.U.A., construido por este método se hicieron 29 perforaciones por cada anillo.

El sistema de galerías centrales economiza los explosivos y proporciona buena ventilación, su desventaja es que el ensanche o agrandamiento no puede ser empezado hasta que la galería central es hecha de lado a lado, de otra manera existe mucha interferencia entre los perforistas del anillo y los peones de rezague del frente. Otra desventaja es que los perforistas de anillo están trabajando conforme a un patrón común de perforaciones y al trabajar muy adelante de la voladura, a menudo un gran número de perforaciones ya han sido hechos conforme a este patrón, cuando se descubre que las condiciones del terreno requieren un cambio en el espesor de los anillos.

Si se encuentra terreno malo al trabajar con el método de galería central, se procede de la manera siguiente (fig. 8): una vez terminada la galería central, únicamente se perfora para extraer el material indicado en la figura 8. De esta manera colocando una tarima podrá extraerse este material sólo moviendo la parte central de dicha tarima y en esta forma vaciar fácilmente los carritos por gravedad y proceder a ademar por el método usado en el frente superior.

Galerías laterales - el método de galería lateral -- ocasionalmente se usa en túneles grandes y con terreno malo (fig. 9), se construyen dos galerías a lo largo de los lados del túnel y en estas galerías colocan los postes permanentes haciendo perforaciones hacia arriba y siguiendo el contorno del túnel hasta que el ademe permanente es levantado para sostener el techo, el cual deja un núcleo central para ser extraído después de que el túnel esté completamente ademado.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

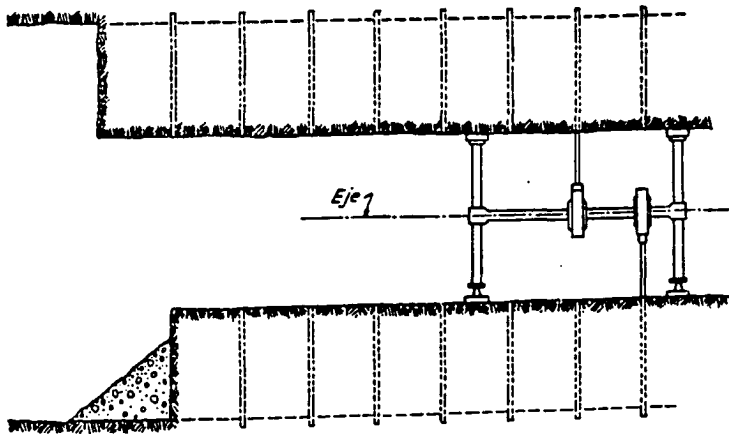
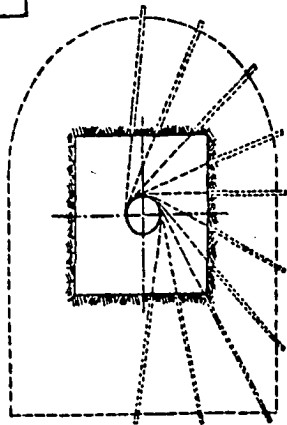
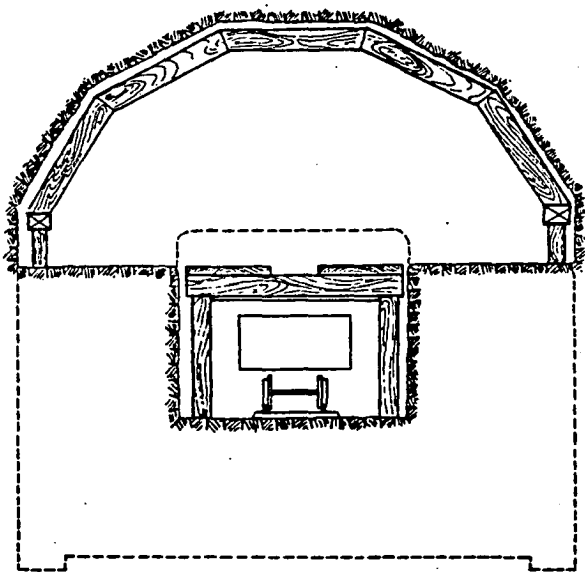


FIG. Nº 7 PERFORACION EN ANILLO



**FIG. N.º 8**      **GALERIA CENTRAL EN TERRENO SUAVE**  
**CON FRENTE SUPERIOR TERMINADA.**

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

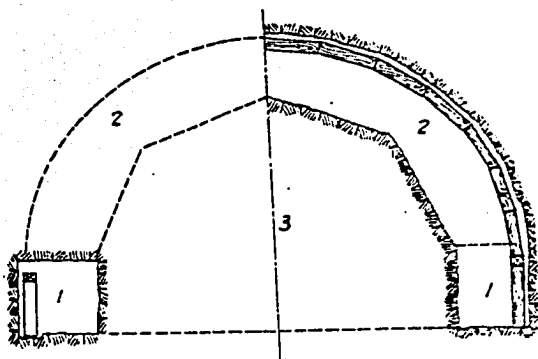


FIG. Nº 9 CROQUIS DE EXCAVACION POR EL METODO DE GALERIA LATERAL

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

# TESIS CON FALLA DE ORIGEN

15

Este núcleo proporciona un piso para trabajar convenientemente cerca del techo. Soportes temporales para sostener el techo pueden ser puestos en contra de este núcleo hasta que el ademe permanente es colocado. En algunos trabajos el recubrimiento de concreto se coloca antes de que se extraiga el núcleo.

Túnel piloto.- Los túneles largos en ferrocarriles algunas veces han sido construídos por este método (fig. 10).

El túnel piloto generalmente con una sección mínima de 2.50 x 2.50 mts., se construye paralelo y aproximadamente de 20 o 25 mts. de distancia del túnel principal. Mientras tanto una galería central está siendo perforada desde el portal en la línea del túnel principal. A intervalos de 500 mts. más o menos se construye un crucero, desde el túnel piloto hasta interceptar la línea del túnel principal al final de cada crucero, dos grupos pueden estar perforando la galería central del túnel principal y la rezaga transportada hacia afuera a través del túnel piloto. Una vez que la galería central ha sido perforada de lado, o entre el portal y el primer crucero o entre dos cruceros cualquiera, el ensanchamiento por medio de perforaciones en anillos puede empezarse (fig. 7) cuando se encuentre terreno malo en la galería central, la cual requiere ademe, un ensanchamiento y ademe pueden hacerse en ese lugar que estará listo para cuando llegue el grupo de ensanchamiento a ese punto.

Aunque este sistema requiere la construcción de dos túneles, permite un gran número de operaciones en puntos diferentes, de esta manera se acelera el trabajo. Una vez que la galería central haya sido perforada de lado a lado, el método de túnel se presta para proporcionar ventilación eficiente, pues puede inyectarse aire por el túnel piloto y sacarse o arrojarse por el principal. Los túneles de Moffat, Rogerpass y Cascade, E.U.A., son notables ejemplos del método de túnel piloto.

## 1.2.5 REVESTIMIENTO DE CONCRETO

La colocación del revestimiento de concreto en un túnel merece considerable estudio y cuidadosa planificación, más aún cuando el revestimiento representa del 30 al 40% del costo del túnel. Muchos residentes de túneles aún consideran el trabajo de concreto como algo que puede ser hecho por grupos de trabajadores sin mucha experiencia.

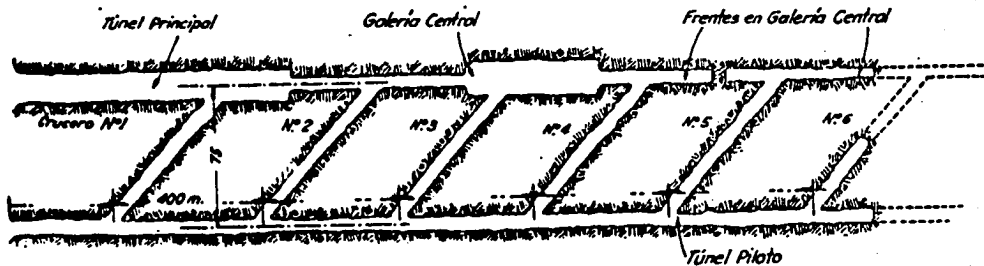


FIG. Nº 10 METODO DE TUNEL PILOTO.

En la última década han sido desarrollados para la colocación de revestimiento de concreto muchos adelantos mecánicos, su uso elimina el antiguo y pesado trabajo de vaciado de concreto a mano y aumenta grandemente la velocidad de vaciado. Además de los adelantos hechos en equipo, los hay en métodos para mezclado y transporte, colocación, así como en el diseño y construcción de las formas. Las estructuras de acero cuyo uso es aplicable a la mayoría de las condiciones en túneles, han llegado a ser muy populares en estos últimos años, pues han demostrado ser económicos y de fácil manejo y dejan el magnífico acabado que se exige en especificaciones modernas.

#### 1.2.5.1 PROCEDIMIENTOS GENERALES DE REVESTIMIENTO

El procedimiento de revestir con concreto cae en dos divisiones principales:

1. Túneles en roca
2. Túneles en terreno blando.

Sin embargo, estas dos clasificaciones de procedimientos en revestimiento no siguen clasificaciones similares en la construcción de túneles. Por lo que se refiere al revestimiento de túneles en roca se incluyen no sólo aquellos construídos a través de terreno macizo y terreno macizo ademado, sino también túneles en terreno blando que han sido ademados suficientemente o soportado de alguna manera tal, que el revestimiento de concreto puede posponerse hasta que el túnel esté completamente terminado o cuando me nos bastante adelantado.

El revestimiento de un túnel en terrenos ademados debe colocarse casi simultáneamente con la excavación o inmediatamente después de terminar ésta, en un pequeño tramo.

Revestimiento de túneles en roca - usualmente en túneles en roca la colocación del revestimiento puede posponerse hasta que todas las operaciones de construcción sean terminadas. Por lo tanto, las formas, el equipo para colocarlo y el plan general de procedimiento puede ser diseñado y planeado para obtener el máximo en eficiencia y velocidad, de acuerdo con la inversión permisible y no habrá necesidad de considerar interferencia con perforación y rezague.



Algunas veces, para ahorrar tiempo en la terminación del proyecto o para sostener terreno pesado que amenaza el sistema temporal de soportes, el revestimiento de concreto de un túnel en roca, seguirá a las operaciones de construcción. Por ejemplo, en túneles de 450 mts. construido y recubierto desde un portal, se puede ahorrar tiempo empezando el revestimiento antes de que la construcción haya sido terminada.

Supongamos que la velocidad de construcción es de 5-mts. por día, necesitando noventa días para la excavación y que el revestimiento puede ser colocado a una velocidad de 10 mts. por día, si se espera a que la construcción sea terminada antes de empezar el revestimiento, significa que 135 días se necesitarán para el trabajo. Sin embargo, si se empieza el revestimiento cuando la excavación va a la mitad, la colocación del concreto podría estar terminada al mismo tiempo que la excavación, teóricamente ahorrando 45 días en el plan original de trabajo.

En realidad el ahorro en tiempo no sería tan grande y el costo de revestimiento y excavación sería un poco más elevado, debido a la interferencia de las dos operaciones.

Secuencia en la colocación de concreto - existen -- tres métodos generales de colocación de revestimiento de concreto en túneles en roca.

1. Colocación del piso primero, luego las paredes y arco.
2. Paredes y arco primero y luego el piso.
3. Revestimiento del perímetro completo en una operación.

La secuencia más común es colocar el piso primero, luego las paredes y el arco en una segunda operación, este método proporciona una base firme sobre la cual se colocan las formas de los arcos y resulta un trabajo mejor.

En años recientes, sin embargo, un sinnúmero de túneles han sido revestidos colocando primero las paredes y el techo y posteriormente el piso.

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

Alguna economía es posible en este método, pues elimina el tener que quitar la vía para transportar la rezaga de la cual se hace uso para revestir, luego colando el piso se coloca nuevamente la vía para los trenes de concreto que estarán alimentando las formas de pared y techo. También - este método elimina la limpieza final del concreto caído en el piso en la operación de la colocación del arco. Cuando el piso se va a colocar al último, deben colarse pedestales de concreto de acuerdo con un alineamiento y grado a lo largo de cada base de pared, como de 3 mts. de centro a centro, para sostener las formas de pared y arco. De otra manera es difícil alinear las formas y sostenerlas en una base dispuesta o de rezaga blanda.

El método de colocación del piso al último es más -- conveniente para túneles con sección de herradura o túneles de piso plano en general, más que para túneles de sección circular. En túneles donde existe una considerable presión sobre el ademe, las paredes y arco no deben colocarse primero, pues el piso se necesita para que actúe sobre él un sistema de puntales transversales para evitar que las paredes se cierren cuando el arco es vaciado.

El revestimiento de la sección completa en una operación, es posible solamente en túneles circulares o casi de esta forma. El problema principal con este método es el soporte de las formas que deben abarcar el largo completo del vaciado sin soporte intermedio. Usualmente, en tales casos, las formas son sostenidas sobre una viga piloto a lo largo del centro, estando un extremo sostenido por bloques sentados sobre el piso del vaciado anterior, el otro extremo soportado desde el piso original fuera del límite del nuevo vaciado.

Revestimiento de túneles en terreno blando - en los túneles en terreno blando el revestimiento de concreto a medida avanza cada día con la misma velocidad de excavación, es decir, en un día se revestirá lo excavado durante el día anterior; el procedimiento usual se hace excavando en dos turnos y colocando el concreto en el tercero. Sin embargo, en terreno más firme es posible posponer la colocación del concreto de uno a tres días, procurando que el revestimiento siga a corta distancia la excavación, lo cual disminuye la interferencia entre la excavación y la colocación del concreto. El largo de las formas y el metraje colocado en cada vaciado estarán gobernados por la distancia de avance diario en el frente, el cual es por lo regular de 4.50 a 7.50 mts.

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

Excavación y colocación de concreto simultáneo ocasionan algunos problemas, uno de los cuales es la necesidad de alguna clase de puente para pasar los carros con rezaga sobre el vaciado fresco del piso como el piso del vaciado rara vez tiene más de 7.50 mts. de largo, el puente puede consistir en dos vigas de acero sosteniendo la vía bloqueados en la parte de atrás del vaciado anterior y la parte de lantera sostenida por bloques en el piso delante del último vaciado, de esta manera se brinca la última sección colocada del piso.

Los puentes son movidos hacia adelante en armazones de madera sobre un chasis con ruedas y a menudo son también usados para pavimentar la nueva sección del piso.

En algunos casos es muy práctico vaciar una capa de concreto muy seco nivelándolo de modo que quede unos 4 cm. bajo el piso de proyecto inmediato, entonces se cubre este vaciado con madera, la vía se coloca sobre la madera, después el piso se rellena a la línea original del proyecto con una cubierta de mortero de cemento.

#### 1.2.5.2 TIPOS DE FORMAS PARA REVESTIMIENTO DE TUNELES

Hay una forma estructural llamada viajera ya sea de acero o de madera con caras metálicas que ha sustituido todos los otros tipos de formas para revestimiento de túneles, excepto el tipo de marcos y placas o marco y forro muy usado para el revestimiento de túneles en terreno blando cuando se usa el sistema de la viga piloto.

Existen varios tipos de formas viajeras, algunas son rodadas sobre vía ancha; otras son movidas por un viajero (vehículo) usando la misma vía de los carritos de concreto; algunos procedimientos de revestimiento de concreto permiten el uso de formas no telescópicas ya que por medio de un mecanismo facilita su separación de la superficie del concreto quedando espacio suficiente para ser movido longitudinalmente.

También se puede usar una forma telescópica, son aquellas que se pueden doblar para pasar a través de una sección donde hay formas ya colocadas. Este es el tipo más

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

usual para trabajos rápidos. En todos los tipos de formas-viajeras, las secciones deben estar armadas de tal manera - que permitan movimiento para separarse del concreto, deben estar equipadas con gatos para afianzarse y alinearse y deben sobre todo, ser suficientemente rígidos y fuertes para resistir distorsión bajo cualquier carga.

Para túneles construídos por el método de viga piloto, las formas son marcos transversales entre los cuales se colocan placas o forros de revestimiento que forman la superficie de la forma. Tales formas deben ser completamente desmenteladas y construídas después de cada vaciado.

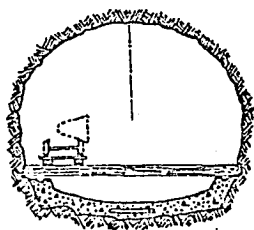
Una instalación típica de este tipo fue usada en las cañerías de Chicago. En otros tramos del mismo proyecto - una nueva forma modificada fue desarrollada, diseñada primera mente para ser usada como forma convencional movida por un viajero. Sin embargo, el terreno era tan malo que las vigas piloto eran indispensables y la forma debía ser desmantelada y armada a mano.

Formas separadas para paredes y arcos. Las estructuras separadas para el colado de paredes y arcos (fig. 11), fueron un problema hasta hace tiempo en que se hacía un arreglo normal para esta clase de formas en túneles, pero ahora se usa solamente en túneles extremadamente largos. Con este arreglo el piso puede colocarse primero; sobre el que se coloca la vía para mover dos formas laterales. Como la forma de la pared está abierta en la parte superior, es posible subir los carros de concreto por una rampa hacia una base superior del nivel de las formas, de manera que los carros se vacíen directamente en su lugar.

Anteriormente era necesario colocar a mano el concreto en las formas del arco, pero ahora las formas en arco son coladas por medio de un colocador de concreto o pistola, la cual se coloca bajo el viajero en tal posición que pueda ser cargada directamente desde el carro.

En este arreglo las formas del arco se colocan inmediatamente después de la unidad lateral.

Formas para colado de paredes y arcos en una sola vez. Estas formas también se llaman de unidad simple la cual es muy práctica y sencilla, muy usada en pequeños y me



COLOCACION DEL PISO

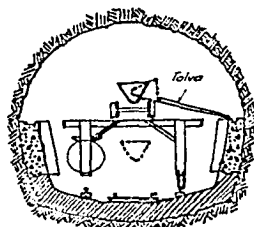
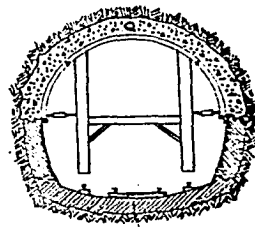
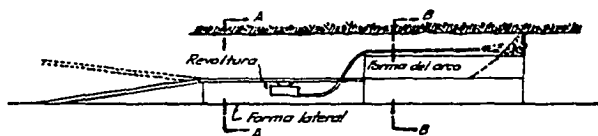
FORMAS LATERALES  
SECCION A-AFORMAS DEL ARCO  
SECCION B-B

FIG. Nº 11 FORMAS SEPARADAS PARA PARED Y ARCO.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

dianos túneles, siendo única en el colado de paredes y arco quedando revestido el túnel a todo lo largo, con la excepción del piso que es vaciado como una unidad posteriormente. Se deberá tener suficiente concreto para una vez colado el piso no tener ningún contratiempo ya colocadas las formas del arco.

Lo más común es vaciar una guarnición de 15 a 20 cms. de alto en la base de cada pared al mismo tiempo que es colado el piso, una tabla de 2" x 6" de canto servirá como forma para la guarnición, pero debe colocarse en perfecta alineación con la cara interna de la pared en la base, así cuando la forma de arco sea colocada en contra de la guarnición, automáticamente estará alineada correctamente, las formas del arco deben montarse en la guarnición para permitir que la corona del arco sea colocada perfectamente, aún en el caso de que el piso esté desnivelado. El uso de una guarnición también evita la separación de las formas laterales y se hace una mejor colocación y afianzado de éstas.

A continuación se describen los diferentes tipos de estas formas:

Formas telescópicas. - Las formas telescópicas son construidas en secciones unidas por brigadas, para permitir que la unidad posterior sea contraída y retirada a través de formas ya colocadas sin molestar los soportes (fig. 12). Existe un tamaño límite práctico para la construcción de formas telescópicas, pues en túneles de diámetro mayor de 6 mts., las secciones unidas por pernos llegan a ser tan pesadas que se necesita equipo especial para levantarlas. No puede haber soportes transversales en formas telescópicas. Por lo tanto, toda deflexión en la estructura de la forma debida a cargas desiguales deben ser resistidas por los marcos de la forma.

El viajero está equipado con gatos para movimiento vertical y palancas para plegamiento horizontal aunque ordinariamente el viajero hace uso de la vía de los carros de concreto, también puede ser construido de tal manera, que se pueda mover sobre una vía ancha, quedando la vía angosta en medio, para así permitir el libre paso bajo la plataforma del viajero a los carros de rezaga hacia afuera o a los carros de concreto hacia adentro.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

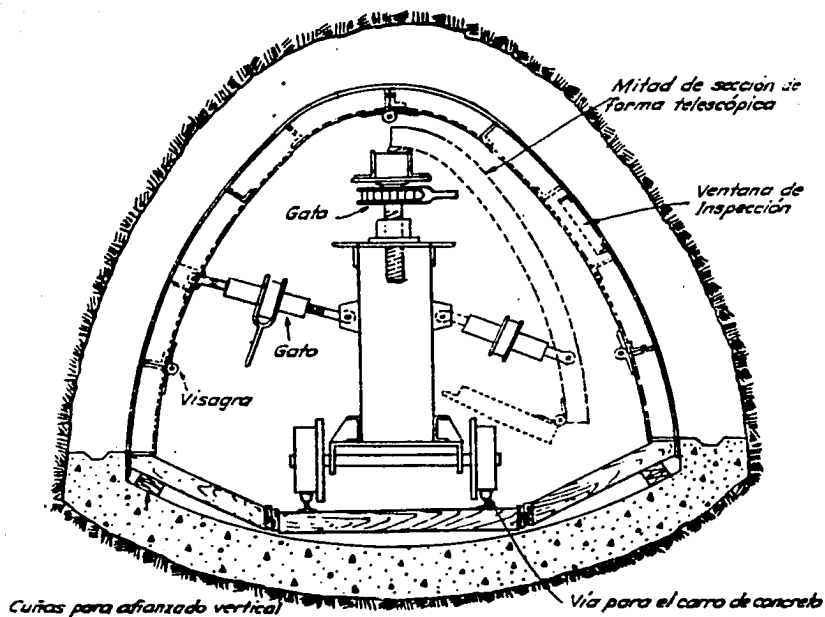


FIG. N.º 12 FORMAS TELESCÓPICAS

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

Formas de todos tipos están equipadas con varias --  
puertas para que el progreso del revestimiento pueda ser --  
observado. Es práctico generalmente espaciar las puertas --  
en la corona cada 1.50 mts. de centro a centro y las puer --  
tas laterales cada 3.000 mts. Las puertas deben ser amplias,  
como de 40 x 80 cms. para poder pasar por ellas harramien --  
tas o tramos de tubo, deben estar unidas por pernos a su --  
marco, de otra manera pueden ser extraviados, resultando en  
pérdida de tiempo y desequilibrio en el presupuesto.

Formas para revestimiento contínuo.- En los últimos  
años la mayoría de los túneles más largos han sido recubier --  
tos por el método contínuo (fig. 13). En este sistema los --  
agregados son mezclados en el túnel y colocados directamen --  
te en las formas sin necesidad de transportación. Las formas  
son del tipo telescópico en unidades de 6 a 9 mts. de --  
largo, el equipo para colocar el concreto se mueve a medida  
que las formas se llenan y cuando se ha terminado se retira  
lo suficiente para permitir la colocación de una nueva forma,  
regresando luego a una posición adecuada para el relle --  
no de la nueva forma.

En este sistema de revestimiento los viajeros deben --  
tener propulsión propia y deben estar equipados con gatos --  
hidráulicos para plegar las formas, así como pequeños mala --  
cates para levantar las secciones laterales inferiores.

Este método elimina el uso de mampara y utiliza el --  
equipo de revestimiento en su mayor eficiencia. Sin embargo,  
requiere una muy cuidadosa planificación de todas las opera --  
ciones, incluyendo el acarreo de los agregados premezclados  
en seco para evitar costosas demoras.

Economía de las formas de acero.- Las formas de ace --  
ro cuestan tres o cuatro veces más que las formas de madera  
pero por lo regular se requiere una forma de madera más lar --  
ga para obtener el mismo avance, en general las formas de --  
acero se usan aproximadamente como 30 veces antes de que --  
sus ventajas en ahorro de trabajo se sobrepongan a su más --  
elevado gasto inicial. Por lo tanto, túneles pequeños en --  
menos de 300 mts. de largo pueden revestirse más económica --  
mente haciendo uso de formas de madera, lo cual no siempre --  
es verdad en túneles grandes, donde las formas de madera --  
llegan a ser tan bromosas que las formas de acero pueden --  
igualar su costo en ahorro de trabajo, con sólo ser usadas --  
como 15 veces.

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**



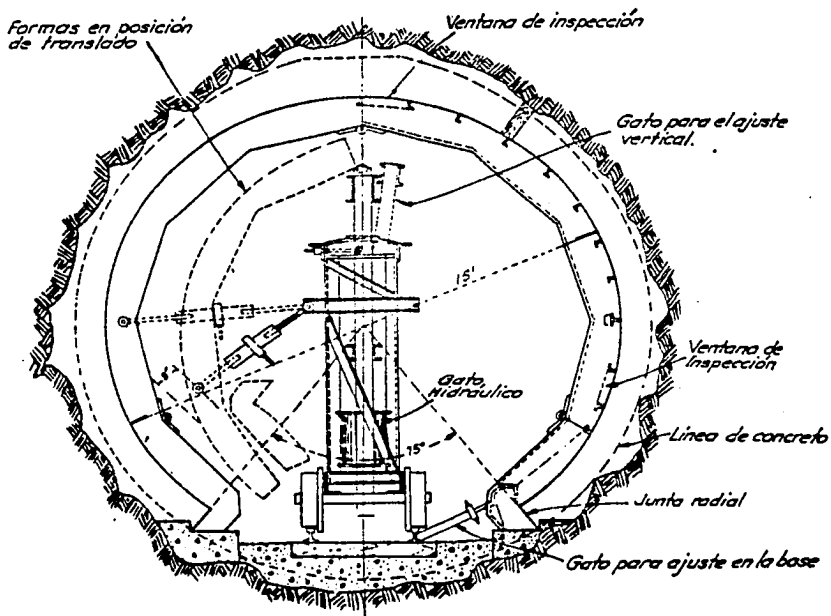


FIG N.º 13 FORMA CONTINUA

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Hay una forma compuesta, revistiendo con forros de madera sujetos a un armazón metálico por medio de tornillos. A menudo es práctico y económico en túneles cortos usar marcos de acero, siendo posible el construir una forma telescópica que no sería práctica si se usaran marcos de madera. Las formas de acero dan al revestimiento de concreto un acabado mejor que el que puede ser obtenido con madera, aún cuando esta sea lijada y aceitada, bajo estas circunstancias el revestimiento cuando es un forro de madera deberá ser repuesto después de cada 12 o 15 usos, sin embargo si el concreto es disparado para su colocación en la forma, el impacto del concreto puede dañar la forma de madera, por lo que tenga que ser repuesto después de 8 usos como máximo.

Afianzado de las formas. - Las formas para túneles ya sean de madera o de acero, deberán estar firmemente afianzadas para evitar todo movimiento o deformación. Las telescópicas deben ser afianzadas e inmovilizadas de tal manera que los refuerzos no interfieran en el movimiento de una forma plegada, ni cuando sean colocados en la posición de vaciado, algunas veces los refuerzos son colocados contra los durmientes, pero es siempre mejor poner una viga continua en los extremos de los durmientes y colocar luego los refuerzos en esta viga. Esta viga evita el deslizamiento lateral de un grupo de refuerzos al ser aplicada la carga, por lo que los refuerzos generalmente se cortan 10 cm. más chicos para permitir el uso de cuñas. Hay un gato especial llamado trinchera, que ha sido diseñado para afianzar las formas, el cabezal de este gato se coloca entre la parte inferior del marco y la base del gato se apoya en el alma del riel de la vía de transporte en uso, el otro gato se coloca entre los rieles como un puntal para evitar que las paredes se junten.

Anteriormente se mencionó la conveniencia de una guarnición vaciada con el piso en contra la cual se coloca la forma de acero, de no hacer esta guarnición será imposible colocar los refuerzos con presión, ya que de otra manera al colocarse la forma sería empujar sin poderla bloquear eficazmente. Es muy común que al colocar aproximadamente 60 cms. de concreto sean acuñadas firmemente las formas, colocándose varios refuerzos siempre contra el techo del túnel, desde la parte superior de la forma. Estos refuerzos evitan que la forma flote o ruede, pudiéndose retirar con seguridad cuando la forma esté casi llena.

Hay un método muy satisfactorio que consiste en ator

nillar la forma al concreto del piso y particularmente en túneles circulantes. Se usa un tornillo cónico especial -- (fig. 14) para colocar una tuerca de anclaje y rondana en el concreto, este tornillo debe engrasarse muy bien, pues tan pronto como el concreto haya fraguado, este tornillo se retira dejando la tuerca ahogada en el piso y cuando la forma del arco se coloca se usará un tornillo para asegurar la parte interior de la forma, ajustándola en dicho piso. Estas tuercas ahogadas deberán localizarse exactamente, puesto que solo tienen un juego muy limitado y la rondana exterior de sujeción.

Mamparas de contención. - Se debe construir una mampara de contención en la parte delantera de cada forma antes del vaciado (fig. 15), la cual es atornillada en un fierro ángulo al marco delantero de cada forma, usando tornillos de 76.2 mm (3") de largo espaciados entre sí 45 cms. -- Se colocan tablas de cualquier tamaño insertadas a través de la ranura dejada entre el ángulo y los marcos hasta que tocan en la roca, estas tablas son de diferentes anchos de manera que se puedan hacer coincidir los lados, solamente en donde hay tornillo habrá que hacer una muesca en la orilla de la tabla con un hacha para permitir que dichas tablas queden juntas, haciéndose necesarias también tablas triangulares para que dicho mamparo tome una forma radial aproximada. Cuando el grueso del concreto es mayor de 45 cms. este tipo de mamparo necesita otro soporte, por lo que deberán afianzarse exteriormente las tablas al túnel, dejando una abertura de 30 a 45 cms. en la parte superior para la descarga del concreto y para la salida del aire. Esta abertura deberá estar lo más alto posible para evitar que la forma sea llenada parcialmente.

Al empezar un trabajo la primera forma llevará dos mamparas, una de ellas, la posterior, debe tener una resistencia en la corona y debe estar muy bien anclada para que resista la descarga del colocador del concreto.

Hay también mamparas de metal, las cuales raramente son prácticas en trabajos de túneles, ya que son demasiado pesadas para ser manejadas convenientemente y es difícil -- construirlos de manera que puedan ser rápidamente ajustados a las condiciones de cada caso.

Juntas. - Las construcciones de las juntas son siempre una molestia para el contratista, ya que su colocación y forma de sostenerlas es difícil, la figura 16 muestra va-

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

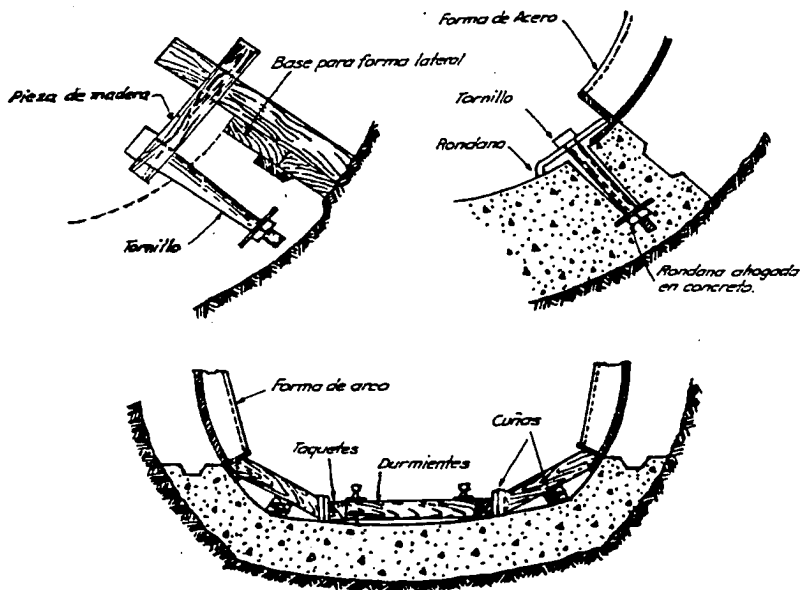


FIG. N.º 14 METODO ATORNILLANDO LA FORMA AL PISO

TESIS CON  
 FALLA DE ORIGEN

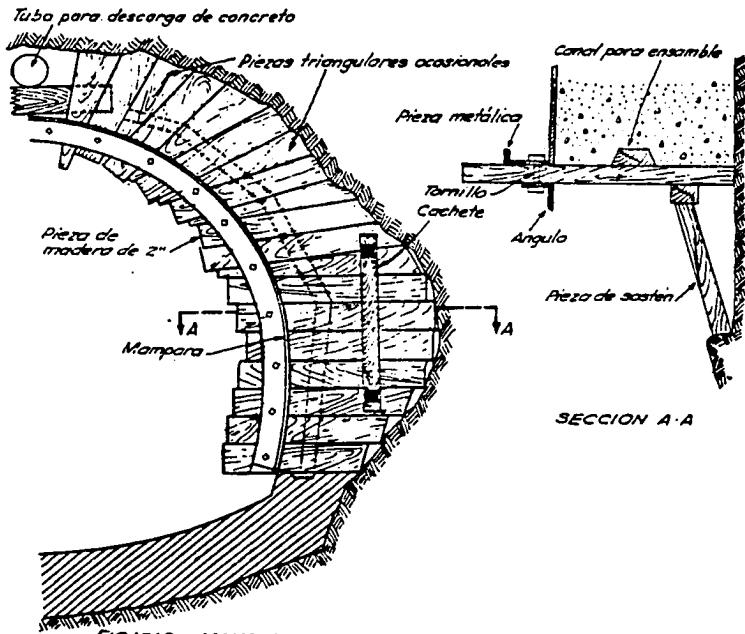


FIG. Nº 15 MAMPARA PARA LOS EXTREMOS

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

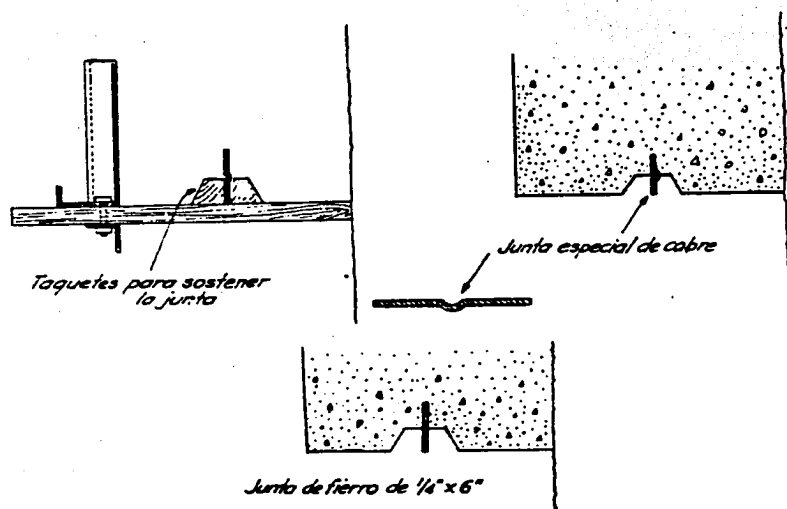


FIG. N.º 16 VARIOS TIPOS DE JUNTAS.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

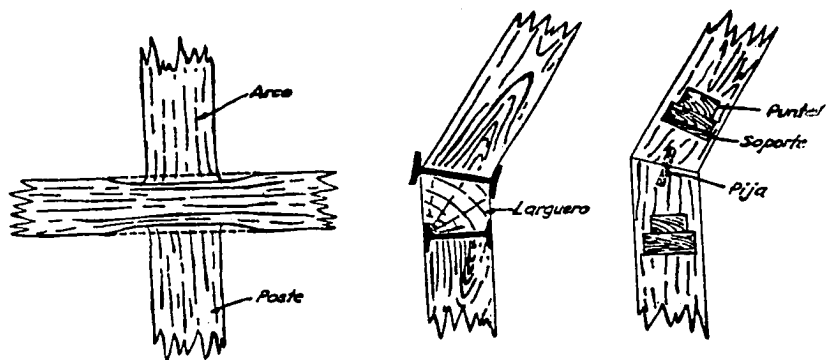
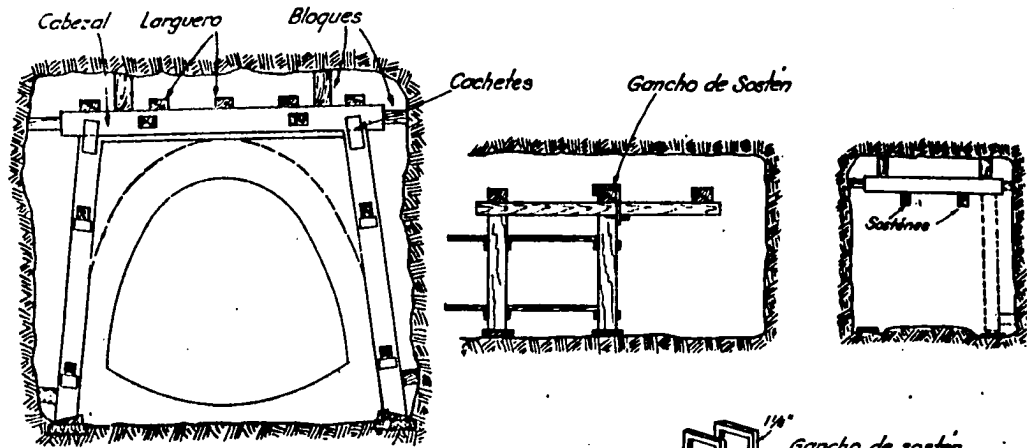


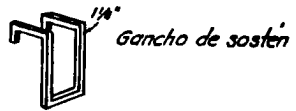
FIG. N.º 16 JUNTAS TÍPICAS ENTRE POSTES Y ARCOS.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



JUNTA TÍPICA DE POSTE Y CABEZAL

FIG. N.º 16



TRES CON  
 FALTA DE ORIGEN



rios métodos para la colocación de diferentes tipos de estas juntas para evitar el paso del agua.

Un tipo de junta consiste en una tira de cobre calibre 16 de 15 a 20 cms. de ancho y doblada para formar un ángulo, ésta es clavada ligeramente a la mampara para ser enderezada después de que la mampara sea quitada. Como se verá esta junta de contención debe colocarse en pequeños tramos rectos, pues el ala clavada sobre la mampara debe correrse al ir dando curva, así al enderezar la tira de cobre deberá tenerse cuidado de soldar todos los cortes.

Otro tipo de junta es una lámina de cobre colocada en una tira de madera y cuando ésta es quitada la placa queda en posición correcta, las juntas de cobre no deben ser muy anchas, pues la porción saliente se puede doblar al vaciarse el concreto.

Estas juntas también pueden hacerse de una aleación de cobre y acero en soleras de 6.35 mm (1/4") o de 9.5 mm (3/8") de grueso. Deberán también evitarse diseños de juntas que ameirten la mampara en secciones, pues dan lugar a una discontinuidad de las juntas.

Mezclado y colocación de concreto. - La planificación cuidadosa de una planta de concreto y de los métodos de operación según las situaciones particulares es muy importante.

Existen varios arreglos posibles para la planta, uno de los cuales demostrará ser más económico para cada trabajo específico. El concreto puede ser mezclado en la parte superior de un tiro y dejado caer a través de un tubo hasta un recipiente colector en el nivel del túnel; o la revolve dora puede estar colocada en la parte inferior y alimentada por cargas premezcladas en seco por la parte superior del tiro y dejadas caer por medio de un tubo; en ambos casos, el concreto ya mezclado será transportado hasta las formas por medio de vagonetas en túneles que se construyen desde los portales. La mezcladora puede estar colocada fuera del túnel y el concreto transportado en vagonetas hasta el vaciado o bien agregados premezclados en seco pueden ser transportados hasta la mezcladora, en este caso colocada en donde se haga el vaciado. En los túneles cercanos a la superficie es posible algunas veces perforar y colocar tubos desde la superficie hasta el túnel, en varios puntos, a través de los cuales puede ser dejado caer ya sea el concreto-

listo para usarse o cargas de agregados premezclados en seco. En todos estos casos, exceptuando claro está, situaciones donde la mezcladora está dentro del túnel; bien se puede usar concreto mezclado en tránsito. Cuando se usa el acarreo del concreto en vagonetas, colectores del almacenamiento en un punto de carga acelerarán el vaciado en las formas y así será acelerado el ritmo de las operaciones de vaciado.

Comunicaciones telefónicas o de cuerda y campana entre el punto de vaciado y la mezcladora son esenciales para tener una operación uniforme y satisfactoria.

Acarreo de concreto.- El carro o vagoneta con fondo en V capaz de volcarse lateralmente sobre un eje longitudinal, es probablemente el mejor tipo de carro en uso para el acarreo del concreto desde el lugar de mezclado hasta el punto de vaciado.

En este tipo de carro hay tendencia a segregarse, cuando es vaciado de golpe, por lo que debe corregirse al ocurrir.

En algunas obras grandes se han usado tinas de 1.52-m<sup>3</sup> montadas sobre carros plataforma, requiriendo esto un tipo de agua para levantar las tinas, a menos de que puedan ser vaciadas a través de una abertura en el piso de la plataforma.

Deben evitarse largos acarreos, haciendo el mejor uso posible de cuanta abertura hacia el exterior exista para entrega de concreto, por lo que en túneles casi superficiales, de ser posible, se harán perforaciones para que con tubos se haga llegar el concreto rápidamente a las formas.

Mezclado en túneles.- En túneles largos, resulta más económico el mezclar el concreto dentro del mismo. La mezcladora puede ser colocada sobre una plataforma móvil o puede colocarse directamente sobre un armazón especial o bastidor de algún carro de rezaga para que corra sobre la vía existente. El mezclado en túnel tiene la gran ventaja de cargar el concreto en la pistola sin que haya ocurrido segregación y en caso de una demora, la mezcladora puede ser parada instantáneamente. Sin embargo, esta es una operación que origina mucho polvo, además de que la mezcladora

## TESIS CON FALLA DE ORIGEN

27

es generalmente tan grande que bloquea el túnel y no permite que otras operaciones se lleven a cabo.

La mezcladora se alimenta ya sea por medio de una banda transportadora sobre la cual las cantidades de agregado sean vaciadas desde vagonetas de volteo o haciendo uso de una pequeña grúa viajera, la cual recoge tinajas de agregado en proporciones correctas que fueron transportadas sobre carros plataformas hasta el punto de mezclado.

Este último sistema implica más manejo y tardanza, por lo que es poco usado. Las mezcladoras para túnel tienen por lo regular 0.76 m<sup>3</sup> de capacidad.

Vaciado o colocación manual. - Colocado de concreto a mano; raramente se usa, excepto en túneles muy pequeños o muy cortos; para formas diseñadas para colocado a mano deben estar recubiertas por placas y en secciones móviles, las cuales pueden ser colocadas una a una a medida que el colado va subiendo. Ordinariamente el recubrimiento en las formas está colocado en los marcos hasta una altura de 1.20 mts. antes de empezar a vaciar.

Para un túnel mediano, digamos de 3 x 3 mts., dos hombres pueden trabajar, uno en cada lado, para cada 1.20 mts. de forma. El concreto es vaciado en el piso y los operarios lo colocan en palas detrás de la forma, añadiendo las placas de forro según sea necesario. Esta operación se hará rápidamente si el concreto puede ser colocado sobre el piso al alcance de los paleros y evitando amontonamiento. Cada hombre puede colocar, a mano de 3/4 a 1 m<sup>3</sup> por hora. Las formas para colocación de concreto a mano en túneles grandes están diseñadas con una plataforma lo más alta posible, sobre la cual las vagonetas pueden ser elevadas de nivel por medio de una rampa, pudiendo llevar formas de las paredes en un vaciado directo, claro que para el vaciado de la corona es la operación más tediosa para su colocación a mano, pues únicamente puede trabajar un solo hombre.

Colocación de concreto por medio de bombas. - La colocación de concreto por el método "pumpcrete" ha sido bastante usada con éxito en muchos túneles de reciente construcción. Dicha máquina consiste en una o dos bombas de acción simple, descargando el concreto por una tubería de 177.8 mm (7") u 203.2 mm (8"). Esta bomba descarga un promedio de 19 m<sup>3</sup> (25 yd<sup>3</sup>) por hora, la unidad doble descarga aproxima-

## TESIS CON FALLA DE ORIGEN

28

damente 30.4 m<sup>3</sup> (40 yd<sup>3</sup>) por hora. El concreto se descarga en el extremo de la tubería en una forma lenta pero cont - nua, lo que hace que el concreto se maneje fácilmente cuando se estén vaciando ya sea pisos o paredes, esta velocidad lenta no permite un apropiado relleno en la corona, a menos que el extremo de descarga de dicha tubería esté profunda - mente enterrado en el concreto recién colocado, por lo tanto es costumbre el insertar también una tubería de aire compri - mido en la de descarga a unos 15 mts. del extremo. Aproxima - damente cada cuarto de golpe del émbolo de la bomba debe - rá abrirse la llave del aire y el concreto será arrojado a gran velocidad, el consumo del aire que se requiera será - muy pequeño.

Por lo regular la bomba de concreto se coloca afuera del túnel, siendo introducida únicamente la tubería de des - carga para ser colocada directamente en la forma, puesto -- que no existe acarreo para mantener la máquina en operación, se puede continuar con la perforación y rezagado sin ningun - a interferencia con el vaciado y viceversa. El límite - práctico para descargar el concreto por este método es con - siderado aproximadamente de 300 mts.

Cuando se termina el vaciado deberá tenerse cuidado - de limpiar la tubería por medio de un artefacto semejante a un tapón, el cual es forzado a recoerir la tubería por medio de la presión de agua que se inyecta hasta que aparece en el otro extremo donde se extrae, permitiendo que el agua escape. Esta bomba tiene varios inconvenientes ya que el - concreto es sumamente abrasivo y los costos de mantenimiento son altos. La cantidad de concreto en un vaciado se debe - rá calcular cuidadosamente, pues una vez que se haya in - troducido el tapón es practicamente imposible tratar de co - locar alguna cantidad adicional para cubrir pérdidas.

Colocación continua. - La colocación continua única - mente ha resultado ser muy económica en el revestimiento de largos túneles, ya que con éste sistema dicho revestimiento es llevado a cabo en una forma continua durante todo el día y semana tras semana. En Estados Unidos de Norteamérica se han alcanzado records admirables en las secciones del acue - ducto de Los Angeles, Calif., en que se hacían revestidos - de 1,5000 mts. como promedio en un mes. Para la colocación continua las formas serán preferentemente de tipo telescópi - co y suficientes tramos de forma de 6 a 9 mts. de largo, pa - ra poder hacer un buen vaciado continuo y poder retirar las formas del concreto fraguado teniendo algunas colocadas. -- Las estructuras viajeras deberán estar equipadas con los --

gatos hidráulicos necesarios para doblar, mover, colocar y cambiar de lugar las formas rápidamente. En los túneles con sección en herradura generalmente su piso es vaciado al último. Con este método de revestimiento se hace necesario una construcción cuidadosa de la guarnición quedando debidamente alineada, vaciada y nivelada, de tal manera que al colocar dicha forma sobre la guarnición, ésta quede correctamente alineada (fig. 17). Con este método podrá colocarse la tubería de descarga sobre la corona, pudiendo cambiarla de lugar a medida que la máquina se mueve, esta tubería deberá ser suficientemente larga para tener el extremo de descarga como a dos tramos de distancia de la máquina, con esto habrá tiempo suficiente para permitir colocar nuevas formas estando la máquina en movimiento, evitando también que el concreto escurra fuera de las formas ya colocadas. Este método tiene la ventaja de no hacer uso de mamparas de contención, a excepción hecha cuando el trabajo se termina, o sea, en el tramo final; generalmente la distancia a que se mueve la unidad colocadora es la misma que se ha colocado de forma.

Suponiendo que se requieran 7.50 m<sup>3</sup> por metro lineal de tunel y que la revolveradora pueda proporcionar 22.50 m<sup>3</sup> por hora, se tendrán cada hora 3.00 mts. lineales de túnel, y cada 3 horas será indispensable colocar una forma de 9 mts en su nueva posición; el progreso diario será de 72 mts. lineales de túnel, debiendo permanecer colocadas las formas 16 horas, de ahí que se requieren 8 formas de 9 mts. de largo. Cuando el arco se ha terminado de vaciar se procederá con el vaciado del piso, generalmente dos turnos se dedican a desmontar la vía usada para el acarreo de concreto y la limpieza de la rezaga que aún haya quedado entre la vía mencionada y la guarnición, formando ahora parte del arco; dicho vaciado del piso se hará en un turno colocando de 180 a 300 metros lineales en un día.

El revestimiento continuo será económicamente aplicable únicamente en túneles largos, ya que se requiere mejor equipo y obreros más experimentados en estas operaciones, las que previamente han sido planeadas cuidadosamente, ya que cualquier error resultará sumamente costoso.

**Vibrado.** - La vibración de concreto raramente es usada en el revestimiento de un túnel, de usarse se hará a través de ventanas en la forma, lo cual es muy difícil cuando se trata de túneles chicos o cuando existe algún refuerzo que lo impida; dicho uso de vibradores de no hacerse por obreros experimentados a menudo mueve las formas.

TESIS CON  
LLA DE ORIGEN

PA  
CON  
ORIGEN

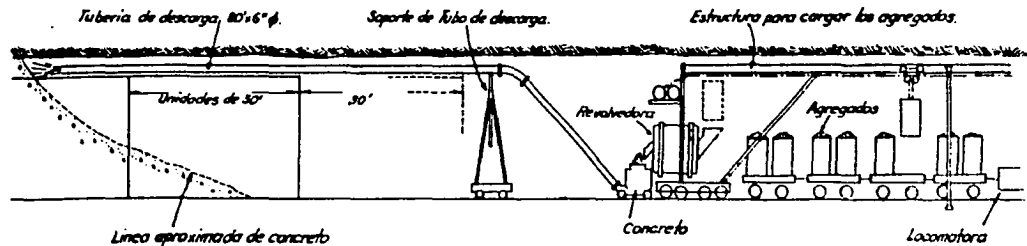


FIG. N.º 17 COLADO CONTINUO CON FORMAS CONTINUAS

29-A

## TESIS CON FALLA DE ORIGEN

30

El verdadero objeto de la vibración es consolidar el concreto llenando las especificaciones requeridas. Generalmente el concreto para paredes y arcos en un túnel debe de ser bastante húmedo, requiriendo además mezclado apropiado y correcta colocación.

Vaciado del piso.- Por lo regular el vaciado del piso es más difícil de lo que parece, siendo el método más simple el construir un puente desde el cual el concreto pueda ser vaciado con un mínimo de labor manual. En algunos casos cuando dicho piso es plano y ancho deberá vaciarse en tramos no muy largos y únicamente a la mitad, pudiendo mover la vía de transporte de un lado a otro, según el que se esté vaciando, siendo dicho cambio cada 24 horas.

Con la máquina "Pumpcrete" se hace un vaciado más sencillo, colocando la tubería de descarga sobre caballetes de madera lo suficientemente altos para poder hacer uso de un pequeño inclinado que servirá para distribuir el concreto en ambos lados del túnel, empezando en un extremo lo más lejos posible y quitando tramos de tubería y caballetes a medida que el trabajo avanza. El colocado de un piso por medio de un colocador neumático se llevará a cabo en la misma forma, con la diferencia de usar una descarga lateral en el extremo de la tubería.

Tubería de concreto.- En algunos trabajos es requerida por especificaciones el uso de tubería de concreto para que haga las veces de revestimiento; dicha tubería en estos casos no podrá ser colocada hasta que la perforación y construcción del túnel ha sido totalmente terminada de la do a lado, la rezaga deberá haber sido completamente limpia da comenzando la colocación de la tubería en un extremo del túnel o en la mitad, en este caso se colocará hacia ambos lados.

En la colocación el primer paso que se dará será colocar una vía de 24" de ancho alineada y nivelada con sumocuidado, ya que será permanente y servirá como base a la tubería. Los tramos de tubería son llevados desde el portal en carros especiales con una base adecuada más grande que la sección de la tubería. Dicha sección está apoyada en una viga que puede ser elevada o bajada por medio de dos gatos mecánicos. Cuando el carro plataforma llega a su lugar correspondiente, los gastos se bajan permitiendo que la nueva sección descansa sobre la vía, retirando a la vez el carro plataforma, también un malacate portátil llamado cangrejo, el cual es anclado en la parte del túnel ya terminada,-

es usado para arrastrar el tramo de tubería hasta su perfecto contacto con la junta de campana del tramo anterior. Las juntas de dichos tramos deben ser de un tipo tal que puedan ser sellados desde adentro, ya que rara vez queda espacio en la parte exterior entre la tubería y el túnel lo suficientemente amplio para que un operario trabaje. Una vez colocada dicha tubería es necesario rellenar el espacio dejado entre la tubería y la roca, usando generalmente concreto para este relleno; dicho proceso consiste en ensamble como unos diez metros de tubería y entonces construir un mamparo de madera, depositando el concreto con un colocador neumático. Recientemente se ha hecho una innovación usando tierra para el relleno y en algunos casos se ha hecho una mezcla con una parte de cemento por diez de tierra, esta mezcla se coloca y apisona a mano alrededor de cada tramo a medida que estos son colocados.

## 1.2.6 BARRENACION

Para que esta operación tenga éxito debe diseñarse cuidadosamente según la textura de la roca, homogeneidad y calidad de la misma, hoara bien, para que cada barreno (perforación hecha en la roca), haga un papel adecuado y obre debidamente en conjunto, debe tener una profundidad y dirección, determinadas por el éxito en las tronadas anteriores, es decir, el proyecto de una barrenación nunca es teóricamente calculado.

Perforación a mano.- Generalmente ésta se hace con herramientas que atacan el material por percusión o rotación. Entre las más usadas de rotación pueden citarse las barras giratorias o taladros de mano y las cucharillas, que pueden montarse sobre tripies. o columnas especiales.

La perforación de barrenos a mano por el método de percusión se hace utilizando barras de punta, las cuales son hincadas a presión, a golpe de marro.

Estas barras son de acero sólido, circular y de sección entre 1 y 1 1/2", las cuales al ser hincadas a presión se extraen con la ayuda de gatos de ferrocarril, por lo mismo queda su uso restringido únicamente en terrenos suaves como arcillas, pizarras blandas, tierras compactas.

Para rocas de gran dureza o dureza media, generalmente se utiliza la barra accionada a golpe de marro, la cual-



es trabajada por dos hombres, uno de ellos sostiene la barra levantándola y girándola ligeramente y el otro golpeando la cabeza con un marro a medida que su compañero la levanta.

En este caso se utiliza acero de sección hexagonal - octagonal o circular y de diámetro que varía de 7/8" a 1 3/4" y su longitud varía desde 0.50 mts. hasta 2.50 mts., sustituyendolos en forma progresiva a medida que la perforación avanza. Los marros generalmente pesan 2.72, 3.63 ó 4.53 kg (6, 8 o 10 lbs.). Esto de acuerdo con la constitución física del individuo y la posición en que se vaya a hacer el barrenado.

Para limpiar el polvo y las partículas que caen dentro del barrenado, es necesario vertir un poco de agua de vez en cuando, formándose lodo que es extraído con los movimientos de la barra o por medio de cucharillas especiales.

Perforación mecánica. - Esta ha desplazado completamente en obras de cierta importancia al método de perforación a mano, pudiendo clasificarse como sigue:

1. Perforadoras de martillo.
2. Perforadoras rotatorias.
3. Perforadoras de acción directa usadas en obras marítimas.

Perforadora de martillo. - Estas máquinas son accionadas por aire comprimido, las cuales atacan el material por medio de una barra que tiene en uno de sus extremos una broca especial atornillada o a presión. Esta barra en algunos casos en lugar de la broca lleva incrustada una pastilla de tungsteno o alguna aleación especial lo suficientemente resistente para poder romper el material. Las piezas principales que forman la máquina son: el cilindro o caja de la máquina, cuya forma interior también es cilíndrica -- en la cual se desliza el émbolo, la parte inferior de ésta llamada martillo es la que golpea en la cabeza de la barra de ataque; la acción del aire que pasa por un sistema de válvulas de control provoca su movimiento; un mecanismo llamado de rotación hace que la barra gire en cada golpe, evitando que la broca se atasque en el interior del barrenado.

La operación de estas máquinas se hace en la mayoría

## TESIS CON FALLA DE ORIGEN

35

de los casos con la ayuda de inyección de agua con objeto de eliminar el polvo, esta inyección de agua se lleva a cabo por el interior de un tubo llamado "aguja" que penetra desde la cabeza de la máquina por el centro del émbolo hasta la barra, la cual la conduce hasta la broca; el gasto de agua es controlado por una llave colocada en el tubo alimentador de la máquina.

Estas máquinas perforadoras pueden estar montadas sobre carros, soportes especiales, barras o simplemente sostenidas a mano.

De acuerdo con su peso pueden clasificarse en ligeras de 12.50 a 14.50 kgs., medianas de 15.8 a 22.5 kgs., pesadas de 25 a 28 kgs., y muy pesadas que llegan hasta 38 kgs. en algunos casos excepcionales llegan a usarse hasta de 57-kgs.

Soporte neumático (pierna).- Este soporte va unido a la máquina por medio de una pieza especial denominada montura. Es accionada por medio de aire comprimido y consta de un tubo de acero cerrado en sus extremos interior y abierto en el otro, en su interior lleva un cilindro (columna de acero), que es empujado hacia el exterior al aplicar la presión de aire que es aumentado a la pierna mediante un sistema de válvulas; todo esto ajusta perfectamente por medio de empaques especiales. La parte superior de la columna tiene una junta o nudo en donde va atornillada la pieza especial que mencionábamos anteriormente; en la parte superior del cilindro es donde se encuentra la conexión para la manguera de alimentación de aire y la válvula que controla la entrada de éste, está provista de un botón que permite expulsarlo rápidamente a criterio del operador; con el fin de regresar la máquina a una posición determinada.

Ventajas del uso de la pierna neumática.- La máquina equipada con este equipo puede hacer con un solo operador lo que harían con la misma máquina dos hombres. Ayuda a sostener la máquina en su posición de ataque por medio de la regulación de aire, haciéndola avanzar conforme se profundiza el barreno, llegando a incrementarse el rendimiento hasta en un 50%. Los gastos de mantenimiento de las máquinas se reducen notablemente por la razón de que la máquina es mantenida en forma apropiada y posición de ataque correcto, siendo el esfuerzo que se produce en el frente de la máquina reducido con el uso de este equipo que la sostiene balanceando su peso, por lo cual el desgaste de las brocas-

o pastillas es mínimo y disminuye el costo de conservación del equipo. También pueden usarse máquinas más pesadas con mayor velocidad de perforación en barrenos horizontales que sin el uso de este equipo resultaría impráctico, debido al gran esfuerzo que hay que desarrollar para mantenerla en posición de ataque. Por último absorbe el retroceso de la perforadora haciendo avanzar con su empuje.

La pierna neumática trabaja generalmente formando un ángulo de 35° con la horizontal, lo cual no ocurre siempre, ya que en algunas ocasiones se barrena sobre la rezaga y -- también cuando se hacen los barrenos inferiores (denominados arrastrados).

Perforadoras montadas en carro (Wagon Drills). - Las máquinas montadas en carro constan de un carro propiamente, el mecanismo de avance y la máquina perforadora. El carro está formado por un chasis o soporte tubular de acero hueco en forma de "U" con la posición abierta colocada hacia el frente de la máquina, sostenida frontalmente por dos ruedas y una reuda posterior más chica montada en baleros con un mecanismo que permite girar las ruedas delanteras 90° hacia uno y otro lado, así como un giro completo de 360° en la rueda posterior, con estos movimientos puede transportarse a cualquier lado y en cualquier dirección sin cambiar su orientación, el chasis tiene dos cuñas de acero las cuales sirven para fijar el carro en el piso y movilizar la máquina durante el trabajo de perforación; sobre él se encuentra un mecanismo elevador de avance que gira por medio de unos baleros colocados en la parte inferior y que puede elevarse o bajar cambiando su inclinación por medio de un malacate accionado a mano.

El mecanismo de avance y la pistola tienen las mismas características de las anteriormente mencionadas. Estas máquinas se emplean en trabajos muy especializados, lográndose un avance rápido en la barrenación por su fácil manejo y gran movilidad.

Jumbos. - Son carros de 4 o más ruedas que transportan un sistema de varias máquinas perforadoras, montadas con todos sus accesorios. Son muy usadas en la perforación de grandes túneles, llevando a cabo la barrenación frontal con extraordinaria rapidez y retirando todo el equipo de perforación en una sola operación. En general los jumbos están formados por una gran plataforma que descansa sobre un sistema de 4 ó más ruedas, las cuales deslizan sobre la vía usada para la extracción del material. Sobre la plata-

forma, que puede ser de varios pisos de acuerdo con la sección de túnel, se montan las máquinas perforadoras cada una con su avance propio. Algunas veces tienen un recipiente con aire comprimido, el cual alimento a las máquinas así como lubricadores de línea, tanque de agua, caja de herramientas, motor de propulsión y cantidad de aditamentos que permiten mayor eficiencia y aceleración en el trabajo. No es recomendable en túneles de secciones pequeñas.

Barras.- Este instrumento de ataque de la perforadora de martillo es de sección circular, cuadrada, hexagonal u ortogonal, todas ellas huecas. Hay una variedad muy grande en las calidades de acero según el fabricante de que se trate. Estos usan aceros al carbón 70% a 90%, aceros especiales (carbono 1.00%, cromo 1.26%, vanadio 0.10%, manganeso 0.32%, molibdeno 0.30%).

Los diámetros más usados son 3/4", 7/8", 1", 1 1/8", 1 1/4", 1 1/2", con cualquiera de las secciones mencionadas anteriormente. En estas barras se distinguen 3 partes principales: el zanco, el cuerpo y el botón del extremo de ataque. Hay tres tipos diferentes de zancos que son: zanco de espiga, zanco de cuello y zanco de oreja.

El botón del extremo de ataque era forjado hace algunos años en la misma barra en forma de punta, en la actualidad se usan brocas intercambiables que se atornillan al extremo de la barra o entran a presión (cónicas), también han dado muy buen resultado últimamente algunas barras de fabricación sueca que traen incrustada la pastilla del tungsteno formando parte de la misma barra (vienen de diferentes formas: biesel, cruz, etc.).

Consumo de aire en máquinas perforadoras.- Debido a la gran variedad en los tipos de válvulas, pistones y número de golpes por minuto existentes entre las diversas marcas y modelos de pistolas, las variaciones de consumo de aire son muy grandes, variando también el aire requerido en una misma pistola con el tipo y dureza del terreno. En condiciones normales de operación, las pistolas usarán de 4.8 a 6.2 m3. de aire por minuto, dependiendo del tamaño de la máquina y del sistema de avance. El consumo de aire también es mayor a mayor altura sobre el nivel del mar.

Cuando determinado número de pistolas se alimentan de la misma planta compresora, hay muy pocas posibilidades de que todas operen a la vez, por lo tanto no será necesario calcular la capacidad del compresor para el número exacto de pistolas que alimentan.

El número de perforadoras depende de la superficie del frente, del número de barrenos a perforar por ciclo y de la dureza de la roca, también del número de frentes en que se vaya a trabajar. Generalmente se necesita una perforadora por cada 3 ó 4 m<sup>2</sup> de superficie. La presión a que trabajan varía de 4.92 a 6.33 kg. por centímetro cuadrado. Cada fabricante proporciona en sus especificaciones el consumo de aire así como la presión a que trabaja.

Para determinar la capacidad de la compresora se tendrá en cuenta que remotamente trabajarán todas las máquinas simultáneamente, por lo tanto este consumo es inferior al calculado, lo cual se dejará como factor de seguridad.

Diversos tipos de barrenos. - El éxito de una barrenación depende de la textura de la roca, profundidad y dirección del barreno, así como la cantidad y rapidez del explosivo.

El criterio para que una barrenación salga debidamente, es ir dejando caras libres al material, para ello es de gran utilidad emplear la cuña o piquete más adecuada, según el caso de que se trate, generalmente estos barrenos van a mayor profundidad para que lo que se pierda en chicolón se compense y salga la barrenación completa.

En general los barrenos cercanos a la cuña o piquete son ligeramente cerrados, en cambio los más alejados tienden a abrirse lo que se llama comúnmente que están picados, a esto se debe que haya varios tipos de barrenos en función del papel que desempeñan en la barrenación de un frente. Así se tiene del centro hacia los extremos, en primer lugar los de la cuña (que se usará una diferente según cada tipo de roca), le siguen los ayudantes, cuadro menor, mayor, etc. estos se distribuyen según la sección del frente, por último se tienen los tableros ligeramente picados, así como también los de cabeza y arrastrados que se muestran (fig. 18).

La separación de los barrenos es muy relativa ya que depende del tipo de roca y generalmente ésta no es constante a lo largo del túnel. Se sigue como regla separarlos de 30 a 40 cms. haciendo una prueba y según las observaciones que se hagan, serán separados o aumentados el número de barrenos a criterio del ingeniero residente. También depende de la cantidad de explosivos que se usen, debiendo combinar ambas cosas para que una barrenación salga completa y económica.

## TESIS CON FALLA DE ORIGEN

37

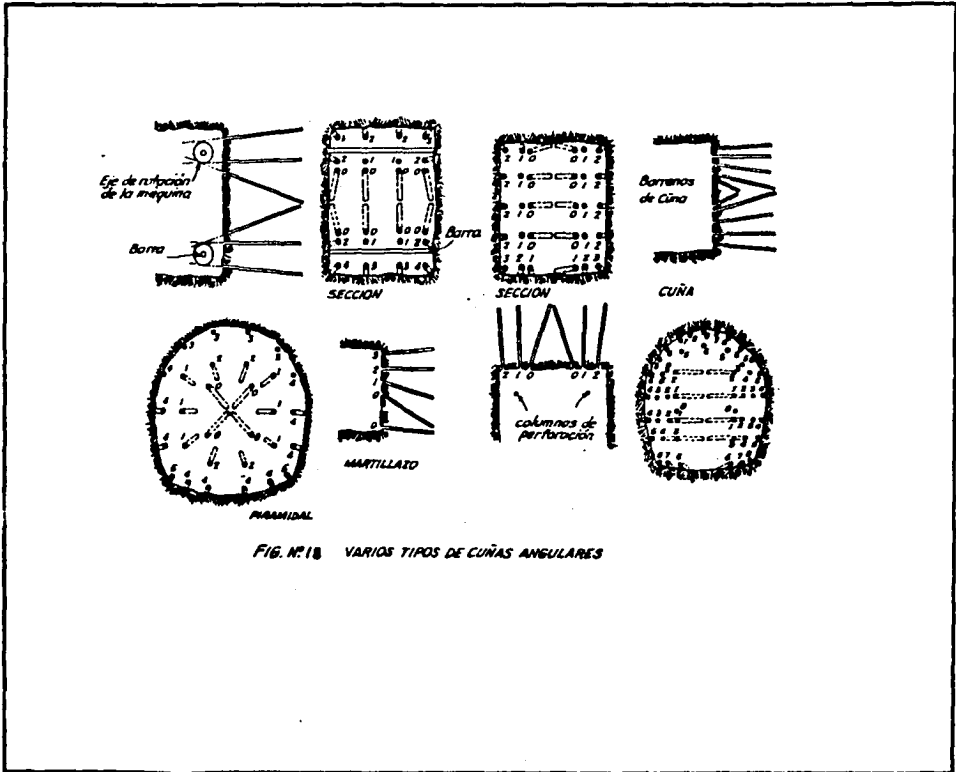
Respecto a su profundidad, no debe exceder de la menor sección del túnel, solamente en casos especiales en que se tenga muy buena roca (buena roca significa que obre con facilidad saliendo completa la barrenación). En algunas ocasiones no pueden hacerse barrenos ni siquiera que llenen la regla anterior, ya sea que, el material esté demasiado húmedo y arcilloso y demorando demasiado la barrenación al pasar de cierta profundidad, debido a que se tapan demasiado las barras; también en ocasiones no pueden hacerse barrenos largos por encontrarse la roca demasiado fracturada, ocurriendo lo que vulgarmente se dice soplarse la barrenación saliendo únicamente una parte y el resto quedando muy quebrado, dificultando aún más la barrenación. Por último, en caso de que la roca se encuentre estratificada, generalmente las barrenaciones se cortan en los estratos, de ahí que de no usar una cuña adecuada se avance únicamente a base de barrenaciones cortas.

Cuñas. - Como hemos visto, su objeto es el ofrecer al resto de los barrenos una cara libre de modo que la roca rompa con mayor facilidad, ésta deberá estallar primeramente siguiendo los ayudantes cuadros menores y mayores los tableros, los de cabeza y por último los del piso.

Hay tres formas de cuñas: 1.- Cuñas angulares, en éstas los barrenos son perforados formando un ángulo determinado con el frente del túnel, generalmente se usa en terreno fracturado o en conglomerados muy húmedos; 2.- "Burn Cuts", vulgarmente denominado piquete. En este caso los barrenos son normales al frente y paralelos entre sí, no se cargan todos los barrenos, pues los vacíos hacen el papel de una cara libre; es una forma muy efectiva en lugares donde la roca es dura y homogénea; 3. Combinación de los dos anteriores, en algunos casos además de piquete se dan barrenos auxiliares angulares (fig. 18).

Cuñas angulares. - Este tipo de cuña es muy limitado, ya que no puede quebrar a una profundidad mayor que la mínima del túnel. Por otra parte tiene la ventaja de requerir menos barreno que el piquete, así mismo para una base semejante la cantidad de explosivos usada por m<sup>3</sup> de material extraído será menor. Como ya dijimos anteriormente en terrenos suaves el empleo de esta cuña se hace indispensable.

Esta cuña llamada también en "V" es la más antigua y aún está en uso. Cada "V" consiste en dos barrenos desde puntos lo más separado posible tendiendo siempre a converger



es decir deben casi juntarse los extremos de cada barreno. - Esta puede consistir en una "V" o en varias, paralelas entre sí, siendo éstas últimas las que hacen el papel de ayudantes. Estas "V" pueden tener un eje horizontal o vertical, dependiendo de la posición en que pueda tenerse mayor separación entre las bocas de los barrenos, de la estructura de la roca y del equipo del cual se disponga.

En el caso de usar cuñas muy profundas es indispensable el empleo de barrenos auxiliares generalmente también de la misma forma y aproximadamente en largo igual a la mitad de la cuña normal. El objeto de estos barrenos auxiliares es el de aliviar en parte a la cuña principal, la cual de esta manera podrá quebrar seguramente en toda su profundidad. En algunas ocasiones estos barrenos auxiliares se dejan vacíos, pero solamente en casos muy especiales.

La cuña con eje horizontal se hace generalmente cuando se barrena apoyado en barras (se habló anteriormente de ellas, las cuales van afianzadas en las tablas o paredes del túnel).

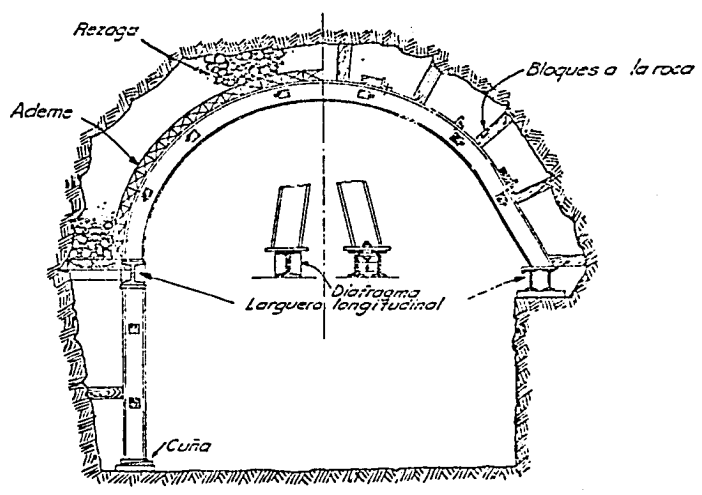
La cuña con eje vertical generalmente se apoya en columnas, las cuales a su vez van debidamente afianzadas al piso por medio de piezas de madera.

Dentro de esta misma clasificación se encuentra un tipo llamado martillazo. No se hace al centro sino abajo, arriba o a los lados del túnel, siendo muy efectivo y útil en túneles chicos de una sección menor de 2 metros por 2 metros, en donde las máquinas no van montadas y por lo mismo es difícil hacer la cuña al centro por falta de espacio. -- También es usada esta variante de cuña a los lados en túneles excesivamente anchos.

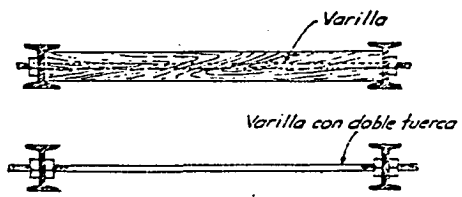
Tenemos también las cuñas en ángulo llamadas "pirámides". Consisten de 3 a 6 barrenos que concurren a un vértice común, cerca del centro del frente. En algunos lugares cuando consta de 3 barrenos. Esta cuña es llamada "Pata de gallo". Se usan en terreno donde la roca es muy dura, se cuenta con un jumbo o en donde la sección es circular o en forma de herradura. En algunos casos en que la roca es demasiado dura y se usa esta cuña puede ponerse una pirámide auxiliar, siendo menos profunda que la principal.

Cuando se usan cuñas angulares debe protegerse el ademe en caso de encontrarse muy cerca del frente y prefe





LARGUEROS LONGITUDINALES DE ACERO



DETALLE DE SEPARADORES.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

rentemente deberá retirarse el equipo. Algunas veces el corazón de roca desalojado por la cuña sale a varios cientos de metros en trozos grandes de roca, esto puede evitarse -- con el uso de estopines "mili-segundos" en la cuña o perforando un barreno auxiliar encontrado y cargado junto con la cuña con el mismo número.

En la cuña pirámide los extremos de los barrenos en el vértice de ésta no deberán estar separados entre sí en distancias mayores de 15 cms.

En las cuñas "V" se disparan generalmente todos al mismo tiempo o bien en pares. En el caso de las pirámides -- deberán dispararse todos a la vez.

Piquete.-- Se les llama también cuñas "Michigan o -- Cornish", tiene la grandísima ventaja sobre las cuñas en -- ángulos de que pueden perforarse a una mayor longitud, por lo tanto darán una tronada mayor. Por otro lado necesita -- un número mayor de barrenos y como ya dijimos anteriormente mayor cantidad de explosivo por m3 de material extraído. -- Para hacer el piquete el maquinista no necesita tanta habilidad como para hacer una cuña en ángulo, pues bastará que una vez hecho bien el primer barreno deje entrada una barra o un atacador para guiarse y seguir con los demás paralelos. El piquete puede adaptarse a diversos tipos de terreno con algún barreno auxiliar, pero generalmente es usado con mayor efectividad en roca dura y homogénea; además no daña -- el ademe en donde hay marcos de refuerzo.

Contrariamente a las cuñas angulares que tienen por objeto quebrar y sacar un cono o pirámide de material en el piquete, se trata de pulverizar la roca la cual es expulsada en este estado dejando un hueco cilíndrico.

El piquete se hace con 3 o más barrenos paralelos en -- tre sí, colocados en el centro de la frente del túnel nor -- mal a ésta, tan cercanos entre sí como sea posible. Lo común es dejar uno o más vacíos para tener un espacio abierto por donde pueda romper la roca y como se dijo anteriormente haciendo el papel de cara libre. Generalmente los vacíos -- es conveniente que se hagan del mayor diámetro que los cargados, es decir teóricamente ya que en determinados traba -- jos no sería costoso tener barras para hacer estos barrenos. Depende de determinadas circunstancias el que los barrenos del piquete se disparen simultáneamente o con dis -- tintos tiempos. En este último caso han dado muy buen re --

sultado los estopines "mili-segundos". En el piquete muchas veces no es conveniente el uso de explosivos rápidos, sino el de explosivos lentos y menos densas como el Gelex No. 2 y No. 3 o la dinamita Dupont Extra.

Como variación en las cuñas se pueden hacer unos 5 agujeros de 5 a 7 1/2 cms. de diámetro y tan cercanos, entre sí como sea posible. Esto equivale a hacer una cuña barrenando en vez de tronar, ya que estos agujeros no se cargan, además se perforan unos barrenos que harán el papel de cuña auxiliar, cuyos extremos quedan lo más cerca posible de los agujeros primeramente dichos y cuyo ángulo de inclinación es el menor posible. Estos barrenos son los primeros en dispararse.

Como protección a los marcos de refuerzo pueden hacerse barrenos inclinados que no concurren en vez de cuña propiamente dicha; aquí los barrenos centrales hacen las veces de cuña y son los primeros en dispararse.

Forma de estallar una barrenación de anillo.- La barrenación de anillo se usa para ampliar un túnel en su diámetro. Las máquinas son montadas en una barra puesta a lo largo del eje del túnel, los ahillos se barrenan aproximadamente con una separación de 1.00 a 1.20 mts. Entre ellos, los cuales comunemente se disparan primeramente la mitad inferior con dos o tres anillos y luego la mitad superior.

Forma de estallar una barrenación en tajos.- En este caso es muy remoto el uso de cuñas para extraer el material, ya que es muy fácil hacer bancos y una vez definido, se irán estallando en diferentes grupos y en líneas paralelas al frente del mismo. Para tronadas económicas es preferible el uso de cañuela, excepción hecha cuando se encuentra un material demasiado húmedo.

Por último, es muy común el uso de túneles en forma de coyoterías para la obtención de grandes volúmenes de material para obras que así lo requieren. En este caso se deposita suficiente cantidad de explosivos en cada extremo de los frentes de estas coyoterías, cuya forma de "peine", "T", dependerá de la topografía del terreno. En estos casos o sea obtención de grandes volúmenes de material, de contar con los medios suficientes, es económico hacer barrenos con perforadora de diamante a la profundidad adecuada, estallándolos de acuerdo con las características de la roca.

TRABAJE CON  
FALLA DE ORIGEN

### 1.2.7 EXPLOSIVOS Y ACCESORIOS

La selección de explosivos más efectiva y más económica, es de suma importancia en la construcción de túneles.

Es casi imposible determinar la cantidad de explosivos que llevará cada barreno con el sólo hecho de saber qué clase de roca se tendrá, aunque hay una regla preliminar -- que dice que se usará un bombillo por cada pie de longitud que tenga el barreno, esto es aproximadamente, ya que del resultado que se obtenga quedará a criterio del operador el uso de una mayor o menor cantidad, según observe el tamaño de la rezaga obtenida, es decir, que si el material se pulverizó es que se usó demasiado explosivo, en cambio de observar trozos demasiado grandes de roca que obstaculicen -- un rezagado rápido, será señal que deberá cargarse con mayor cantidad de explosivo o juntarse más los barrenos.

Pólvora Negra. - Es un explosivo de combustión rápida, sin embargo difiere de los explosivos de alta potencia en que en ésta su acción es en forma instantánea, por lo -- que también se llama explosivo de baja potencia.

Es una mezcla de carbón vegetal, azufre y estearato de sodio o de potasio, en proporciones tales que al arderse produzca una oxidación completa. Dicha explosión produce gran cantidad de calor, causando la expansión de los gases, ocupando un volumen muy grande ejerciendo presiones altas en un espacio reducido.

Dinamita o explosivos de alta potencia. - Dinamita extra. Este tipo de dinamita fue elaborado para usarse en toda clase de trabajos al aire libre, tales como canteras, caleras y trabajos de construcción en caminos. Este explosivo no se recomienda para minas, túneles, cueles de tiros, apertura de pozos y otros, debido a la gran cantidad de gases nocivos que se producen, tampoco deben usarse a cielo abierto cuando los barrenos estén llenos de agua, ya -- que tienen escasa resistencia a la humedad. Donde hay mucha agua, ya sea en trabajos bajo tierra o en la superficie, debe usarse el denominado tipo gelatina extra. La dinamita extra se fabrica en varias potencias, siendo la más popular la de 40% por su bajo costo y por el gran número de cartuchos por caja - puede emplearse con mucho éxito en rocas medianamente duras y como cebo cuando se usa granulada. Es de consistencia granulosa y seca. Puede encontrarse esta dinamita empacada en bolsas en lugar de cartuchos.

Gelatina extra - esta dinamita produce cantidades mínimas de gases nocivos y posee gran resistencia al agua, -- por lo que puede emplearse en toda clase de trabajos bajo tierra o en la superficie, además estalla a gran velocidad, característica que la hace muy apropiada para rocas extraordinariamente duras. Se fabrica en potencias de 30%, 40%, -- 60% y 75%, siendo la más usada la de 40%. Es un explosivo denso (pocos cartuchos por caja) y moldeables, pero uno de los más costosos.

Gelamex - esta dinamita produce también en un mínimo gases nocivos, se utiliza en muchas clases de voladura y es una de las más favorecidas por la industria minera, teniendo ya mucha aceptación en la rama de la construcción. -- Tiene algo de resistencia al agua y algo de plasticidad, -- pero menos que la gelatina extra. Hay dos tipos de gelamex la gelamex No. 1 que es de 60% de potencia y la gelamex No. 2 que es de 45% de potencia y que se emplea con mucho éxito en rocas duras aunque no extremadamente. En muchos casos -- sustituye la gelamex No. 1 a la gelatina extra de 60% y la gelamex No. 2 a la gelatina extra 40%. Cuesta un poco menos que la gelatina extra y el gran número de cartuchos por caja representa una economía adicional.

Mexobel - es una dinamita de poca potencia recomendada para minas de carbón. Debe emplearse en cartuchos no menores de 2.857 x 20.32 cms. de tamaño y es preferible que sean de 3.175 x 20.32 cms.

Duramex "G" - este explosivo es de poca fuerza y mediana velocidad, tiene aplicación en minas o túneles donde hay muy poca agua y donde la roca es suave. La cantidad de gases nocivos que produce aumenta cuando los cartuchos son de diámetro menores de 2.857 cms. si puede emplearse esta dinamita, resulta bastante económico por el gran número de cartuchos por caja.

Granulada - es una dinamita granulosa y seca, empacada en 4 bolsas por caja. Se recomienda para uso a cielo abierto únicamente, es un explosivo de 40% de potencia, pero por ser de explosión muy lentamente debe usarse en terrenos suaves, por ejemplo en calizas, rocas interperizadas y arcillas compactas. Se carga con mucha rapidez, pues puede vaciarse de la bolsa al barreno con facilidad. Tiene la desventaja de no ofrecer la menor resistencia al agua, es una dinamita bastante insensible y debe colocarse cuando menos con un cartucho de las anteriores dinamitas. Este explosivo ha reemplazado a la pólvora negra.

**TESIS CGN  
FALLA DE ORIGEN**

Mexrox - esta dinamita es un poco más fuerte que la granulada y tiene las ventajas y desventajas de ésta. Puede suministrarse empacada en 4 bolsas por caja o bien encartuchada. Se recomienda cartuchos de cuando menos 2.875 x 20.32 cms., puede usarse en terrenos medianamente duros.

Accesorios. - Se usa mucho la mecha o cañuela para hacer detonar la dinamita. Se producen dos clases de mecha "Clover Blanca" y "Clover Negro", tienen ambos características muy similares. Quemándose a una velocidad de 130 segundos por metro aproximadamente (40 segundos por pie) aunque el fabricante de esta especificación (al nivel del mar) con una variación del 10% se tiene que tener muy en cuenta lo siguiente: por estar expuesta la mecha después de salir de la fábrica a diversos tratos, almacenamientos, temperaturas, climas, etc., no se puede garantizar la velocidad con que se quema. Las dos mechas tienen dos diferentes empaques, en rollos de 30 mts. a su vez en caja de cartón de 300 y 900 mts. y en caja de madera de 1800 mts., en rollos gigantes de 300 mts. y en carretes de 1000 mts.

Se usan también estopines eléctricos para detonar la dinamita.

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

No. de cartuchos por caja de 22.68 kgs  
(50 lbs.) en las siguientes medidas

Clases de Dinamita	T a m a ñ o			
	7/8" x 8"	1" x 8"	1 1/8" x 8"	1 1/4" x 8"
	2x22x20.32 cm	2.54x20.32cm.	2.857x20.32cm.	3.175x20.32cm.
Dinamita extra 40%	220	167	137	110
Dinamita - extra 60%	220	167	137	110
Gelatina extra 30%	175	137	112	89
Gelatina extra 40%	178	139	114	90
Gelatina extra 60%	188	149	123	98
Gelatina extra 75%			130	102
Gelamex No. 1	214	163	136	110
Gelamex No. 2	237	180	150	122
Mexobel			182	150
Duramex "G"	308	242	195	162

(En cartuchos menores de 2.857 x 20.32 producen ligeramente mayor cantidad de gases que en cartuchos de diámetro mayor)

Granulado	4 bolsas		
Mexrox		200	160

Tienen un margen de variación de 3%

---

 Propiedades de las diferentes dinamitas
 

---

CLASE	Potencia	Velocidad ft/seg.	Resistencia mt/seg.	Resistencia al agua	Gases
Dinamita extra	40%	10200	3110	algo	bastantes
Dinamita extra	60%	12200	3720	algo	bastantes
Dinamita extra	30-75%	13800-16400	4200-5000	excelente	muy pocos
Gelamex No. 1	60%	13100	3990	bastante	muy pocos
Gelamex No. 2	45%	12600	3840	buena	muy pocos
Mexobel		9000	2740	algo	pocos
Duramex "G"	25%	8900	2710	nada	pocos
Granulada	40%	4400	1340	nada	muchos
Mexrox	27%	9000	2740	nada	bastantes

---



C A P I T U L O    I I

PROYECTO DE LA OBRA

## PROYECTO DE LA OBRA

### 2.1 DESCRIPCION DE LA OBRA

Se trata de una estructura destinada a la conduc -  
ción de agua por medio de una tubería de acero de 4 m. de  
diámetro que irá instalada dentro de un túnel con profundi  
dad de excavación de 5 mts. y una longitud de 10 kms.

- a) Resumen de Materiales
- b) Mano de Obra
- c) Equipo

## DATOS BASICOS DE MAQUINARIA

NOTA: cotización correspondiente al mes de diciembre de 1982.

M A Q U I N A	COSTO HORARIO
Locomotoras Plimouth	\$ 1,307.31
Vagoneta	97.48
Cambio California	335.43
Rezagadora	1,291.31
Jumbo	1,592.12
Tractor Caterpillar	1,016.18
Volteador neumático	115.02
Volteador axial	44.54
Bomba lanzadora	393.51
Perforadora	63.91
Compresor	665.41
Bomba tipo sumidero	1,464.22
Bomba centrifuga	25.53
Bomba tipo pozo profundo	224.99
Bomba para concreto	695.75
Vibrador neumático	39.10
Planta dosificadora de concreto	1,401.09
Carro agitador	43.64
Cargador frontal	1,886.91
Planta trituradora	2,714.52
Camión de volteo 6 m <sup>3</sup>	601.81
Camión de volteo 8 tons.	730.19
Pipa de agua 6 m <sup>3</sup>	703.85

## DATOS BASICOS

---

CATEGORIA	SALARIO BASE	INCREMENTO	COSTO TOTAL
Sobreestante general	896.36	1.526	1,367.84
Peón	455.60	1.526	695.24
Jefe de turno	836.40	1.526	1,276.35
Perforista	763.43	1.526	1,164.99
Rezagador	763.43	1.526	1,164.99
Maquinista	836.40	1.526	1,276.35
Electricista	673.67	1.526	1,028.02
Rielero	650.36	1.526	992.45
Tubero	763.86	1.526	1,164.99
Ayudante	592.80	1.526	904.61
Cabo	702.30	1.526	1,071.71
Maniobrista	592.80	1.526	904.61

---

## Ventilación:

Se efectuará por medio de ventiladores sobre la línea.

Tipo de tubería galvanizada Cal. No. 18 en tramos de 8 metros.

Necesidades de aire por frente: (según especificaciones)

Por cada persona	=	50 p.c.m.
Por cada motor de combustión interna	=	50 p.c.m./h.p.

## Demanda por frente:

Por frente de portal:

30 personas	x 50 p.c.m.	=	1,500 p.c.m.
2 locomotoras	x 60 h.p.=120 h.p.	x50=	<u>6,000</u> p.c.m.

S U M A = 7,500 p.c.m.

Más el 10% de fugas en tuberías	=	<u>750</u> p.c.m.
		8,250 p.c.m.

Determinación del diámetro de tubería para ventilación:

$$h = \frac{0.0017 Q^2 L}{D^5}$$

- h = carga estática en pulgadas de agua (wg.)  
 Q = gasto de aire libre en p.c.m.  
 L = longitud de tubería entre ventiladores en metros  
 D = diámetro de la tubería en pulgadas.

El diámetro se determina para Q y L máximos:

$$D = \sqrt[5]{\frac{0.0017 \times Q^2 \times L}{h}}$$

Y substituyendo por valores:

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

$$D = \left( \frac{0.0017 (8,250)^2 650 \text{ m.}}{12 \text{ Wg.}} \right)^{1/5} = 23.18 = 30'' \varnothing$$

Revestimiento:

La sección media del revestimiento será  $6 \text{ m}^3/\text{m}$ .

La colocación de concreto máxima prevista  $15 \text{ m}^3/\text{hora}$ .

Eficiencia 80% del frente x 90% intendencia x 93% - gerencia = 71%.

Avance diario medio por frente:

$$= \frac{10.6 \text{ m}^3/\text{hora} (\text{colocación máxima x } 71\%) \times 20 \text{ hrs/día}}{6 \text{ m}^3/\text{m} (\text{sección media})} = 25 \text{ m/día}$$

Duración por frente:

$$\text{Frente PE-L1} = \frac{3,300 \text{ m} \times 6 \text{ m}^3/\text{m}}{10.60 \text{ m}^3/\text{hr} \times 59\% \times 24 \text{ hrs}} = 132 \text{ días}$$

$$\text{Frente L1-L2} = \frac{1,700 \text{ m} \times 6 \text{ m}^3/\text{m}}{10.60 \text{ m}^3/\text{hr} \times 60\% \times 24 \text{ hr}} = 67 \text{ días}$$

$$\text{Frente L2-L1} = \frac{1,700 \times 6 \text{ m}^3/\text{m}}{10.60 \text{ m}^3/\text{hr} \times 60\% \times 24 \text{ hr}} = 67 \text{ días}$$

$$\text{Frente L2-PS} = \frac{3,300 \text{ m} \times 6 \text{ m}^3/\text{m}}{10.60 \text{ m}^3/\text{hr} \times 59\% \times 24 \text{ hr}} = 132 \text{ días}$$

Se usará concreto simple  $F'c = 200 \text{ kg/cm}^2$

$$\text{Vol. de concreto/m} = 5.43 \text{ m}^3$$

$$\text{Sobre excavación/m} = \frac{0.55 \text{ m}^3}{6.00 \text{ m}^3}$$

Consumo de concreto/m de túnel =  $6.00 \text{ m}^3/\text{m}$

## 2.2 A D E M E

Se usará ademe metálico para soporte del terreno, - los materiales son los siguientes:

- a) Marco de acero
- b) Tornillería
- c) Separadores
- d) Madera para retaque.

### VIAS FERREAS

La vía férrea será de 0.91 cm. de escantillón, con riel de 60 lb/yd tipo reglamento de Ferrocarriles Nacionales de México.

Los durmientes con un pié-tablón de 18 serán de madera. Se instalarán 5 cambios de 200 mts. para más fluidez y puntos de seguridad.

Total  $1000 \text{ m} \div 5 = 200 \text{ mts. recomendables.}$

### RED DE ALUMBRADO

El alumbrado en el interior del túnel y lumbreras - será a base de lámparas de cuarzo instaladas a 2.40 metros de separación promedio.

En el frente de perforación se instalarán lámparas - de 500 watts.

Se empleará una tensión de 220 volts y la línea con ductora será de 3 hilos en calibre 3, soportada por bastidores y aisladores tipo carrete a cada 20 metros.

Los transformadores reductores de 30 KVA se instalarán a cada 700 metros promedio.

Soportes:

Longitud horizontal = 10,000 metros

Longitud vertical = 240 metros

Soporte =  $10,240 \text{ m} \div 20 \text{ m. sep.}$  512 piezas.

Pantallas =  $\frac{10,240 \text{ m} \times 100\%}{20 \text{ m}}$  = 51.20 piezas

## 1.- Determinación del diámetro

$$d = \sqrt[5]{\frac{0.1025 L \times Q^2}{F \times r}} \quad \dots \quad d = \sqrt[5]{\frac{0.1025 \times 5413.0 \times 400}{10 \text{ psi} \times 14.61}} = 3.97'' \phi$$

$$= 4'' \phi$$

Donde:

F = pérdida admisible de presión manométrica en psi  
 L = longitud de tubería de conducción en pies  
 Q = caudal de aire libre expresado en pies cúbicos por segundo  
 r = relación de compresión  
 d = diámetro interior de la tubería en pulgadas  
 e = coeficiente experimental para tubería de acero

$$= \frac{0.1025}{d^{0.31}}$$

## 2.- Cada frente requiere de un gasto de 24 lts/seg.

$$Q = 24 \text{ lts/seg.} \quad \phi = 2'' \quad V = \frac{Q}{A}$$

$$A = \frac{\pi D^2}{4} \quad \dots \quad 3.1416 \times \frac{25.8064}{4} = 20.27 \text{ cm}^2$$

$$V = 11.84 \text{ m/seg.}$$



Q = 24 lts/seg.

V = 2.96 m/seg.                      100 mm (4") Ø

## 2.3 PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO

### A). PROCEDIMIENTO PARA LA PERFORACION DEL TUNEL

La perforación del túnel se atacará por el procedimiento convencional a base de explosivos.

Frente de ataque: se establecerán 4, de los portales a las lumbreras, de las lumbreras a los portales y entre lumbreras.

Barrenación: se ejecutarán con "Jumbo" Alimak, - Drill Jumbo 141 equipado con 4 perforadoras neumáticas húmedas marca Tamreck tipo E - 400 con avance 25 ft/hr. montada en brazos del Jumbo de 4.50 metros, para dar barrenos de 1" de diámetro y 3.20 m. de promedio.

Se perforará cuña quemada de 8 barrenos de 1" de diámetro y 3.20 m. de profundidad promedio. El acero que se empleará será del tipo acero de 1".

Se ha previsto pre-corte en el perímetro.

Explosivos y artificios: se utilizarán los explosivos adecuados para las diferentes circunstancias que se presenten.

Rezaga: se propone emplear para la carga, rezagado ra Emico 40 w. accionada por aire comprimido para llenar directamente vagonetas de 3 m<sup>3</sup> de capacidad formando trenes de 27 m<sup>3</sup>. La rezagadora estará auxiliada por piso extensible.

El cambio de vagonetas se hará con cambio California que se moverá cada 6 días, empleando como fuente activa para las vagonetas en el frente (locomotora).

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

**Manejo de la rezaga en el exterior:**

- a). Para portales: se voltearán las vagonetas y con cargador frontal se cargarán los camiones para llevar la rezaga a los tiraderos.
- b) Para lumbreras: se contará con camiones de volteo que recibirán la rezaga del material directamente de las tolvas de las lumbreras para proceder a llevar la rezaga a los tiraderos respectivos.

**Lumbreras:**

Trenes y vías: se emplearán locomotoras diesel de 6.0 tons., y 100 h.p., capaces de arrastrar a nivel trenes de 50 tons., de peso total con velocidades de 15 kms/hr. - sobre vía de 0.91 cms. de escantillón con riel de 60 lbs/ yd. apoyada en durmientes de madera y cambios fijos a cada 1000 mts.

Ventilación: se propone que sea inyectado o succionado, de acuerdo a la cantidad de aire que determinen los cálculos respectivos. El barrido de gases tóxicos y polvo producto de las voladuras, se sugiere que se haga liberando el aire comprimido o con ventiladores auxiliares, operando la tubería del tipo galvanizado cal. No. 18 de 30" de diámetro, en tramos de 9 mts. de longitud. Los ventiladores serán del tipo Booster (eléctricos) y se utilizará el sistema de "ventiladores sobre la línea".

Líneas eléctricas: cada frente estará alimentado a 440 KV, en circuito (s) que será (n) para la línea general; fuerza para el frente; bombeo; ventilación; alumbrado y otras, en los calibres y aislamientos que resulten del diseño.

Comunicaciones: se emplearán líneas telefónicas y radio, con estaciones a cada 800 mts. y estaciones exteriores en cada una de las casetas de construcción.

Control topográfico: se utilizarán aparatos topográficos de precisión, con verificaciones a cada 30 mts., tránsito, nivel, estadal, longímetro.

## B). REVESTIMIENTO DE CONCRETO

Procedimiento general: revestimiento a sección circular completa.

Frentes de revestimiento:  
Se emplearán 4 frentes:

- a) PE - LI ..... L = 3,300 metros
- b) 5000-LI ..... L = 1,700 metros
- c) 5000-L2 ..... L = 1,700 metros
- d) L2/PS ..... L = 3,300 metros

Limpieza de plantilla: se efectuará a mano entre la bomba de concreto y el frente de colado; la final se hará con chorro de agua y aire a presión.

Equipo que se propone: como se revestirá a sección completa, se empleará por frente un equipo consistente en forma telescópica de 9 metros de longitud. En secciones de 3 metros la colocación del concreto se hará con una bomba marca Rex, modelo 30 m<sup>3</sup>/hr. equipada con motor diesel de 60 h.p. El concreto se transportará en carros agitadores de 3 m<sup>3</sup>, que se cargarán en los portales directamente de la planta de concreto y en las lumbreras mediante un tubo de caída libre de 4" de diámetro equipado con amortiguador, válvula y tolva en la base. El concreto se fabricará en una planta marca Elba accionada por motores eléctricos, para dosificar hasta 15 m<sup>3</sup>/hr. tamaño de agregados que abastecerá al equipo No. 1, y por una planta de iguales características.

Revestimiento en curvas: dado el radio de proyecto, estas operaciones requerirán la desarticulación de la forma de cimbra en tramos de 3 metros; la fabricación y colocación de cerchas metálicas o de madera para tapar las juntas y el curvado de la tubería de la bomba de concreto, además de la disminución en la velocidad de revestimiento.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

C). BOMBEO DEL AGUA PRODUCTO DE FILTRACIONES - PROCEDIMIENTO GENERAL

Se procurará mantener el frente de perforación lo más seco posible a base de bombas de sumidero accionadas con motores eléctricos.

Habrá una cuneta para drenaje que saldrá con la sección de excavación.

El agua captada por el dren se concentrará en cárcamos secundarios a cada 250 metros, cuando el avance sea hacia aguas abajo o bien a 250 metros cuando sea hacia aguas arriba.

De los cárcamos secundarios se bombeará a primarios de distintas capacidades que se colocarán a cada 1000 metros, el equipo que se instale en cada cárcamo primario (transformadores, bombas y controles) será capaz de bombear todos los escurrimientos que se presentan en su zona de influencia.

Las tuberías para bombeo horizontal serán para trabajar a baja presión o sean de pared delgada tipo brida o soldado y se diseñarán para servir a uno o más cárcamos primarios según las filtraciones esperadas. El múltiple de conexión de cada cárcamo primario estará dotado de una válvula de compuerta en línea para que sobre ésta sea conectada la tubería que provendrá de futura próxima estación de bombeo. Estas tuberías horizontales descargarán en los cárcamos de las lumbreras o en los portales según el caso.

En cuanto entre en operación una estación primaria podrán moverse hacia delante los secundarios con sus dotaciones de tuberías.

El bombeo por las lumbreras se hará empleando bombas de pozo profundo en el número y capacidad que determinen los cálculos.

El bombeo por la lumbrera No. 2 podrá suspenderse en cuanto quede terminado el revestimiento del tramo entre esta lumbrera y el portal de salida.

A medida que avance el revestimiento se irán retirando las estaciones en sentido inverso que se siguió para la perforación.

Las cuadrillas por frente de tuberos, mecánicos, electricistas y bomberos cuya misión será la de mantener seco el túnel, serán autónomas.

Las bombas de reserva estarán siempre conectadas para entrar en operación en el momento que se las requiera.

C A P I T U L O    I I I  
DETERMINACION DE RENDIMIENTOS

## DETERMINACION DE RENDIMIENTOS

En la determinación de la velocidad media de excavación los datos geológicos son supuestos; se determinó por sub-tramos el porcentaje de la velocidad a la que podría avanzar: la velocidad media para ese tramo o frente se obtuvo dividiendo la duración obtenida en días hábiles entre la longitud.

### 3.1 EXCAVACION DE TUNEL

Por procedimiento convencional a base de explosivos:

Area media de la sección = 16.10 m<sup>2</sup>  
 Profundidad de barrenación = 5.0 m  
 Avance medio por ciclo = 2.80 m  
 Cuña piramidal con 8 barrenos más 16 auxiliares.  
 Barrenos perimetrales 20 de peine más 6 de pata.

#### 3.1.1 ANALISIS DEL CICLO EN ROCA SANA Y COMPETENTE

- Retirar rezagadora del frente 3 min
- Acercar Jumbo conectarlo y fijarlo 7 min
- Trazos -
- Barrenación 150 min
- Carga y prueba del circuito detonador 30 min
- Voladura y eliminación de gases y polvos 10 min
- Rezaga 120 min
- Alargamiento de vías 20 min
- Corrimiento de equipo auxiliar -

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

Duración del ciclo = 340 min.

Eficiencia = 80% del frente x 90% superintendencia x 98% gerencia = 71%

Ciclos diarios =  $\frac{1440 \text{ min/día} \times 71\% \text{ eficiencia}}{340 \text{ min/ciclo}} = 3 \text{ ciclos}$

Velocidad óptima = 3 ciclos/día x 2.8 m. avance/ciclo  
= 8.4 m/día



3.1.2 DETERMINACION DE LAS VELOCIDADES MEDIAS DE EXCAVACION POR FRENTE (EN M./DIA)

Velocidad óptima = 8.4 m/dfa

TRAMO	LONG. M.	SUB - TRAMO		VEL. OPTIMA	VEL. MEDIA	DIAS HABILES
		EST. A	EST. LONGITUD			
P-I-L-1	3,300	0+000				
		a				
		1+650	1,650	8.40	4.20	393
		3+300				
		a				
		1+650	1,650	8.40	4.20	393
L-1-L-2	3,400	3+300				
		a				
		5+000	1,700	8.40	4.20	405
		6+700				
		a				
		5+000	1,700	8.40	4.20	405
L-2-P.S	3,300	6+700				
		a				
		8+350	1,650	8.40	4.20	393
		10+000				
		a				
		8+350	1,650	8.40	4.20	393

Duración de la Excavación

Velocidad media para el tramo =  $1650 \text{ m} = 8.4 \text{ m/dfa} \times \text{días hábiles}$

### 3.1.3 RESUMEN DE VELOCIDADES MEDIAS DE EXCAVACION

Frente No. 1	=	393	días hábiles
Frente No. 2	=	393	días hábiles
Frente No. 3	=	405	días hábiles
Frente No. 4	=	405	días hábiles
Frente No. 5	=	393	días hábiles
Frente No. 6	=	<u>393</u>	días hábiles
Suma	=	2,382	días hábiles

$$\text{Velocidad media general} = \frac{10,000 \text{ m}}{2,382 \text{ días hábiles}} = 4.20 \text{ m/dfa}$$

## 3.2 REVESTIMIENTO DE CONCRETO

$$\text{Sección media del revestimiento} = 6 \text{ m}^2.$$

La parte crítica del avance la constituye la operación del acarreo.

$$\text{Colocación de concreto máxima prevista} = 15 \text{ m}^3/\text{hora}.$$

$$\text{Eficiencia} = 80\% \text{ del frente} \times 90\% \text{ superintendencia} \\ \times 98\% \text{ x Gerencia} = 71\%.$$

### 3.2.1 AVANCE DIARIO MEDIO POR FRENTE

$$= \frac{10.6 \text{ m}^3/\text{hora colocación máx} \times 71\% \text{ efic.} \times 20 \text{ hrs/dfa}}{6 \text{ m}^3/\text{m} \text{ (sección media)}}$$

$$= 25 \text{ m/dfa}$$

### 3.2.2 DURACION POR FRENTE

$$\text{Frente PE-L1} = \frac{3,300 \text{ m} \times 6 \text{ m}^3/\text{m}}{10.60 \text{ m}^3/\text{hr} \times 59\% \times 24 \text{ hrs}} = 132 \text{ días}$$

$$\text{Frente L1-L2} = \frac{1,700 \text{ m} \times 6 \text{ m}^3/\text{m}}{10.60 \text{ m}^3/\text{hr} \times 60\% \times 24 \text{ hrs}} = 67 \text{ días}$$

$$\text{Frente L2-L1} = \frac{1,700 \text{ m} \times 6 \text{ m}^3/\text{m}}{10.60 \text{ m}^3/\text{hr} \times 60 \text{ x } 24 \text{ hr}} = 67 \text{ dfas}$$

$$\text{Frente L2-PS} = \frac{3,300 \text{ m} \times 6 \text{ m}^3/\text{m}}{10.60 \text{ m}^3/\text{hr} \times 59 \text{ x } 24 \text{ hr}} = 132 \text{ dfas}$$

C A P I T U L O    I V  
PROGRAMA PRELIMINAR DE ACTIVIDADES  
CRITICAS POR FRENTE EN DIAS HABI  
LES

# PROGRAMA PRELIMINAR DE ACTIVIDADES CRITICAS POR FRENTE EN DIAS HABLES

Excavación: se determina la duración, fecha de conexión y la estación de conexión.

Inyecciones de contacto: la parte crítica es el tiempo que transcurre entre la terminación del revestimiento y la del inyectado.

## 4.1 EXCAVACION

$$\text{Duración} = T_1 = \frac{L - (D_2 - D_1)}{V_1 + V_2} V_1 + (D_2 - D_1)$$

$$T_2 = T_1 - (D_2 - D_1)$$

$$\text{Fecha de conexión} = F = D_1 + T_1$$

$$\text{Estación de conexión} = E = E_{ar} + T_{ar} \times V_{ar}$$

- T<sub>1</sub> = duración total del tramo o del primer frente
- T<sub>2</sub> = duración del segundo frente
- D<sub>1</sub> = dfa de iniciación del primer frente
- D<sub>2</sub> = dfa de iniciación del segundo frente
- V<sub>1</sub> = velocidad del primer frente
- V<sub>2</sub> = velocidad del segundo frente
- F<sub>2</sub> = fecha de conexión
- E = estación de conexión
- E<sub>ar</sub> = estación de partida aguas arriba
- T<sub>ar</sub> = duración del frente de aguas arriba
- V<sub>ar</sub> = velocidad del frente de aguas arriba
- L<sub>ar</sub> = longitud del tramo

1° tramo: portal de entrada-lumbrera No. 1 (longitud 3,300 m) -

a) Frente PE-L1

	Duración	Inicia el día	Termina el día
Movilización	30 días	1	30
Instalación	15 días	31	45
Se inicia excavación		46	

b) Frente L1-PE

Movilización	30 días	1	30
Instalación	15 días	31	45
Se inicia excavación		46	

$$T_1 = \frac{3,300 \text{ m} - (46 - 46) 4.20 \text{ m/día}}{4.20 \text{ m/día} + 4.20 \text{ m/día}} + (46-46) = 393 \text{ días}$$

$$T_2 = 393 \text{ días} - (46-46) = 393 \text{ días}$$

$$F = 46 \text{ días} + 393 \text{ días} = \text{día No. 439}$$

$$E = \text{Est. } 0+000 + 393 \text{ días} \times 4.20 \text{ m/día} = \text{Est. } 1+650$$

2° Tramo: lumbrera No. 1 - Lumbrera No. 2 (longitud 3,400 m).

a) Frente L1-L2

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

	Duración	Inicia el día	Termina el día
Movilización	30 días	1	30
Instalación	15 días	31	45
Se inicia excavación		46	

## b) Frente L2-L1

Movilización	30 días	1	30
Instalación	15 días	31	45
Se inicia excavación		46	

$$T_1 = \frac{3,400 \text{ m} - (46-46) 4.20 \text{ m/día} + (46-46)}{4.20 \text{ m/día} + 4.20 \text{ m/día}} = 405 \text{ días}$$

$$T_2 = 405 \text{ días} - (46-46) = 405 \text{ días}$$

$$F = 46 \text{ días} + 405 \text{ días} = \text{día No. 451}$$

$$E = \text{Est. 3+300} + 405 \text{ días} \times 4.20 \text{ m/día} = \text{Est. 5+000}$$

3° Tramo: lumbrera No. 2 - portal de salida (longitud 3,300 m)

## a) Frente L2-Ps

	Duración	Inicia el día	Termina el día
Movilización	30 días	1	30
Instalación	15 días	31	45
Se inicia excavación		46	

## b) Frente PS-L2

	Duración	Inicia el día	Termina el día
Movlización	30 días	1	30
Instalación	15 días	31	45
Se inicia excavación		46	

$$T_1 = \frac{3,300 - (46-46) 4.20 \text{ m/día}}{4.20 \text{ m/día} + 4.20 \text{ m/día}} + (46-46) = 393 \text{ días}$$

$$T_2 = 393 \text{ días} - (46-46) = 393 \text{ días}$$

$$F = 46 \text{ días} + 393 = \text{día No. 439}$$

$$E = \text{Est. 6+700} + 393 \text{ días} \times 4.20 \text{ m/día} = \text{Est. 8+350}$$

## 4.2 REVESTIMIENTO DE CONCRETO

1° Tramo: portal de entrada - lumbrera No. 1

Alcanzará de	L - 1	A	P - E
	Duración	Inicia el día	Termina el día
Movlización	30 días	410	439
Instalación	12 días	440	451
Se inicia revestimiento		452	

$$\text{Duración} = \frac{3,300 \text{ m}}{25 \text{ m/día}} = 132 \text{ días}$$

$$\text{Termina} = \text{Día No. 452} + 132 \text{ días} = \text{día No. 584}$$

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**



2° Tramo: Lumbreira No. 1 - Lumbreira No. 2

a) Frente de estación 5+000 A L - 1

	Duración	Inicia el dfa	Termina el dfa
Movilización	30 días	422	451
Instalación	12 días	452	463
Se inicia revestimiento		464	

Duración:  $\frac{1,700 \text{ m}}{25 \text{ m/dfa}} = 68 \text{ días}$

Termina: dfa No. 464 + 68 días = Dfa No. 532

b) Frente de Estación 5+000 A L - 2

	Duración	Inicia el dfa	Termina el dfa
Movilización	30 días	422	451
Instalación	12 días	452	463
Se inicia revestimiento		464	

Duración:  $\frac{1,700 \text{ m}}{25 \text{ m/dfa}} = 68 \text{ días}$

Termina: Dfa No. 464 + 68 días = Dfa No. 532

3° Tramo: Lumbreira No. 2 - Portal de salida

Avanzará de L - 2 A P.S.

	Duración	Inicia el dfa	Termina el dfa
Movilización	30 días	410	439
Instalación	12 días	440	451
Se inicia revestimiento		452	

Duración:  $\frac{3,300 \text{ m}}{25 \text{ m/día}} = 132 \text{ días}$

Termina: dfa No. 452 + 132 días = Día No. 584

#### 4.3 INYECCION DE CONTACTO

Terminan 16 días después de concluido el revestimiento.

#### 4.4 RESUMEN DE ACTIVIDADES CRITICAS POR FRENTE EN DIAS HABILES

FRENTE	ACTIVIDAD	DURACION	INICIA EL DIA	TERMINA EL DIA
<b>I. EXCAVACION</b>				
- PE-L1	Preparación	45	1	45
	Excavación	393	46	439
- L1-PE	Preparación	45	1	45
	Excavación	393	46	439
- L1-L2	Preparación	45	1	45
	Excavación	405	46	451
- L2-L1	Preparación	45	1	45
	Excavación	405	46	451

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

FRENTE	ACTIVIDAD	DURACION	INICIA EL DIA	TERMINA EL DIA
- L2-PS	Preparación	45	1	45
	Excavación	393	46	439
- PS-L2	Preparación	45	1	45
	Excavación	393	46	439

## II. REVESTIMIENTO

- PE-L1	Preparación	12	440	451
	Excavación	132	452	584
- 5+000-L1	Preparación	12	452	463
	Excavación	68	464	532
- 5+000-L2	Preparación	12	452	463
	Excavación	68	464	532
- PS - L2	Preparación	12	440	451
	Excavación	132	452	584

## III. INYECCIONES

Terminan 600

Días de calendario = (600 días hábiles) x  $\frac{365 \text{ días/año}}{305 \text{ días laborables/año}}$

= 718.0

C A P I T U L O      V  
MATERIALES Y HERRAMIENTAS PARA  
CONSTRUCCION

## MATERIALES Y HERRAMIENTAS PARA CONSTRUCCION

Adjunto relación de costos de materiales y herramientas, mismas que fueron seleccionadas a raíz de un s número de visitas logradas en casas proveedoras del Estado de México, durante el mes de diciembre de 1982, dichos cos tos están calculados con el 10% de I.V.A.

5.1 COSTO DE MATERIALES PUESTOS EN EL ALMACEN DE LA OBRA

MATERIAL	UNIDAD	PRECIO DE LISTA	COSTO DE ADQUISICION	FLETES	MANIO BRAS	COSTO TOTAL
5.1.1 PARA EXCAVACION EN TUNEL						
- Barrenas 7/8 x 0.8 hexagonal integral	pza	6,985.00	7,683.50	7.90	7.00	7,698.40
- Barrenas 7/8 x 1.6 hexagonal integral	pza	7,690.00	8,459.00	15.90	16.80	8,491.70
- Barrenas 7/8 x 3.6 hexagonal integral	pza	10,165.00	11,181.50	31.70	8.40	11,221.60
- Broca de 2" en acero 1 1/4" 7733-1051-XX	pza	12,220.00	13,442.00	2.00	0.70	13,444.70
- Broca de 2 1/2" en acero -- 1 1/4" 7733-1064-XX	pza	15,345.00	16,879.50	2.00	0.70	16,882.20
- Pala de punta mango corto	pza	406.00	446.60	8.00	5.60	460.20
- Pico con mango	pza	732.00	805.20	8.00	5.60	818.80
- Marro de 8 lbs con mango	pza	2,421.00	2,663.10	20.78	7.00	2,690.88
- Marro de 10 lbs con mango	pza	2,663.10	2,929.41	21.14	7.00	2,957.55
- Dinamita gelatina 40%	kg	152.40	167.64	2.04	0.70	170.38
- Dinamita extra 40%	kg	152.40	167.64	2.04	0.70	170.38
- Agente explosivo Mexamon	kg	35.14	38.65	2.04	0.70	41.39
- Agente explosivo Anfomex	kg	51.80	56.98	2.04	0.70	59.72
- Fulminante No. 6	pza	7.00	7.70	0.74	0.70	9.14
- Estopfn eléctrico 1er tiempo de 5 m.	pza	91.00	100.10	0.70	0.70	101.50
- Estopfn eléctrico 2o. tiempo de 5 m.	pza	91.00	100.10	0.70	0.70	101.50
- Estopfn eléctrico 3o. tiempo de 5 m.	pza	91.00	100.10	0.70	0.70	101.50
- Estopfn eléctrico 4o. tiempo de 5 m.	pza	91.00	100.10	0.70	0.70	101.50
- Estopfn eléctrico 5o. tiempo de 5 m.	pza	91.00	100.10	0.70	0.70	101.50
- Estopfn eléctrico 6o. tiempo de 5 m.	pza	91.00	100.10	0.70	0.70	101.50

NOTA: Se calculó aplicando el 10% de I.V.A.

MATERIAL	UNIDAD	PRECIO DE LISTA	COSTO DE ADQUISICION	FLETES	MANIO BRAS	COSTO TOTAL
- Mecha para minas con vela blanca	m	12.25	13.48	0.40	0.70	14.58
- Prima cord reforzado	m	26.45	29.10	0.45	0.70	30.25
- Gufa de disparo (alambre-T.W. No. 20)	pza	4.40	4.84	0.45	0.70	5.99
- Manguera de 3/4" para aire	m	220.80	242.88	2.25	3.50	248.63
- Manguera de 1/2" para aire	m	199.00	218.90	2.25	3.50	224.65
- Manguera de 1" para aire	m	242.95	267.25	2.25	3.50	273.00
- Manguera de 1 1/4" para aire	m	267.25	293.98	2.25	3.50	299.73
- Manguera de succión 3" (Evielex)	m	601.10	661.21	2.25	3.50	666.96
- Manguera de descarga 3" (Evielex)	m	601.10	661.21	2.25	3.50	666.96

#### 5.1.2 PARA CONCRETO DE REVESTIMIENTO DE TUNEL

- Cemento tipo I	ton	4,600.00	5,060.00	550.00	105.00	5,715.00
- Cemento tipo II	ton	4,730.00	5,203.00	550.00	105.00	5,858.00
- Cemento tipo III	ton	4,917.00	5,408.70	550.00	105.00	6,063.70
- Arena	m3	550.00	605.00	30.25		635.25
- Grava	m3	550.00	605.00	30.25		635.25
- Aditivo concreto blanco tambor 200 lts	Lt	63.00	69.30	2.38	0.70	72.38
- Aditivo Elvinex (saco 25 kg)	kg	63.00	69.30	2.38	0.70	72.38
- Madera 2a.	p.t.	47.50	52.25	1.00	0.40	53.65
- Clavo	kg	39.90	43.89	1.35	0.40	45.64
- Acero de refuerzo alta resistencia 3/4" ø	ton	24,190.00	26,609.00	1,700.00	600.00	28,909.00
- Acero de refuerzo alta resistencia 1 1/2" ø	ton	23,910.00	26,301.00	1,700.00	600.00	28,601.00
- Alambre recocido No. 16	kg	35.90	39.49	1.50	0.40	41.39
- Junta de unión para tuberfa Sufisa 4"	pza	1,267.00	1,393.70	5.30	7.00	1,406.00

NOTA: Se calculó aplicando el 10% de I.V.A.

MATERIAL	UNIDAD	PRECIO DE LISTA	COSTO DE ADQUISICION	FLETES	MANIOBRAS	COSTO TOTAL
- Tubo de acero de 2" $\phi$	m	210.00	231.00	6.35	5.60	242.95
- Tubo de acero de 6" $\phi$	m	400.00	440.00	6.35	5.60	451.95
- Manguera 3/4" para aire	m	220.80	242.88	2.25	3.50	248.63
- Manguera 2" para aire	m	355.70	391.27	2.25	3.50	397.02
- Junta de unión para tubería Sufisa 6"	pza	1,904.25	2,094.67	2.25	7.00	2,103.92
- Junta de unión para tubería Sufisa 8"	pza	3,472.00	3,819.20	2.25	7.00	3,828.45
- Manguera 3/4" para agua	m	154.20	169.62	2.25	3.50	175.37
- Manguera 2" para agua	m	225.75	248.33	2.25	3.50	250.58

### 5.1.3 PARA ADEMÉS

- Ancla 3/4" corrugado alta resistencia	pza	223.75	246.13	3.00	0.70	249.83
- Ancla 3/4" expansión	pza	330.40	363.44	3.00	0.70	367.14
- Ancla 1" expansión	pza	549.85	604.85	3.00	0.70	608.55
- Marco metálico I 6"	pza	15,963.75	17,560.13	2,380.00	1,300.00	21,240.13
- Malla electrosoldada 6.6.4.4	m2	106.40	117.04	7.70	2.00	126.74
- Cemento tipo III	ton	4,917.00	5,408.70	550.00	105.00	6,063.70
- Madera para retaque de 4'x8" de 3a	p.t.	32.87	36.16	1.30	0.40	37.86
- Madera tablón de 3 x 6 x 10' de 3a	p.t.	32.87	36.16	1.30	0.40	37.86
- Madera tablón de 2 x 8 x 10' de 3a	p.t.	32.87	36.16	1.30	0.40	37.86
- Manguera para concreto lanzado alta pres. 2" $\phi$	m	1,202.00	1,322.20	2.25	3.50	1,327.95
- Soldadura 70-18	kg	117.60	129.36	1.50	0.70	131.61
- Seguetas 1/2" x 12"	pza	55.00	60.50	0.30	0.40	61.20
- Cable acero $\phi$ = 1"	m	242.50	266.75	4.20	5.60	276.55
- Cable de manila de 1" de $\phi$	m	137.50	151.25	4.20	3.50	158.95

NOTA; Se calculó aplicando el 10% de I.V.A.



MATERIAL	UNIDAD	PRECIO DE LISTA	COSTO DE ADQUISICION	FLETES	MANIO BRAS	COSTO TOTAL
<b>5.1.4 PARA BOMBEO</b>						
- Empaque grafitado 1/4"	kg	2,142.00	2,356.20	2.40	0.40	2,359.00
- Empaque grafitado 3/8"	kg	2,142.00	2,356.20	2.40	0.40	2,359.00
- Empaque grafitado 1/2"	kg	2,142.00	2,356.20	2.40	0.40	2,359.00
- Sellador Shalac o similar	kg	1,800.00	1,980.00	2.40	0.40	1,982.80
- Soldadura 70-18	kg	117.60	129.36	1.50	0.70	131.56
- Segueta 1/2" x 12"	pza	55.00	60.50	0.30	0.40	61.20
- Cable de acero de 1" ø	m	242.50	266.75	4.20	5.60	276.55
- Cable de manilla de 1" ø	m	137.50	151.25	4.20	3.50	158.95
- Perfil de acero ángulo I 4x6"	kg	30.00	33.00	2.40	0.70	36.10
- Perfil de acero solera	kg	30.00	33.00	2.40	0.70	36.10
<b>5.1.5 PARA INYECCIONES</b>						
- Cemento tipo III	ton	4,917.00	5,408.70	550.00	105.00	6,063.70
- Acero de barrenación 1" x 320 m	pza	10,000.00	11,000.00	6.60	3.50	11,010.00
<b>5.1.6 EQUIPO DE SEGURIDAD</b>						
- Casco	pza	700.00	770.00	4.60	3.50	778.10
- Traje impermeable	pza	750.00	825.00	4.60	0.70	830.30
- Botas de hule	par	488.00	536.80	1.30	0.40	538.50
- Guantes maniobras	par	79.00	86.90	0.30		87.20
- Guantes soldador	par	96.00	105.60	0.30		105.90
- Mascarilla	pza	405.00	445.50	0.90		446.40
- Gafas	pza	426.00	468.60	0.30		468.90
- Linterna	pza	678.50	746.35	0.30		746.65
- Extinguidor	pza	8,400.00	9,240.00	2.00	1.50	9,243.50
- Botiquín primeros auxilios	lote	3,500.00	3,850.00			3,850.00

NOTA: Se calculó aplicando el 10% de I.V.A.

MATERIAL	UNIDAD	PRECIO DE LISTA	COSTO DE ADQUISICION	FLETES	MANIO BRAS	COSTO TOTAL
<b>5.1.7 COMBUSTIBLES Y LUBRICANTES</b>						
- Gasolina Nova	lts	20.00	20.00	0.40		20.40
- Diesel	lts	10.00	20.00	0.40		10.40
- Aceite motor gasolina	lts	46.00	46.00	0.40		46.40
- Aceite motor diesel	lts	48.00	48.00	0.40		48.40
- Aceite para transmisiones	lts	45.75	45.75	0.40		46.15
- Aceite máquinas neumáticas	lts	58.00	58.00	0.40		58.40
- Aceite hidráulico	lts	70.00	70.00	0.40		70.40
- Grasa lubricante	kg	70.00	70.00	0.40		70.40
- Grasa lubricante	kg	70.00	70.00	0.40		70.40

**5.1.8 MATERIALES METALICOS**

- Vigueta 1 4" y 6"	kg	40.00	44.00	2.0	0.70	46.70
- Vigueta 1 6"	kg	40.00	44.00	2.0	0.70	46.70
- Vigueta 1 8" y 10"	kg	50.00	55.00	2.0	0.70	57.70
- Canal 4"	kg	40.00	44.00	2.0	0.70	46.70
- Canal 6"	kg	40.00	44.00	2.0	0.70	46.70
- Canal 8"	kg	50.00	55.00	2.0	0.70	57.70
- Angulo 1"	kg	30.00	33.00	2.0	0.70	35.70
- Angulo 2"	kg	30.00	33.00	2.0	0.70	35.70
- Angulo 4"	kg	30.00	33.00	2.0	0.70	35.70
- Placa 3/8"	kg	40.00	44.00	2.0	0.70	46.70
- Placa 1/4"	kg	40.00	44.00	2.0	0.70	46.70
- Placa 1/2"	kg	40.00	44.00	2.0	0.70	46.70
- Lámina cal. No. 10	kg	53.00	58.30	2.0	0.70	61.00
- Lámina cal. No. 18 galv.	kg	53.00	58.30	2.0	0.70	61.00
- Lámina cal No. 18 negra	kg	48.85	53.74	2.0	0.70	56.44
- Redondo 1/2"	kg	30.00	33.00	2.0	0.70	35.70
- Redondo 3/8"	kg	30.00	33.00	2.0	0.70	35.70
- Redondo 3/4"	kg	30.00	33.00	2.0	0.70	35.70

NOTA: Se calculó aplicando el 10% de I.V.A.

ESTA TESIS NO SALIR DE LA BIBLIOTECA

MATERIAL	UNIDAD	PRECIO DE LISTA	COSTO DE ADQUISICION	FLETES	MANIO BRAS	COSTO TOTAL
<b>5.1.9 MATERIAL ELECTRICO</b>						
- Cable AWG 0/4	m	33.93	37.32	0.70	0.70	38.72
<b>5.1.10 MATERIALES DIVERSOS</b>						
- Alambre T.W.O. Cal. 14	m	16.39	18.10	0.20	4.0	22.30
- Postes de concreto de 8.0 m de longitud	pza	3,000.00	3,300.00			3,300.00
- Aparato telefónico	pza	23,400.00	25,740.00			25,740.00
- Conmutador	pza	321,500.00	353,650.00			353,650.00
- Soportes de línea	pza	320.00	352.00			352.00
- Materiales aislantes	lote	91,000.00	100,100.00			100,100.00

NOTA: Se calculó aplicando el 10% de I.V.A.

## 5.2 CATALOGO DE COSTO DE MATERIAL Y HERRAMIENTA

C O N C E P T O	UNIDAD	C O S T O \$
5.2.1 PARA EXCAVACION DE TUNEL		
- Barrenas 7/8 x 0.8 hexagonal integral	pza	7,698.40
- Barrenas 7/8 x 1.6 hexagonal integral	pza	8,491.70
- Barrenas 7/8 x 3.6 hexagonal integral	pza	11,221.60
- Broca 2" en acero de 1 1/4" 7733-105-XX	pza	13,44.70
- Broca 2 1/2" en acero 1 1/4" -- 773-1064-XX	pza	16,882.20
- Pala de punta de mango corto	pza	460.20
- Pico con mango	pza	818.80
- Marro de 8 lbs. con mango	pza	2,690.88
- Marro de 10 lbs. con mango	pza	2,957.55
- Dinamita gelatina 40%	kg	170.38
- Dinamita extra 40%	kg	170.38
- Agente explosivo Mexamon	kg	41.39
- Agente explosivo Anfomex	kg	59.72
- Fulminante No. 6	pza	9.14
- Estopfn eléctrico 1er. tiempo de 5 m	pza	101.50
- Estopfn eléctrico 2do tiempo 5 m	pza	101.50
- Estopfn eléctrico 3er tiempo de 5 m	pza	101.50
- Estopfn eléctrico 4to tiempo de 5 m	pza	101.50
- Estopfn eléctrico 5to tiempo de 5 m	pza	101.50
- Estopfn eléctrico 6to tiempo de 5 m	pza	101.50
- Mecha para minas con vela --- blanca	pza	14.58
- Primacord reforzado	m	30.25
- Gufa de disparo (Alambre TW - No. 20)	pza	5.99
- Manguera de 3/4" para aire	m	248.63
- Manguera de 1/2" para aire	m	224.65
- Manguera de 1" para aire	m	273.00
- Manguera de 1 1/4" para aire	m	299.73
- Manguera de succión 3" Eviflex	m	666.96
- Manguera de descarga 3" Eviflex	m	666.96
5.2.2 PARA CONCRETO DE REVESTIMIENTO DE TUNEL		
- Cemento tipo I	ton	5,715.00
- Cemento tipo II	ton	5,858.00

TESIS CON  
 FALLA DE ORIGEN

# TESIS CON FALLA DE ORIGEN

82

CONCEPTO	UNIDAD	COSTO \$
- Cemento tipo III	ton	6,063.00
- Arena	m3	605.00
- Grava	m3	605.00
- Aditivo concreto blanco tam bor 200 lts	1t	72.38
- Aditivo Elvimex (saco 25 kg.)	kg	72.38
- Madera de 2a.	p.t.	53.65
- Clavo	kg	45.64
- Acero de refuerzo alta resis- tencia 3/4" $\phi$	ton	28,909.00
- Acero de refuerzo alta resis- tencia 1/2" $\phi$	ton	28,601.00
- Alambre recocado No. 16	kg	41.39
- Junta unión para tubería Sufisa 4"	pza	1,406.00
- Tubo de acero de 2" $\phi$	m	242.95
- Tubo de acero de 6" $\phi$	m	451.95
- Manguera 3/4" para aire	m	248.63
- Manguera 2" para aire	m	397.02
- Junta de unión para tubería Sufisa 6"	pza	2,103.92
- Junta de unión para tubería Sufisa 8"	pza	3,828.45
- Manguera 3/4" para agua	m	175.37
- Manguera 2" para agua	m	250.58
 5.2.3 PARA ADEMÉS		
- Ancla 3/4" corrugada alta re- sistencia	pza	249.83
- Ancla 3/4" expansión	pza	367.14
- Anclas de 1" expansión	pza	608.55
- Marco metálico I 6"	pza	21,240.13
- Malla electrosoldada 6.6 4.4	m3	126.74
- Cemento tipo III	ton	6,063.70
- Madera para retaque de 4'x8" de 3a	p.t.	37.86
- Madera tablón de 3 x 6 x 10' de 3a	p.t.	37.86
- Madera tablón de 2 x 8 x 10' de 3a	p.t.	37.86
- Manguera para concreto lanza do alta presión 2" $\phi$	m	1,327.95
- Soldadura 70-18	kg	131.61
- Seguetas 1/2" x 12"	pza	61.20
- Cable acero $\phi$ = 1"	m	276.55
- Cable de manila de 1" de $\phi$	m	158.95

CONCEPTO	UNIDAD	COSTO S
<b>5.2.4 PARA BOMBEO</b>		
- Empaque grafitado 1/4"	kg	2,359.00
- Empaque grafitado 3/8"	kg	2,359.00
- Empaque grafitado 1/2"	kg	2,359.00
- Sellador Shalac o similar	kg	1,982.80
- Soldadura 70-18	kg	131.56
- Segueta 1/2" x 12"	pza	61.20
- Cable de acero de 1" $\phi$	m	276.55
- Cable de manila de 1" $\phi$	m	158.95
- Perfil de acero ángulo I 4 x 6"	kg	36.10
- Perfil de acero solera	kg	36.10
<b>5.2.5 PARA INYECCION</b>		
- Cemento tipo III	ton	6,063.70
- Acero de barrenación 1" x 3 20 m	pza	11,010.10
<b>5.2.6 EQUIPO DE SEGURIDAD</b>		
- Casco	pza	778.10
- Traje impermeable	pza	830.30
- Botas de hule	par	538.50
- Guantes maniobras	par	87.20
- Guantes soldador	par	105.90
- Mascarilla	pza	446.40
- Gafas	pza	468.90
- Linterna	pza	746.65
- Extinguidor	pza	9,243.50
- Botiquín primeros auxilios	lote	3,850.00
<b>5.2.7 COMBUSTIBLES Y LUBRICANTES</b>		
- Gasolina Nova	lts	20.40
- Diesel	lts	10.40
- Aceite motor gasolina	lts	46.40
- Aceite motor diesel	lts	48.40
- Aceite para transmisiones	lts	46.15
- Aceite máquinas neumáticas	lts	58.40
- Aceite hidráulico	lts	70.40
- Grasa lubricante	kg	70.40
- Grasa lubricante	kg	70.40

CONCEPTO	UNIDAD	COSTOS
<b>5.2.8 MATERIALES METALICOS</b>		
- Vigueta I 4" y 6"	kg	46.70
- Vigueta I 6"	kg	46.70
- Vigueta I 8" y 10"	kg	57.70
- Canal 4"	kg	46.70
- Canal 6"	kg	46.70
- Canal 8"	kg	57.70
- Angulo 1"	kg	35.70
- Angulo 2"	kg	35.70
- Angulo 4"	kg	35.70
- Placa 3/8"	kg	46.70
- Placa 1/4"	kg	46.70
- Placa 1/2"	kg	46.70
- Lámina cal. No. 10	kg	61.00
- Lámina cal. No. 18 galvanizada	kg	61.00
- Lámina cal. No. 18 negra	kg	56.44
- Redondo 1/2"	kg	35.70
- Redondo 5/8"	kg	35.70
- Redondo 3/4"	kg	35.70
<b>5.2.9 MATERIAL ELECTRICO</b>		
- Cable AWG 0/4	m	38.72
<b>5.2.10 MATERIALES DIVERSOS</b>		
- Alambre T.W.O. Cal. No. 14	m	22.30
- Poste de 8 mts. de longitud	pza	3,300.00
- Aparato telefónico	pza	25,740.00
- Conmutador (30 ext.)	pza	353,650.00
- Soporte de línea	pza	352.00
- Materiales aislantes	lote	100,100.00

# TESIS CON FALLA DE ORIGEN

85

## 5.3 CATALOGO DE MATERIALES Y HERRAMIENTAS RECUPERABLES

C O N C E P T O	UNIDAD	COSTO	RECUPERA CION	CARGO
		\$	%	
<b>5.3.1 TUBERIA DE ACERO Y ACCESORIOS</b>				
- Tubo 2"	m	350.00	15	297.50
- Tubo 4"	m	1,200.00	15	1,020.00
- Tubo 6"	m	1,481.13	15	1,258.96
- Tubo 10"	m	1,379.05	15	1,172.19
- Tubo 12"	m	2,446.93	15	2,079.89
- Brida 4 Supom	pza	1,376.07	15	1,239.00
- Brida 6 Supom	pza	1,602.94	15	1,442.64
- Brida 10 Supom	pza	2,203.34	15	1,983.00
- Brida 12 Supom	pza	2,934.72	15	2,641.24
- Junta Victaulic 4"	pza	463.00	15	416.70
- Junta Victaulic 6"	pza	636.96	15	573.26
- Junta Victaulic 10"	pza	1,273.92	15	1,146.52
- Válvula de compuerta 1" x 125 lbs (roscada)	pza	636.96	15	541.41
- Válvula de compuerta 2" x 125 lbs (roscada)	pza	1,432.19	15	1,217.36
- Válvula de compuerta 4" x 125 lbs (roscada)	pza	5,000.43	15	4,250.36
- Válvula de compuerta 6" x 125 lbs (bridada)	pza	6,373.55	15	5,417.51
- Válvula de compuerta 10" x 125 lbs (bridada)	pza	15,275.00	15	12,983.75
- Válvula de no compuerta 2" x 125 lbs (roscada)	pza	1,523.90	15	1,295.31
- Válvula de no compuerta 4" x 125 lbs (bridada)	pza	3,634.60	15	3,089.41
- Válvula de no compuerta 6" x 125 lbs (bridada)	pza	6,120.03	15	5,202.02
- Válvula de no compuerta 10" x 125 lbs (bridada)	pza	16,533.00	15	14,053.05
- Válvula de no compuerta 12" x 125 lbs (bridada)	pza	23,690.80	15	20,137.18
- Válvula macho 3/4" x 125 lbs (roscada)	pza	727.50	15	618.37
- Válvula macho 2" x 125 lbs (roscado)	pza	1,734.30	15	1,474.15
- Válvula macho 4" x 125 lbs (roscado)	pza	3,965.10	15	3,370.33
- Válvula macho 6" x 125 lbs (roscado)	pza	5,675.00	15	4,823.75
- Válvula macho 10" x 125 lbs (roscado)	pza	19,110.10	15	16,243.58



CONCEPTO	UNIDAD	COSTO	RECUPERACION	CARGO
		\$	%	
<b>5.3.2 TUBERIA DE VENTILACION Y ACCESORIOS</b>				
- Tuberfa de 30" de $\phi$ cal. No. 18 galvanizado	m	1,800.00	30	1,260.00
- Junta	pza	1,500.00	30	1,050.00
- Anclaje	pza	250.00	30	175.00
<b>5.3.3 MATERIALES PARA VIAS FERREAS</b>				
- Riel 60 lbs/yd incluye planchuelas	m	824.35	10	741.90
- Durmiente madera p/vfa 91 5" x 6" x 4"	pza	414.05	10	372.64
- Tornillo y tuerca p/riel 3/4" x 4"	pza	18.00	10	16.20
- Clavo de vfa 9/16" x 5 1/2"	pza	50.00	10	45.00
- Juego de cambio No.5 durmiente	pza	89,990.48	10	80,991.43
<b>5.3.4 MATERIAL ELECTRICO</b>				
- Cable en calibre 3 (3 hilos)	m	26.65	10	23.98
- Aislador	m	12.00	10	10.80

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

C A P I T U L O

VI

---

MANO DE OBRA

## MANO DE OBRA

### 6.1 DETERMINACION DEL COSTO REAL

Anexo a esta relación de salarios base, mínimos y no mínimos asignados a las diferentes categorías de acuerdo con los ordenamientos de ley tanto laboral, como del I.M.S.S. y fiscal en vigor (año 1982).

### 6.2 CATALOGO DE COSTO DE MANO DE OBRA POR ACTIVIDADES

El personal como se considera en los cuadros de cálculo, formará parte en las distintas operaciones que requiera la construcción de dicho túnel, estos cuadros producen el costo de la unidad cuadrilla, por lo que, al costo de salarios se le agrega el costo de las herramientas de consumo y equipo de seguridad así como las bonificaciones.

## 6.1 DETERMINACION DEL COSTO REAL

## 1° Incremento por prestaciones laborales:

Salario	=	365 días / año
Aguinaldo	=	15 días / año
Otras	=	<u>2 días / año</u>
S u m a	=	382 días / año

Percepción anual = 382 días / año

## Días no laborados:

Domingos	=	52 días / año
Festivos	=	6 días / año
Vacaciones	=	8 días / año
Otros	=	<u>6 días / año</u>
S u m a	=	72 días / año

Tiempo laborado = 365 días - 72 días no laborables  
= 293 días / año

$$\text{Incremento} = \frac{382 \text{ días percepción anual}}{293 \text{ días laborados/año}} - 1.0 = 0.303$$

2° Incremento por seguro social con extra prima de riesgo moderado del 125%

$$\text{a) Salarios mfnimos} = \frac{382 \text{ días percepción anual}}{293 \text{ días laborados/año}} \times 0.196875$$

$$= 0.257$$

$$\text{b) Salarios no mfnimos} = \frac{382 \text{ días percepción/anual}}{293 \text{ días laborados / año}} \times 0.159375$$

$$= 0.208$$

**Resumen:**

	<b>Salarios Míminos</b>	<b>Salarios no Míminos</b>
Salarios base	1.00	1.00
Prestaciones	0.308	0.308
Seguro Social	0.257	0.208
Impuesto para educación	0.01	0.01
<b>Incremento total</b>	<b>1.575</b>	<b>1.526</b>

Nota: según disposiciones legales, la cuota de 5% para el Infonavit no deberá cargarse al costo de la mano de obra.

## 6.2 CATALOGO DE COSTO DE MANO DE OBRA POR ACTIVIDAD

## 6.2.1 EXCAVACION DE TUNEL

## 6.2.1.1 FRENTE POR PORTAL

## SALARIO POR CUADRILLA

C A T E G O R I A	NO. DE PERSO- NAS	SALARIO BASE	INCRE MENTO	COSTO INDIVI- DUAL	COSTO TOTAL X TURNO
Sobrestante general	1	896.36	1.526	1,367.84	1,367.84
a) En el interior					
- Jefe de turno	1	836.40	1.526	1,276.34	1,276.34
- Perforista	1	736.43	1.526	1,164.99	1,164.99
- Rezagador	1	763.43	1.526	1,164.99	1,164.99
- Maquinista	2	836.40	1.526	1,276.34	2,552.68
- Electricista	1	673.67	1.526	1,028.02	1,028.02
- Cabo de vía	1	650.36	1.526	992.44	992.44
- Rielero	1	650.36	1.526	992.44	992.44
- Tubero	1	763.86	1.526	1,165.65	1,165.65
- Ayudante de perforista	2	592.80	1.526	904.61	1,809.22
- Ayudante de rezagador	1	592.80	1.526	904.61	904.61
- Ayudante de maquinista	1	592.80	1.526	904.61	904.61
- Ayudante de electricista	1	592.80	1.526	904.61	904.61
- Ayudante de tubero	1	592.80	1.526	904.61	904.61
- Reportero/telefonista	1	592.80	1.526	904.61	904.61
- Peón	15	455.60	1.526	695.24	10,428.60
- Poblador	1	673.67	1.526	1,028.02	1,028.02
b) En el exterior					
- Compresorista	1	592.80	1.526	904.61	904.61
- Maniobrista	1	592.80	1.526	904.61	904.61
- Peón	4	455.60	1.575	695.24	2,780.46
S U M A S	39	13,161.54	30.569	20,084.43	34,084.46 (A)

NOTA: El incremento indicado de 1.526 corresponde a los salarios nominales.

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

## EQUIPO DE SEGURIDAD/TURNO

$$\text{COSTO} = \frac{\text{Costo equipo seguridad/cuadrilla } \$50,000.00}{\text{Duración } 120 \text{ turnos}} = \$416.67 \text{ (B)}$$

## HERRAMIENTA Y EQUIPO AUXILIAR/TURNO

$$= \frac{\text{Herramienta de consumo / cuadrilla } \$120,000.00}{\text{Duración } 120 \text{ turnos}} = \$1,000.00 \text{ (C)}$$

$$\text{COSTO TOTAL (A) + (B) + (C) = } \$35,501.13 \text{ (D)}$$

6.2.1.2 FRENTE POR LUMBRERA  
SALARIOS POR CUADRILLA

C A T E G O R I A	NO. DE PERSO- NAS	SALARIO BASE	INCRE- MENTO	COSTO INDIVI- DUAL	COSTO TOTAL X TURNO
Sobrestante general	1	896.36	1.526	1,367.84	1,367.84
a) En el interior					
- Jefe de turno	1	836.40	1.526	1,276.35	1,276.35
- Perforista	5	763.43	1.526	1,164.99	5,824.95
- Rezagador	3	763.43	1.526	1,164.99	3,494.97
- Maquinista	4	836.40	1.526	1,276.35	5,105.38
- Electricista	1	673.67	1.526	1,028.02	1,028.02
- Rielero	1	650.36	1.525	992.45	992.45
- Tubero	1	763.86	1.526	1,164.99	1,164.99
- Ayudante de perforista	5	592.80	1.526	904.61	4,523.06
- Ayudante de rezagador	1	592.80	1.526	904.61	904.61
- Ayudante de maquinista	1	592.80	1.526	904.61	904.61
- Ayudante de electricista	1	592.80	1.526	904.61	904.61
- Ayudante de tubero	1	592.80	1.526	904.61	904.61
- Reportero/telefonista	1	592.80	1.526	904.61	904.61
- Cabo de maniobras	1	702.30	1.526	1,071.71	1,071.71
- Maniobrista	1	592.80	1.526	904.61	904.61
- Peón	20	455.60	1.526	695.24	13,904.91
b) En el exterior					
- Malacatero	1	836.40	1.526	1,276.35	1,276.35
- Compresorista	2	592.80	1.526	904.61	1,809.22
- Plantero	1	592.80	1.526	904.61	904.61
- Maniobrista	1	592.80	1.526	904.61	904.61
- Peón	12	455.60	1.575	695.24	8,342.94
S U M A S	66	14,561.81	33.621	22,220.62	58,420.02 (A)

NOTA: Los mecánicos y sus auxiliares se consideran cubiertos por las cuotas de mantenimiento y seguro de equipo.



## EQUIPO DE SEGURIDAD/TURNO

$$\text{COSTO} = \frac{\text{Costo equipo seguridad/cuadrilla } \$120,000.00}{\text{Duración 120 días}} = \$1,000.00 \text{ (B)}$$

## HERRAMIENTA Y EQUIPO AUXILIAR/TURNO

$$= \frac{\text{Herramienta de consumo/cuadrilla } \$50,000.00}{\text{Duración 120 turno}} = \$ 416.67 \text{ (C)}$$

$$\text{COSTO TOTAL (A)+(B)+(C)} = \$ 59,836.69 \text{ (D)}$$

## 6.2.2 ADEME

NOTA: en estas operaciones se carga el personal supernumeroario

## SALARIOS

CATEGORIA	NO. DE PERSONAS	SALARIO BASE	INCREMENTO	COSTO INDIVIDUAL	COSTO TOTAL X TURNO
- Sobrestante de ademadores	1	896.36	1.526	1,367.84	1,367.84
- Ademador	2	763.43	1.526	1,164.99	2,329.98
- Lanzador de concreto	2	763.43	1.526	1,164.99	2,329.98
- Perforista	1	763.43	1.526	1,164.99	1,164.99
- Ayudante de ademador	2	592.80	1.526	904.61	1,809.22
- Ayudante de concreto	2	592.80	1.526	904.61	1,809.22
- Ayudante de perforista	2	592.80	1.526	904.61	1,809.22

SUMAS 12 4,965.05 10.682 7,576.64 14,950.43 (A)

## EQUIPO DE SEGURIDAD/TURNO

COSTO =  $\frac{\text{Costo equipo de seguridad/cuadrilla } \$30,000.00}{\text{Duración } 50 \text{ turnos}}$  = \$ 600.00 (B)

## HERRAMIENTA Y EQUIPO AUXILIAR

=  $\frac{\text{Herramienta de consumo/cuadrilla } \$ 8,000.00}{\text{Duración } 50 \text{ turnos}}$  = \$ 160.00 (C)

COSTO TOTAL (A) + (B) + (C) = \$ 15,710.43

NOTA: el incremento indicado de 1.526 corresponde a los salarios no mínimos.

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

## 6.2.3 BOMBEO

Nota: el personal de bombeo (sobrestante, electricista, tubero, etc.) se consideran como una cuadrilla autónoma cuya misión es la de mantener seco el túnel; las personas como bomberos y electricistas, que laborarán los domingos y días festivos tendrán el pago de tiempo extra, por lo que se toma como salario base el que resulte del ordinario más la parte proporcional del extra.

## SALARIOS

C A T E G O R I A	NO. DE PERSO- NAS	SALARIO BASE	INCRE- MENTO	COSTO INDIVI- DUAL	COSTO TOTAL X TURNO
- Tubero	1	763.43	1.526	1,164.99	1,164.99
- Electricista	1	673.67	1.526	1,028.02	1,028.02
- Bombero	3	673.67	1.526	1,028.02	3,084.06
- Ayudante de tubero	2	592.80	1.526	904.61	1,809.22
- Ayudante de bombeo	1	592.80	1.526	904.61	904.61
S U M A S	8	3,296.37	7.63	5,030.25	7,990.90 (A)

## EQUIPO DE SEGURIDAD/TURNO

$$\text{COSTO} = \frac{\text{Costo equipo de seguridad/cuadrilla } \$25,000.00}{\text{Duración } 120 \text{ turnos}} = \$ 208.33 \quad (\text{B})$$

## HERRAMIENTA Y EQUIPO AUXILIAR /TURNO

$$= \frac{\text{Herramientas de consumo/cuadrilla } \$10,000.00}{\text{Duración } 50 \text{ turnos}} = \$ 200.00 \quad (\text{C})$$

$$\text{COSTO TOTAL (A) + (B) + (C)} = \$8,399.23 \quad (\text{D})$$

NOTA: el incremento de 1.526 corresponde al salario no mínimo.

6.2.4 REVESTIMIENTO DE CONCRETO  
 6.2.4.1 FRENTE POR PORTAL  
 SALARIO POR CUADRILLA

**TESIS CON  
 FALLA DE ORIGEN**

C A T E G O R I A	NO. DE PERSO- NAS	SALARIO BASE	INCRE- MENTO	COSTO INDI- VIDUAL	COSTO TOTAL X TURNO
Sobrestante general	1	896.36	1.526	1,367.84	1,367.84
a) En el interior					
- Jefe de turno	1	836.40	1.526	1,276.35	1,276.35
- Operador de bomba	1	673.67	1.526	1,028.02	1,028.02
- Operador de vibrador	2	673.67	1.526	1,028.02	2,056.04
- Operador de carro de concreto	3	673.67	1.526	1,028.02	3,084.06
- Formero	2	836.40	1.526	1,276.35	2,552.70
- Concretero	4	836.40	1.526	1,276.35	5,105.40
- Maquinista	1	836.40	1.526	1,276.35	1,276.35
- Electricista	1	673.67	1.526	1,028.02	1,028.02
- Cabo de vfa	1	702.30	1.526	1,071.71	1,071.71
- Rielero	1	650.36	1.526	992.45	992.45
- Tubero	1	763.86	1.526	1,164.99	1,164.99
- Soldador	2	673.67	1.526	1,028.02	2,056.04
- Ayudante de formero	2	592.80	1.526	904.61	1,809.22
- Ayudante de carro de concreto	2	592.80	1.526	904.61	1,809.22
- Reportero/telefonista	1	592.80	1.526	904.61	904.61
--Cabo de limpieza	1	702.30	1.526	1,071.71	1,071.71
- Peón	9	455.60	1.526	695.24	6,257.16
b) En el exterior					
- Sobrestante de fabri- cación de concreto	1	896.36	1.526	1,367.84	1,367.84
- Operador planta de - concreto	2	673.67	1.526	1,028.02	2,056.04
- Operador de cargador	1	673.67	1.526	1,028.02	1,028.02
- Operador de camión de volteo	3	673.67	1.526	1,028.02	3,084.06
- Operador de bomba	3	673.67	1.526	1,028.02	3,084.06
- Laboratorista	2	592.80	1.526	904.61	1,809.22
- Maniobrista	1	592.80	1.526	904.61	904.61
- Peón	3	455.60	1.575	695.24	2,085.72
<b>S U M A S</b>	<b>52</b>	<b>17,895.37</b>	<b>39.725</b>	<b>27,307.65</b>	<b>51,331.46 (A)</b>

NOTA: Los mecánicos y sus auxiliares se consideran cubiertos por las cuotas de mantenimiento y seguro de equipo.

## EQUIPO DE SEGURIDAD/TURNO

$$\text{COSTO} = \frac{\text{Costo equipo de seguridad/cuadrilla } \$50,000.00}{\text{Duración } 50 \text{ turnos}} = \$1,000.00 \text{ (B)}$$

## HERRAMIENTA Y EQUIPO AUXILIAR/TURNO

$$= \frac{\text{Herramienta de consumo/cuadrilla } \$30,000.00}{\text{Duración } 50 \text{ turnos}} = \$ 600.00 \text{ (C)}$$

$$\text{COSTO TOTAL (A) + (B) + (C) = } \$52,931.46 \text{ (D)}$$

## 6.2.4.2 FRENTE POR LUMBRERA

## SALARIO POR CUADRILLA

C A T E G O R I A	NO. DE PERSO- NAS	SALARIO BASE	INCRE- MENTO	COSTO INDI- VIDUAL	COSTO TOTAL X TURNO
Sobrestante general	1	896.36	1.526	1,367.84	1,367.84
a) En el interior					
- Jefe de turno	1	836.40	1.526	1,276.35	1,276.35
- Operador de bomba	1	673.67	1.526	1,028.02	1,028.02
- Operador de vibrador	1	673.67	1.526	1,028.02	1,028.02
- Operador de carro de concreto	1	673.67	1.526	1,028.02	1,028.02
- Formero	2	836.40	1.526	1,276.35	2,552.70
- Concreto	4	836.40	1.526	1,276.35	5,105.40
- Maquinista	1	836.40	1.526	1,276.35	1,276.35
- Electricista	1	673.67	1.526	1,028.02	1,028.02
- Cabo de vfa	1	702.30	1.526	1,071.71	1,071.71
- Rielero	1	650.36	1.526	992.45	992.45
- Tubero	1	763.67	1.526	1,164.99	1,164.99
- Soldador	2	673.67	1.526	1,028.02	2,056.04
- Ayudante de formero	2	592.80	1.526	904.61	1,809.22
- Ayudante de concretero	2	592.80	1.526	904.61	1,809.22
- Reportera/telefonista	1	592.80	1.526	904.61	904.61
- Peón	9	455.60	1.526	695.24	6,257.16
b) En el exterior					
- Sobrestante de fabri- cación concreto	1	896.36	1.526	1,367.84	1,367.84
- Malacatero	1	592.80	1.526	904.61	904.61
- Operador planta de -- concreto	1	673.67	1.526	1,028.02	1,028.02
- Operador de cargador	1	673.67	1.526	1,028.02	1,028.02
- Operador de vibrador	4	673.67	1.526	1,028.02	4,112.08
- Chofer	3	673.67	1.526	1,028.02	3,084.06
- Laboratorista	2	592.80	1.526	904.61	1,809.22
- Cabo de maniobras	1	702.30	1.526	1,071.71	1,071.71
- Peón	5	485.60	1.575	695.24	3,476.20
S U M A S	52	17,895.37	39.725	27,307.65	48,270.04 (A)

NOTA: Los mecánicos y sus auxiliares se consideran cubiertos por las cuotas de mantenimiento y seguro de equipo.

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

## EQUIPO DE SEGURIDAD/TURNO

$$\text{COSTO} = \frac{\text{Costo equipo de seguridad/cuadrilla } \$50,000.00}{\text{Duración } 50 \text{ turnos}} = \$1,000.00 \text{ (B)}$$

## HERRAMIENTA Y EQUIPO AUXILIAR/TURNO

$$= \frac{\text{Herramienta de consumo/cuadrilla } \$30,000.00}{\text{Duración } 50 \text{ turnos}} = \$ 600.00 \text{ (C)}$$

$$\text{COSTO TOTAL (A) + (B) + (C)} = \$49,870.04 \text{ (D)}$$

## 6.2.5 INYECCION DE CONTACTO

## SALARIO

C A T E G O R I A	NO. DE PERSO- NAS	SALARIO BASE	INCRE- MENTO	COSTO IN DIVIDUAL	COSTO TOTAL X TURNO
- Sobrestante de inyección	1	896.36	1.526	1,367.84	1,367.84
- Perforista	1	763.43	1.526	1,165.36	1,165.36
- Operador inyectora	1	673.67	1.526	1,028.02	1,028.02
- Operador transporte	2	673.67	1.526	1,028.02	2,056.04
- Ayudante de perforista	1	592.80	1.526	904.61	904.61
- Ayudante de general	1	592.80	1.526	904.61	904.61
- Peón	6	455.60	1,526	695.24	4,171.44
<hr/>					
S U M A S	13	4,648.33	10.682	7,093.70	10,597.92 (A)

## EQUIPO DE SEGURIDAD/TURNO

$$\text{COSTO} = \frac{\text{Costo equipo de seguridad/cuadrilla } \$50,000.00}{\text{Duración } 75 \text{ turnos}} = \$ 666.67 \quad (\text{B})$$

$$\text{COSTO TOTAL (A) + (B)} = \$11,264.59 \quad (\text{C})$$

NOTA: el incremento indicado de 1.526 corresponde al salario no mínimo.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



C A P I T U L O VII

MAQUINARIA Y EQUIPO

## MAQUINARIA Y EQUIPO

Se elaboraron listas y se calculó el costo horario o diario, de maquinaria y equipo, así como horarios, de estado activo e inactivo, de las unidades que intervendrán en dicha construcción.

### 7.1 DETERMINACION DEL COSTO HORARIO DE MAQUINARIA Y EQUIPO

- A) Máquina locomotora marca Plymouth Mod. DMD-24 de 8 - toneladas. HP 100 energía Diesel. Peso 10.10 toneladas valor (Va) \$5'317,500.00. Vida económica (Ve) - 10,000 Hrs. 5 años; rescate (Vr) 10%. Tiempo estimado de permanencia en la obra (Te) 2 años 4,000.00 hrs

CARGO	FORMULA	CALCULO	IMPORTE \$/HORA
Depreciación	$\frac{Va - Vr}{Ve}$	$\frac{\$5'317,500 - \$531,750}{10,000 \text{ hrs.}}$	\$ 478.58
Inversión	$(\frac{Va+Vr}{2Ha})i$	$(\frac{\$5'317,500 + \$531,750}{4,000 \text{ hrs}})0.15$	\$ 219.35
Seguros	$(\frac{Va+Vr}{2Ha})s$	$(\frac{\$5'317,000 + \$531,750}{4,000 \text{ hrs}})0.0172$	\$ 25.15
Almacenaje	Ka D	0.03 x \$478.58/hr	\$ 14.36
Mantenimiento	Q D	0.80 x \$478.58/hr	\$ 382.86
Fletes y maniobras	$\frac{F}{Te}$	$\frac{\$60,000}{4,000 \text{ hrs}}$	\$ 15.00

Costo máquina ociosa

\$1,135.30

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

CONCEPTO	FORMULA	CALCULO	IMPORTE \$/HORA
Combustible	$\frac{C \$}{Dr}$	$\frac{0.1514 \times 80HP. \times \$100.00}{1 \text{ hr.}}$	\$ 121.12
Lubricantes	$\frac{C \$}{Dr}$	$\frac{0.467 \times \$ 70.00}{1 \text{ hr.}}$	\$ 32.69
Filtros	$\frac{C \$}{Dr}$	$\frac{1 \text{ lote} \times 2,800/\text{lote}}{200 \text{ hrs.}}$	\$ 14.00
Acumuladores	$\frac{C \$}{Dr}$	$\frac{\$8,400 / \text{acumulador}}{2,000 \text{ hrs.}}$	\$ 4.20

NOTA: el personal de operación se carga en la cuadrilla correspondiente.

COSTO MAQUINA ACTIVA

\$ 1,307.31

- B) Máquina vagoneta marca Mecksa energía neumático, peso 180 kilos. Valor (Va) \$300,000.00. Vida económica (Ve) 6,000.00 hrs. 3 años; Rescate (Vr) 10%. -- Tiempo estimado de permanencia en la obra (Te) 1.5 años 3,000 hrs.

D = depreciación  
 Ha = horas trabajo/año  
 i = tasa de interés anual (%)  
 s = prima anual de seguro (%)  
 Dr = duración del recurso (hrs)  
 T = % horario de operación  
 Ka = tasa de almacenaje (%)  
 Q = mantenimiento (%)  
 F = costo de fletes  
 I = costo de instalación y desmantelamiento  
 C = consumo

C A R G O	FORMULA	C A L C U L O	IMPORTE S/HORA
Depreciación	$\frac{Va-Vr}{Ve}$	$\frac{\$300,000 - \$30,000}{6,000 \text{ hrs.}}$	\$ 45.00
Inversión	$(\frac{Va+Vr}{2Ha})i$	$(\frac{\$300,000 + \$30,000}{4,000 \text{ hrs.}})0.15$	\$ 12.38
Seguros	$(\frac{Va+Vr}{2Ha})s$	$(\frac{\$300,000 + \$30,000}{4,000 \text{ hrs.}})0.0172$	\$ 1.42
Almacenaje	Ka D	0.03 x \$45.00	\$ 1.35
Mantenimiento	Q D	0.80 x \$45.00	\$ 36.00
Fletes y maniobras	$\frac{F}{Te}$	$\frac{\$4,000 / \text{flete}}{3,000 \text{ hrs.}}$	\$ 1.33
COSTO MAQUINA OCIOSA			\$ 97.48

NOTA: el personal de operación se cargará en la cuadrilla correspondiente.

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

# TESIS CON FALLA DE ORIGEN

106

- C) Máquina cambio california marca Mecksa. Mod. 1500-SHF  
HP 12 1/2 Energía Diesel. Valor (Va) \$1'500,000.00 -  
Vida económica (Ve) 10,000 Hrs. 5 años; Rescate (Vr)  
10%. Tiempo estimado de permanencia en la obra (Te)-  
1.25 años 2,500 hrs.

D = depreciación  
 Ha = horas trabajo/año  
 i = tasa de interés anual (%)  
 s = prima anual de seguro (%)  
 Dr = duración del recurso (hrs)  
 T = % horario de operación  
 Ka = tasa de almacenaje (%)  
 Q = mantenimiento (%)  
 F = costo de fletes  
 I = costo de instalación y desmantelamiento  
 C = consumo

C A R G O	FORMULA	C A L C U L O	IMPORTE \$/HORA
Depreciación	$\frac{Va - Vr}{Ve}$	$\frac{\$1'500,000 - \$150,000}{10,000 \text{ hrs.}}$	\$ 135.00
Inversión	$(\frac{Va + Vr}{2 Ha})i$	$(\frac{\$1'500,000 + \$150,000}{4,000 \text{ hrs.}})0.15$	\$ 61.88
Seguros	$(\frac{Va + Vr}{2 Ha})s$	$(\frac{\$1'500,000 + \$150,000}{4,000 \text{ hrs.}})0.0172$	\$ 7.10
Almacenaje	Ka D	0.03 x \$135.00	\$ 4.05
Mantenimiento	Q D	0.80 x \$135.00	\$ 108.00
Fletes y maniobras	$\frac{F}{Te}$	$\frac{\$35,000 / \text{flete}}{2,500 \text{ hrs.}}$	\$ 14.00
Montaje y desmantelamiento	$\frac{I}{Te}$	$\frac{\$13,500 / \text{maniobras}}{2,500 \text{ hrs.}}$	\$ 5.40
<b>COSTO MAQUINA OCIOSA</b>			<b>\$ 335.43</b>

NOTA: el personal de operación se carga en la cuadrilla correspondiente.

CH) Máquina Jumbo. Marca Alimak Mod. L-632. HP 116. Energía Neumático. Peso 3,965 kilos. Valor (Va) --  
 \$6'333,600.00. Vida económica (Ve) 10,000 Hrs. 5 --  
 años; rescate (Vr) 10%. Tiempo estimado de permanencia en la obra (Te) 1.5 años 3,000 hrs.

D = depreciación  
 Ha = horas trabajo/año  
 i = tasa de interés anual (%)  
 s = prima anual de seguro (%)  
 Dr = duración del recurso (hrs)  
 T = % horario de operación  
 Ka = tasa de almacenaje (%)  
 Q = mantenimiento (%)  
 F = costo de fletes  
 I = costo de instalación y desmantelamiento  
 C = consumo.

C A R G O	FORMULA	C A L C U L O	IMPORTE \$ /HORA
Depreciación	$\frac{Va - Vr}{Ve}$	$\frac{\$6'333,600 - \$633,360}{10,000 \text{ hrs.}}$	\$ 570.02
Inversión	$(\frac{Va + Vr}{2 Ha})i$	$(\frac{\$6'333,600 + \$633,360}{4,000 \text{ hrs.}})0.15$	\$ 261.26
Seguros	$(\frac{Va + Vr}{2 Ha})s$	$(\frac{\$6'333,600 + \$633,360}{4,000 \text{ hrs.}})0.0172$	\$ 29.96
Almacenaje	Ka D	0.03 x \$570.02	\$ 17.10
Mantenimiento	Q D	0.80 x \$570.02	\$ 456.01
Fletes y ma- niobras	$\frac{F}{Te}$	$\frac{\$57,000 /flete}{3,000 \text{ hrs.}}$	\$ 19.00
COSTO MAQUINA OCIOSA			\$1,353.35

C A R G O	FORMULA	C A L C U L O	IMPORTE \$ /HORA
Lubricantes	$\frac{C \$}{Dr}$	$\frac{5 \text{ lt} \times \$ 70.00}{200 \text{ hrs.}}$	\$ 1.75
Filtros	$\frac{C \$}{Dr}$	$\frac{1 \text{ lote} \times \$ 2,800}{200 \text{ hrs.}}$	\$ 14.00
Acumuladores	$\frac{C \$}{Dr}$	$\frac{1 \times \$ 6,055}{2,000 \text{ hrs.}}$	\$ 3.02
Manguera de 2" ø	$\frac{C \$}{Dr}$	$\frac{25.0 \text{ m} \times 6,000}{1,000 \text{ hrs.}}$	\$ 150.00
Aceite hidráulico	$\frac{C \$}{Dr}$	$\frac{1 \times \$ 70.00}{1 \text{ hr.}}$	\$ 70.00

NOTA: el personal de operación que se carga en la cuadrilla correspondiente.

COSTO MAQUINA ACTIVA

\$1,592.12

- D) Máquina rezagadora. Marca Emico Nitsui - Mod. RS-150 HP 30. Energía Neumática. Peso 4 toneladas. Valor-(Va) \$5'844,000. Vida económica (Ve) 10,000 hrs.  $\frac{5}{10}$  - años; rescate (Vr) 10%. Tiempo estimado de permanencia en la obra (Te)  $\frac{1.25}{2}$  años 2,500 hrs.

D = depreciación  
 Ha = horas trabajo/año  
 i = tasa de interés anual (%)  
 s = prima anual de seguro (%)  
 Dr = duración del recurso (hrs)  
 T = % horario de operación  
 Ka = tasa de almacenaje (%)  
 Q = mantenimiento (%)  
 F = costo de fletes  
 I = costo de instalación y desmantelamiento  
 C = consumo.

C A R G O	FORMULA	C A L C U L O	IMPORTE \$ / HORA
Depreciación	$\frac{Va - Vr}{Ve}$	$\frac{\$5'844,000 - \$584,400}{10,000 \text{ hrs.}}$	\$ 525.96
Inversión	$(\frac{Va + Vr}{2 Ha})i$	$(\frac{\$5'844,000 + \$584,400}{4,000 \text{ hrs.}})0.15$	\$ 241.07
Seguros	$(\frac{Va + Vr}{2 Ha})s$	$(\frac{\$5'844,000 + \$584,400}{4,000 \text{ hrs.}})0.0172$	\$ 27.64
Almacenaje	Ka D	$0.03 \times \$ 525.96$	\$ 15.78
Mantenimiento	Q D	$0.80 \times \$ 525.96$	\$ 420.77
Fletes y maniobras	$\frac{F}{Te}$	$\frac{\$30,000 / \text{flete}}{2,500 \text{ hrs.}}$	\$ 12.00
COSTO MAQUINA OCIOSA			\$1,243.22



C A R G O	FORMULA	C A L C U L O	IMPORTE \$ / HORA
Lubricantes	$\frac{C \$}{Dr}$	$\frac{0.467 \times \$70.00/lt}{1 \text{ hr.}}$	\$ 32.69
Filtros	$\frac{C \$}{Dr}$	$\frac{1 \text{ lote} \times \$2,800.00}{200 \text{ hrs.}}$	\$ 14.00
Acumuladores	$\frac{C \$}{Dr}$	$\frac{1 \text{ Acumulador} \times \$2,800}{2000 \text{ hrs.}}$	\$ 1.40

NOTA: el personal de operación se carga en la cuadrilla correspondiente.

COSTO MAQUINA ACTIVA

\$1,291.31

E) Máquina tractor. Marca Caterpillar. Mod. D - 3. HP - 62. Energía Diesel. Peso 6 1/2 toneladas. Valor (Va) \$ 4'200,000.00. Vida económica (Ve) 10,000 hrs. 5 años; rescate (Vr) 10%. Tiempo estimado de permanencia en la obra (Te) 2 años 4,000 hrs.

D = depreciación  
 Ha = horas trabajo/año  
 i = tasa de interés anual (%)  
 s = prima anual de seguro (%)  
 Dr = duración del recurso (hrs)  
 T = % horario de operación  
 Ka = tasa de almacenaje (%)  
 Q = mantenimiento (%)  
 F = costo de fletes  
 I = costo de instalación  
 C = consumo

C A R G O	FORMULA	C A L C U L O	IMPORTE \$ /HORA
Depreciación	$\frac{Va - Vr}{Ve}$	$\frac{\$4'200,000 - \$420,000}{10,000 \text{ hrs.}}$	\$ 378.00
Inversión	$(\frac{Va + Vr}{2 Ha}) i$	$(\frac{\$4'200,000 + \$420,000}{4,000 \text{ hrs.}}) 0.15$	\$ 173.25
Seguros	$(\frac{Va + Vr}{2 Ha}) s$	$(\frac{\$4'200,000 + \$420,000}{4,000 \text{ hrs.}}) 0.0172$	\$ 19.87
Almacenaje	Ka D	0.03 x \$378.00	\$ 11.34
Mantenimiento	Q D	0.80 x \$378.00	\$ 302.40
Fletes y ma- niobras	$\frac{F}{Te}$	$\frac{\$25,000 / \text{flete}}{4,000 \text{ hrs.}}$	\$ 6.25
COSTO MAQUINA OCIOSA			\$ 891.11

C A R G O	FORMULA	C A L C U L O	IMPORTE \$ /HORA
Combustibles	$\frac{C}{Dr} \$$	$\frac{0.1514 \times \$ 10.00 \times 49 \text{ HP}}{1 \text{ hr.}}$	\$ 74.18
Lubricantes	$\frac{C}{Dr} \$$	$\frac{0.467 \times \$70.00}{1 \text{ hr.}}$	\$ 32.69
Filtros	$\frac{C}{Dr} \$$	$\frac{1 \text{ lote} \times \$2,800.00/\text{lote}}{200 \text{ hrs.}}$	\$ 14.00
Acumuladores	$\frac{C}{Dr} \$$	$\frac{\$8,400.00 / \text{acumulador}}{2,000 \text{ hrs.}}$	\$ 4.20

NOTA: el personal de operación se carga en la cuadrilla correspondiente.

COSTO MAQUINA ACTIVA

\$1,016.18

- F) Máquina volteador de vagonetas. Energía neumático -  
 Valor (Va) \$350,100.00. Vida económica (Ve) 6,000 -  
 hrs. 3 años; rescate (Vr) 10%. Tiempo estimado de  
 permanencia en la obra (Te) 1.25 años 2,500 hrs.

D = depreciación  
 Ha = horas trabajo/año  
 i = tasa de interés anual (%)  
 s = prima anual de seguro (%)  
 Dr = duración del recurso (hrs)  
 T = % horario de operación  
 Ka = tasa de almacenaje (%)  
 Q = mantenimiento (%)  
 F = costo de fletes  
 I = costo de instalación y desmantelamiento  
 C = consumo.

C A R G O	FORMULA	C A L C U L O	IMPORTE \$ /HORA
Depreciación	$\frac{Va - Vr}{Ve}$	$\frac{\$350,100 - \$35,010}{6,000 \text{ hrs.}}$	\$ 52.52
Inversión	$(\frac{Va + Vr}{2 Ha}) i$	$(\frac{\$350,100 + \$ 35,010}{4,000 \text{ hrs.}}) 0.15$	\$ 14.44
Almacenaje	$(\frac{Va + Vr}{2 Ha}) s$	$(\frac{\$350,100 + \$ 35,010}{4,000 \text{ hrs.}}) 0.0172$	\$ 1.66
Almacenaje	Ka D	0.03 x \$ 52.52	\$ 1.58
Mantenimiento	Q D	0.80 x \$ 52.52	\$ 42.02
Fletes y manio bras	$\frac{F}{Te}$	$\frac{\$ 7,000 / flete}{2,500 \text{ hrs.}}$	\$ 2.80
COSTO MAQUINA OCIOSA			\$ 115.02

NOTA: el personal de operación se carga en la cuadrilla correspondiente.

Máquina ventilador axial. Marca Booster Mod. F 42-36  
 Valor (Va) \$200,000.00. Vida económica (Ve) 10,000-  
 hrs. 5 años; (Vr) 10%. Tiempo estimado de permanen-  
 cia en la obra (Te) 2 años 4,000 hrs.

D = depreciación  
 Ha = horas trabajo/año  
 i = tasa de interés anual (T)  
 s = prima anual de seguro (%)  
 Dr = duración del recurso (hrs)  
 T = % horario de operación  
 Ka = tasa de almacenaje (%)  
 Q = mantenimiento (%)  
 F = costo de fletes.  
 I = costo de instalación y desmantelamiento  
 C = consumo

C A R G O	FORMULA	C A L C U L O	IMPORTE \$ /HORA
Depreciación	$\frac{Va - Vr}{Ve}$	$\frac{\$200,000 - \$20,000}{10,000 \text{ hrs.}}$	\$ 18.00
Inversión	$(\frac{Va + Vr}{2 Ha})_i$	$(\frac{\$200,000 + \$20,000}{4,000 \text{ hrs.}}) 0.15$	\$ 8.25
Seguros	$(\frac{Va + Vr}{2 Ha})_s$	$(\frac{\$200,000 + \$20,000}{4,000 \text{ hrs.}}) 0.0172$	\$ 0.95
Almacenaje	Ka D	0.03 x \$18.00	\$ 0.54
Mantenimiento	Q D	0.80 x \$18.00	\$ 14.40
Fletes y ma- niobras	$\frac{F}{Te}$	$\frac{\$ 7,000 / flete}{4,000 \text{ hrs.}}$	\$ 1.75
Montaje y des mantelamiento	$\frac{I}{Te}$	$\frac{\$ 2,600 / man.}{4,000 \text{ hrs.}}$	\$ 0.65
COSTO MAQUINA OCIOSA			\$ 44.54

NOTA: el personal de operación se carga en la cuadrilla correspondiente.

D) Máquina bomba lanzadora de concreto. Marca Emico - Mod. P-18. HP 22. Energía Neumático. Peso 600 kilos. Valor (Va)  $\frac{\$1'575,000.00}{10,000 \text{ hrs.}}$  5 años; rescate (Vr)  $\frac{10\%}{2,000 \text{ hrs.}}$ . Tiempo estimado de permanencia en la obra (Te) 1 año 2,000 hrs.

D = depreciación  
 Ha = horas trabajo/año  
 i = tasa de interés anual (%)  
 s = prima anual de seguro (%)  
 Dr = duración del recurso (hrs)  
 T = % horario de operación  
 Ka = tasa de almacenaje (%)  
 Q = mantenimiento (%)  
 F = costo de fletes  
 I = costo de instalación y desmantelamiento  
 C = consumo

C A R G O	FORMULA	C A L C U L O	IMPORTE S /HORA
Depreciación	$\frac{Va - Vr}{Ve}$	$\frac{\$1'575,000 - \$157,500}{10,000 \text{ hrs.}}$	\$ 141.75
Inversión	$(\frac{Va + Vr}{2 \cdot Ha}) i$	$(\frac{\$1'575,000 + \$157,500}{4,000 \text{ hrs.}}) 0.15$	\$ 64.97
Seguros	$(\frac{Va + Vr}{2 \cdot Ha}) s$	$(\frac{\$1'575,000 + \$157,500}{4,000 \text{ hrs.}}) 0.0172$	\$ 7.45
Almacenaje	Ka D	0.03 x \$ 141.75	\$ 4.25
Mantenimiento	Q D	0.80 x \$ 141.75	\$ 113.40
Fletes y maniobras	$\frac{F}{Te}$	$\frac{\$30,000 / flete}{2,000 \text{ hrs.}}$	\$ 15.00
COSTO MAQUINA OCIOSA			\$ 346.82

**TESIS CON  
 FALLA DE ORIGEN**

C A R G O	FORMULA	C A L C U L O	IMPORTE \$ /HORA:
Lubricantes	$\frac{C}{Dr} \$$	$\frac{0.467 \times \$ 70.00}{1 \text{ hr.}}$	\$ 32.69
Filtros	$\frac{C}{Dr} \$$	$\frac{1 \text{ lote} \times \$ 2,800.00/\text{lote}}{200 \text{ hrs.}}$	\$ 14.00
Nota: el personal de operación se carga en la cuadrilla correspondiente.			
COSTO MAQUINA ACTIVA			\$ 393.51

1)

Máquina perforada c/pierna. Marca Ingersoll-rand --  
 Mod. JR - 300. Energía Neumático. Peso 29 kilos s/  
 pierna. Valor (Ve) \$ 141,750.00. Vida económica (Ve)  
 4,800 hrs. 2.4 años; rescate (Vr) 10%. Tiempo es  
 timado de permanencia en la obra (Te) 0.5 años 1,000  
 hrs.

D = depreciación  
 Ha = horas trabajo/año  
 i = tasa de interés anual (%)  
 s = prima anual de seguro (%)  
 Dr = duración del recurso (hrs)  
 T = % horario de operación  
 Ka = tasa de almacenaje (%)  
 Q = mantenimiento (%)  
 F = costo de fletes  
 I = costo de instalación y desmantelamiento  
 C = consumo

C A R G O	FORMULA	C A L C U L O	IMPORTE \$ /HORA
Depreciación	$\frac{Va - Vr}{Ve}$	$\frac{\$ 141,750 - \$ 14,175}{4,800 \text{ hrs.}}$	\$ 26.58
Inversión	$(\frac{Va + Vr}{2 Ha})i$	$(\frac{\$ 141,750 + \$ 14,175}{4,000 \text{ hrs.}})0.15$	\$ 5.85
Seguros	$(\frac{Va + Vr}{2 Ha})s$	$(\frac{\$ 141,750 + \$ 14,175}{4,000 \text{ hrs.}})0.0172$	\$ 0.67
Almacenaje	Ka D	0.03 x \$ 26.58/hr	\$ 0.80
Mantenimiento	Q D	0.80 x \$ 26.58/hr	\$ 21.26
COSTO MAQUINA OCIOSA			\$ 55.16
Lubricantes	$\frac{C}{Dr} \$$	0.125 x \$ 70.00	\$ 8.75
COSTO DE MAQUINA ACTIVA			\$ 63.91

NOTA: el personal de operación se carga en la cuadrilla correspondiente.

**TESIS CON  
 FALLA DE ORIGEN**



J) Máquina compresor Marca Chicago-Feunatic. Mod. 600-HP 150. Energía eléctrico. Peso 3 toneladas Valor (Va) \$3'105,000.00. Vida económica (Ve) 10,000 hrs. 5 años; rescate (Vr) 10%. Tiempo estimado de permanencia en la obra (Te) 2 años, 4,000 hrs.

D = depreciación  
 Ha = horas trabajo/año  
 i = tasa de interés anual (%)  
 s = prima anual de seguro (%)  
 Dr = duración del recurso (hrs)  
 T = % horario de operación  
 Ka = tasa de almacenaje (%)  
 Q = mantenimiento (%)  
 F = costo de fletes  
 I = costo de instalación y desmantelamiento  
 C = consumo

C A R G O	FORMULA	C A L C U L O	IMPORTE \$ /HORA
Depreciación	$\frac{Va - Vr}{Ve}$	$\frac{\$ 3'105,000 - \$310,500}{10,000 \text{ hrs.}}$	\$ 279.45
Inversión	$(\frac{Va + Vr}{2 Ha}) i$	$(\frac{\$ 3'105,000 + \$310,500}{4,000 \text{ hrs.}}) 0.15$	\$ 128.08
Seguros	$(\frac{Va + Vr}{2 Ha}) s$	$(\frac{\$3'105,000 + \$310,500}{4,000 \text{ hrs.}}) 0.0172$	\$ 14.69
Almacenaje	Ka D	0.03 x \$279.45/hr.	\$ 8.38
Mantenimiento	Q D	0.80 x \$279.45/hr.	\$ 223.56
Fletes y maniobras	$\frac{F}{Te}$	$\frac{\$ 45,000.00/\text{flete}}{4,000 \text{ hrs.}}$	\$ 4.25
COSTO MAQUINA OCIOSA			\$ 665.41

NOTA: el personal de operación se carga en la cuadrilla correspondiente.

TESIS CON  
 FALLA DE ORIGEN

- K) Máquina bomba tipo sumidero de  $\phi=10''$ . Marca Byron - Jackson. HP 350. Energía eléctrica. Peso 40 kilos - Valor (Va) \$3'874,000.00. Vida económica (Ve) 5,000 hrs. 2.5 años; rescate (Vr) 10%. Tiempo estimado de permanencia en la obra (Te) 1.5 años 3,000 hrs.

D = depreciación  
 Ha = horas trabajo/año  
 i = tasa de interés anual (%)  
 s = prima anual de seguro (%)  
 Dr = Duración del recurso (hrs)  
 T = % horario de operación  
 Ka = tasa de almacenaje (%)  
 Q = mantenimiento (%)  
 F = costo de fletes  
 I = costo de instalación y desmantelamiento  
 C = consumo

C A R G O	FORMULA	C A L C U L O	IMPORTE \$ /HORA
Depreciación	$\frac{Va - Vr}{Ve}$	$\frac{\$ 3'874,000 - \$ 387,000}{5,000 \text{ hrs.}}$	\$ 697.32
Inversión	$(\frac{Va + Vr}{2 Ha})i$	$(\frac{\$ 3'874,000 + \$ 387,000}{4,000 \text{ hrs.}})0.15$	\$ 159.80
Seguros	$(\frac{Va + Vr}{2 Ha})s$	$(\frac{\$ 3'874,000 + \$ 387,000}{4,000 \text{ hrs.}})0.0172$	\$ 18.32
Almacenaje	Ka D	$0.03 \times \$ 697.32/\text{hr.}$	\$ 20.92
Mantenimiento	Q D	$0.80 \times \$ 697.32/\text{hr.}$	\$ 557.86
Fletes y maniobras	$\frac{F}{Te}$	$\frac{\$10,000.00/\text{flete}}{3,000 \text{ hrs.}}$	\$ 3.33
Montaje y desmantelamiento	$\frac{I}{Te}$	$\frac{\$20,000.00/\text{mont.}}{3,000 \text{ hrs.}}$	\$ 6.67
COSTO MAQUINA OCIOSA			\$1,464.22

NOTA: el personal de operación se carga en la cuadrilla correspondiente.

- L) Máquina bomba centrífuga de traspaleo de  $\phi=2''$  autocebante. Marca C.M.C. HP 2. Energía eléctrica. Peso - 35 kilos. Valor (Va) \$64,000.00. Vida económica - (Ve) 5,000 hrs. 2.5 años; rescate (Vr) 10%. Tiempo estimado de permanencia en la obra (Te) 1.5 años, -- 3,000 hrs.

D = depreciación  
 Ha = horas trabajo/año  
 i = tasa de interés anual (%)  
 s = prima anual de seguro (%)  
 Dr = duración del recurso (hrs)  
 T = % horario de operación  
 Ka = tasa de almacenaje (%)  
 Q = mantenimiento (%)  
 F = costo de fletes  
 I = costo de instalación y desmantelamiento  
 C = consumo

C A R G O	FORMULA	C A L C U L O	IMPORTE \$ /HORA
Depreciación	$\frac{Va - Vr}{Ve}$	$\frac{\$ 64,000 - \$ 6,400}{5,000 \text{ hrs.}}$	\$ 11.52
Inversión	$(\frac{Va + Vr}{2 Ha})i$	$(\frac{\$ 64,000 + \$ 6,400}{4,000 \text{ hrs.}})0.15$	\$ 2.64
Seguros	$(\frac{Va + Vr}{2 Ha})s$	$(\frac{\$ 64,000 + \$ 6,400}{4,000 \text{ hrs.}})0.0172$	\$ 0.30
Almacenaje	Ka D	$0.03 \times \$11.52/\text{hr.}$	\$ 0.35
Mantenimiento	Q D	$0.80 \times \$11.52/\text{hr.}$	\$ 9.22
Fletes y manio bras	$\frac{F}{Te}$	$\frac{\$4,500.00/\text{flete}}{3,000 \text{ hrs.}}$	\$ 1.50
COSTO MAQUINA OCIOSA			\$ 25.53

NOTA: el personal de operación se carga en la cuadrilla correspondien -  
te.

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

LL) Máquina bomba centrífuga de traspoleo  $\phi=3''$  autocebante. Marca C.M.C. HP 3. Energía eléctrica. Peso - 35 kilos. Valor (Va) \$89,500.00. Vida económica - (Ve) 10,000 hrs. 5 años; rescate (Vr) 10%. Tiempo estimado de permanencia en la obra (Te) 1.5 años, -- 3,000 hrs.

D = depreciación  
 Ha = horas trabajo/año  
 i = tasa de interés anual (%)  
 s = prima anual de seguro (%)  
 Dr = duración del recurso (hrs)  
 T = % horario de operación  
 Ka = tasa de almacenaje (%)  
 Q = mantenimiento (%)  
 F = costo de fletes  
 I = costo de instalación y desmantelamiento  
 C = consumo

C A R G O	FORMULA	C A L C U L O	IMPORTE \$ /HORA
Depreciación	$\frac{Va - Vr}{Ve}$	$\frac{\$ 89,500 - \$ 8,950}{10,000 \text{ hrs.}}$	\$ 8.06
Inversión	$\left(\frac{Va + Vr}{2 Ha}\right)i$	$\left(\frac{\$89,500 + \$ 8,950}{4,000 \text{ hrs.}}\right)0.15$	\$ 3.69
Seguros	$\left(\frac{Va + Vr}{2 Ha}\right)s$	$\left(\frac{\$89,500 + \$ 8,950}{4,000 \text{ hrs.}}\right)0.0172$	\$ 0.42
Almacenaje	Ka D	$0.03 \times \$8.06/\text{hr.}$	\$ 0.24
Mantenimiento	Q D	$0.80 \times \$8.06/\text{hr.}$	\$ 6.45
Fletes y manio bras	$\frac{F}{Te}$	$\frac{\$5,500.00/\text{flete}}{3,000 \text{ hrs.}}$	\$ 1.83
<b>COSTO MAQUINA OCIOSA</b>			<b>\$ 20.69</b>

NOTA: el personal de operación se carga en la cuadrilla correspondiente.

M) Máquina bomba centrífuga de traspaleo de  $\phi=4$ " autocebante. Marca C.M.C. HP 10. Energía eléctrica. Peso 40 kilos. Valor (Va) \$131,250.00. Vida económica - (Ve) 10,000 hrs. 5 años; rescate (Vr) 10%. Tiempo-estimado de permanencia en la obra (Te) 1.5 años, -- 3,000 hrs.

D = depreciación  
 Ha = horas trabajo/año  
 i = tasa de interés anual (%)  
 s = forma anual de seguro (%)  
 Dr = duración del recurso (hrs)  
 T = % horario de operación  
 Ka = tasa de almacenaje (%)  
 Q = mantenimiento (%)  
 F = costo de fletes  
 I = costo de instalación y desmentelamiento  
 C = consumo

C A R G O	FORMULA	C A L C U L O	IMPORTE \$ /HORA
Depreciación	$\frac{Va - Vr}{Ve}$	$\frac{\$ 131,250 - \$ 13,125}{10,000 \text{ hrs.}}$	\$ 11.81
Inversión	$\left(\frac{Va + Vr}{2 Ha}\right) i$	$\left(\frac{\$ 131,250 + \$ 13,125}{4,000 \text{ hrs.}}\right) 0.15$	\$ 5.41
Seguros	$\left(\frac{Va + Vr}{2 Ha}\right) s$	$\left(\frac{\$ 131,250 + \$ 13,125}{4,000 \text{ hrs.}}\right) 0.0172$	\$ 0.62
Almacenaje	Ka D	0.03 x \$11.81/hr.	\$ 0.35
Mantenimiento	Q D	0.80 x \$11.81/hr.	\$ 9.45
Fletes y ma- niobras	$\frac{F}{Te}$	$\frac{\$ 4,000.00/\text{flete}}{3,000 \text{ hrs.}}$	\$ 1.33
COSTO MAQUINA OCIOSA			\$ 28.97

NOTA: el personal de operación se carga en la cuadrilla correspondien-  
te.

N) Máquina bomba tipo pozo profundo. Marca Byron Jackson de  $\phi=10''$  HP 350. Energía eléctrica. Peso 40 kilos. Valor (Va) \$1'050,500.00. Vida económica (Ve) 10,000 hrs. 5.0 años; rescate (Vr) 10%. Tiempo estimado de permanencia en la obra (Te) 1.5 años, --- 3,000 hrs.

D = depreciación  
 Ha = horas trabajo/año  
 i = tasa de interés anual (%)  
 s = Prima anual de seguro (%)  
 Dr = duración del recurso (hrs)  
 T = % horario de operación  
 Ka = tasa de almacenaje (%)  
 Q = mantenimiento (%)  
 F = costo de fletes  
 I = costo de instalación y desmantelamiento  
 C = consumo

C A R G O	FORMULA	C A L C U L O	IMPORTE \$ /HORA
Depreciación	$\frac{Va - Vr}{Ve}$	$\frac{\$ 1'050,500 - \$ 105,000}{10,000 \text{ hrs.}}$	\$ 94.55
Inversión	$(\frac{Va + Vr}{2 Ha}) i$	$(\frac{\$ 1'050,500 + \$ 105,000}{4,000 \text{ hrs.}}) 0.15$	\$ 43.33
Seguros	$(\frac{Va + Vr}{2 Ha}) s$	$(\frac{\$ 1'050,500 + \$ 105,000}{4,000 \text{ hrs.}}) 0.0172$	\$ 4.97
Almacenaje	Ka D	$0.03 \times \$ 94.55 / \text{hr.}$	\$ 2.84
Mantenimiento	Q D	$0.80 \times \$ 94.55 / \text{hr.}$	\$ 75.64
Fletes y manio bras	$\frac{F}{Te}$	$\frac{\$ 11,000.00/\text{flete}}{3,000 \text{ hrs.}}$	\$ 3.66
COSTO MAQUINA OCIOSA			\$ 224.99

NOTA: el personal de operación se carga en la cuadrilla correspondiente.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

N) Máquina bomba para concreto. Marca Rex de 30m<sup>3</sup>/hr.--  
Mo. P-18. Hp 60. Energía Diesel. Peso 3,061 kilos  
Valor (Va) \$2'729,600.00. Vida económica (Ve) --  
10,000 hrs. 5 años; rescate (Vr) 10%. Tiempo esti-  
mado de permanencia en la obra (Te) 1 año 2,000 hrs.

D = depreciación  
 Ha = horas trabajo/año  
 i = tasa de interés anual (%)  
 s = prima anual de seguro (%)  
 Dr = duración del recurso (hrs)  
 T = % horario de operación  
 Ka = tasa de almacenaje (%)  
 Q = mantenimiento (%)  
 F = costo de fletes  
 I = costo de instalación y desmantelamiento  
 C = consumo.

C A R G O	FORMULA	C A L C U L O	IMPORTE \$ /HORA
Depreciación	$\frac{Va - Vr}{Ve}$	$\frac{\$ 2'729,600 - \$272,960}{10,000 \text{ hrs.}}$	\$ 245.66
Inversión	$(\frac{Va + Vr}{2 Ha})i$	$(\frac{\$ 2'729,600 + \$272,960}{4,000 \text{ hrs.}})0.15$	\$ 112.59
Seguros	$(\frac{Va + Vr}{2 Ha})s$	$(\frac{\$2'729,600 + 272,960}{4,000 \text{ hrs.}})0.0172$	\$ 12.88
Almacenaje	Ka D	0.03 x \$245.66/hr.	\$ 7.37
Mantenimiento	Q D	0.80 x \$245.66/hr.	\$ 196.53
Fletes	$\frac{F}{Te}$	$\frac{\$30,000.00/\text{flete}}{2,000 \text{ hrs.}}$	\$ 15.00
COSTO MAQUINA OCIOSA			\$ 590.03

C A R G O	FORMULA	C A L C U L O	IMPORTE \$ /HORA
Combustibles	$\frac{C}{Dr} \$$	$\frac{0.1514 \times 42HP \times 10.00}{1 \text{ hr.}}$	\$ 63.58
Lubricantes	$\frac{C}{Dr} \$$	$\frac{0.367 \times \$70.00 / 1t}{1 \text{ hr.}}$	\$ 25.69
Filtros	$\frac{C}{Dr} \$$	$\frac{1 \times \$2,800.00/\text{juego}}{200 \text{ hrs.}}$	\$ 14.00
Acumuladores	$\frac{C}{Dr} \$$	$\frac{\$5,110.00/\text{acum.}}{2,000 \text{ hrs.}}$	\$ 2.55

NOTA: el personal de operación se carga en la cuadrilla correspondiente.

COSTO MAQUINA ACTIVA

\$ 695.85

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**



- O) Máquina colocador neumático. Marca Press-weld. Mod. 1/2 MD3. HP 50 Energía neumático. Valor (Va) ---  
\$1'102,500.00. Vida económica (Ve) 10,000 Hrs. 5 -  
 años; rescate (Vr) 10%. Tiempo estimado de permanencia en la obra (Te) 1 año 2,000 hrs.

D = depreciación  
 Ha = horas trabajo/año  
 i = tasa de interés anual (%)  
 s = prima anual de seguro (%)  
 Dr = duración del recurso (hrs)  
 T = % horario de operación  
 Ka = tasa de almacenaje (%)  
 Q = mantenimiento (%)  
 F = costo de fletes  
 I = costo de instalación y desmantelamiento  
 C = consumo

C A R G O	FORMULA	C A L C U L O	IMPORTE \$ /HORA
Depreciación	$\frac{Va - Vr}{Ve}$	$\frac{\$1'102,500 - \$110,250}{10,000 \text{ hrs.}}$	\$ 99.23
Inversión	$(\frac{Va + Vr}{2 Ha}) i$	$(\frac{\$1'102,500 + \$110,250}{4,000 \text{ hrs.}}) 0.15$	\$ 45.48
Seguros	$(\frac{Va + Vr}{2 Ha}) s$	$(\frac{\$1'102,500 + \$110,250}{4,000 \text{ hrs.}}) 0.0172$	\$ 5.21
Almacenaje	Ka D	0.03 x \$99.23/hr.	\$ 2.98
Mantenimiento	Q D	0.80 x \$99.23/hr.	\$ 79.38
Fletes y maniobras	$\frac{F}{Te}$	$\frac{\$15,000.00/\text{Flete}}{2,000 \text{ hrs.}}$	\$ 7.50.
COSTO MAQUINA OCIOSA			\$ 239.78

**TESIS CON  
 FALLA DE ORIGEN**

C A R G O	FORMULA	C A L C U L O	IMPORTE \$ /HORA
Lubricantes	$\frac{C}{Dr} \$$	$\frac{\$0.467 \times \$70.00/lt}{1 \text{ hr.}}$	\$ 32.69
Filtros	$\frac{C}{Dr} \$$	$\frac{1 \text{ lote} \times \$2,800.00/\text{lote}}{200 \text{ hrs.}}$	\$ 14.00
Acumuladores	$\frac{C}{Dr} \$$	$\frac{\$5,110.00 \times / \text{acum.}}{2,000 \text{ hrs.}}$	\$ 2.55
COSTO MAQUINA ACTIVA			\$ 289.02

NOTA; el personal de operación se carga en la cuadrilla correspondiente.

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

# TESIS CON FALLA DE ORIGEN

128

P) Máquina vibrador. Marca C.P. Mod. CP 3250. Energía neumático. Peso 70 kilos. Valor (Va) \$30,000.00 -- Vida económica (Ve) 5,000 hrs. 2.5 años; rescate -- (Vr) 10%. Tiempo estimado de permanencia en la obra (Te) 1.5 años, 3,000 hrs.

D = depreciación  
 Ha = horas trabajo/año  
 i = tasa de interés anual (%)  
 s = prima anual de seguro (%)  
 Dr = duración del recurso (hrs)  
 T = % horario de operación  
 Ka = tasa de almacenaje (%)  
 Q = mantenimiento (%)  
 F = costo de fletes  
 I = costo de instalación y desmantelamiento  
 C = consumo

C A R G O	FORMULA	C A L C U L O	IMPORTE \$ /HORA
Depreciación	$\frac{Va - Vr}{Ve}$	$\frac{\$80,000 - \$8,000}{5,000 \text{ hrs.}}$	\$ 14.40
Inversión	$(\frac{Va + Vr}{2 Ha})i$	$(\frac{\$80,000 + \$8,000}{4,000 \text{ hrs.}})0.15$	\$ 3.30
Seguros	$(\frac{Va + Vr}{2 Ha})s$	$(\frac{\$80,000 + \$8,000}{4,000 \text{ hrs.}})0.0172$	\$ 0.378
Almacenaje	Ka D	0.03 x \$14.40/hr.	\$ 0.43
Mantenimiento	Q D	0.80 x \$14.40/hr.	\$ 11.52
Fletes y maniobras	$\frac{F}{Te}$	$\frac{\$1,000.00 / \text{flete}}{3,000 \text{ hrs.}}$	\$ 0.33
<b>COSTO MAQUINA OCIOSA</b>			<b>\$ 30.35</b>
Lubricantes	$\frac{C}{Dr}$	$\frac{0.125 \times \$70.00 / \text{lt.}}{1 \text{ hr.}}$	\$ 8.75
<b>NOTA: el personal de operación se carga en la cuadrilla correspondiente.</b>			
<b>COSTO MAQUINA ACTIVA</b>			<b>\$ 39.10</b>

- Q) Máquina carro agitador. Marca MIPSA. Mod. G-5. HP 8  
 Energía gasolina. Peso 144 kilos. Valor (Va) -  
\$200,000.00. Vida económica (Ve) 10,000 hrs. 5 años  
 rescate (Vr) 10%. Tiempo estimado de permanencia en  
 la obra (Te) 1 año, 2,000 hrs.

D = depreciación  
 Ha = horas trabajo/año  
 i = tasa de interés anual (%)  
 s = prima anual de seguro (%)  
 Dr = duración del recurso (hrs)  
 T = % horario de operación  
 Ka = tasa de almacenaje (%)  
 Q = mantenimiento (%)  
 F = costo de fletes  
 I = costo de instalación y desmantelamiento  
 C = consumo

C A R G O	FORMULA	C A L C U L O	IMPORTE \$ /HORA
Depreciación	$\frac{Va - Vr}{Ve}$	$\frac{\$200,000 - \$20,000}{10,000 \text{ hrs.}}$	\$ 18.00
Inversión	$(\frac{Va + Vr}{2 Ha}) i$	$(\frac{\$200,000 + \$20,000}{4,000 \text{ hrs.}}) 0.15$	\$ 8.25
Seguros	$(\frac{Va + Vr}{2 Ha}) s$	$(\frac{\$200,000 + \$20,000}{4,000 \text{ hrs.}}) 0.0172$	\$ 0.95
Almacenaje	Ka D	0.03 x \$18.00/hr.	\$ 0.54
Mantenimiento	Q D	0.80 x \$18.00/hr	\$ 14.40
Fletes y ma- niobras	$\frac{F}{Te}$	$\frac{\$3,000.00/\text{flete}}{2,000 \text{ hrs.}}$	\$ 1.5
COSTO MAQUINA OCIOSA			\$ 43.64

NOTA: el personal de operación se carga en la cuadrilla correspondiente.

R) Máquina planta dosificadora de concreto. Marca Rex-  
de 25 m<sup>3</sup>/hr. Hp 60. Energía eléctrica. Valor (Va) -  
\$6'500,000.00. Vida económica (Ve) 10,000 hrs. 5 -  
años; rescate (Vr) 10%. Tiempo estimado de permanencia  
en la obra (Te) 1.5 años, 3,000 hrs.

D = depreciación  
 Ha = horas trabajo/año  
 i = tasa de interés anual (%)  
 s = prima anual de seguro (%)  
 Dr = duración del recurso (hrs)  
 T = % horario de operación  
 Ka = tasa de almacenaje (%)  
 Q = mantenimiento (%)  
 F = costo de fletes  
 I = costo de instalación y desmantelamiento  
 C = consumo

C A R G O	FORMULA	C A L C U L O	IMPORTE \$ /HORA
Depreciación	$\frac{Va - Vr}{Ve}$	$\frac{\$6'500,000 - \$650,000}{10,000 \text{ hrs.}}$	\$ 585.00
Inversión	$(\frac{Va + Vr}{2 Ha})i$	$(\frac{\$6'500,000 + \$650,000}{4,000 \text{ hrs.}})0.15$	\$ 268.13
Seguros	$(\frac{Va + Vr}{2 Ha})s$	$(\frac{\$6'500,000 + \$650,000}{4,000 \text{ hrs.}})0.0172$	\$ 30.75
Almacenaje	Ka D	0.03 x \$585.00/hr.	\$ 17.55
Mantenimiento	Q D	0.80 x \$585.00/hr.	\$ 468.00
Fletes y ma- niobras	$\frac{F}{Te}$	$\frac{\$ 65,000.00 / flete}{3,000 \text{ hrs.}}$	\$ 21.66
Montaje y des- mantelamiento	$\frac{I}{Te}$	$\frac{\$ 30,000.00 / mont.}{3,000 \text{ hrs.}}$	\$ 10.00
COSTO MAQUINA OCIOSA			\$1,401.09

NOTA: el personal de operación se carga en la cuadrilla correspondiente.

- S) Máquina cargador frontal, Marca Michigan, Mod. 45-B  
 HP 105. Energía Diesel. Peso 7 1/2 toneladas. Valor (Va) \$7'980,000.00. Vida económica (Ve) 10,000-hrs. 5 años; rescate (Vr) 10%. Tiempo estimado de Permanencia en la obra (Te) 2 años, 4,000 hrs.

D = depreciación  
 Ha = horas trabajo/año  
 i = tasa interés anual (%)  
 s = prima anual de seguro (%)  
 Dr = duración del recurso (hrs)  
 T = % horario de operación  
 Ka = tasa de almacenaje (%)  
 Q = mantenimiento (%)  
 F = costo de fletes  
 I = costo de instalación y desmantelamiento  
 C = consumo

C A R G O	FORMULA	C A L C U L O	IMPORTE \$ /HORA
Depreciación	$\frac{Va - Vr}{Ve}$	$\frac{\$7'980,000 - \$798,000}{10,000 \text{ hrs.}}$	\$ 718.20
Inversión	$(\frac{Va + Vr}{2 Ha})i$	$(\frac{\$7'980,000 + \$798,000}{4,000 \text{ hrs.}})0.15$	\$ 329.19
Seguros	$(\frac{Va + Vr}{2 Ha})s$	$(\frac{\$7'980,000 + \$798,000}{4,000 \text{ hrs.}})0.0172$	\$ 37.75
Almacenaje	Ka D	$0.03 \times \$718.20/\text{hr.}$	\$ 21.55
Mantenimiento	Q D	$0.80 \times \$718.20/\text{hr.}$	\$ 574.56
Fletes y maniobras	$\frac{F}{Te}$	$\frac{\$135,000 / \text{flete}}{4,000 \text{ hrs.}}$	\$ 33.75
COSTO MAQUINA OCIOSA			\$1,714.99

C A R G O	FORMULA	C A L C U L O	IMPORTE \$ /HORA
Combustible	$\frac{C}{Dr} \$$	$\frac{0.0895 \times 105 \text{ HP} \times \$10,00/\text{lt}}{1 \text{ hrs.}}$	\$ 93.97
Lubricantes	$\frac{C}{Dr} \$$	$\frac{0.39 \times \$70.00 / \text{lt.}}{1 \text{ hr.}}$	\$ .27.30
Filtros	$\frac{C}{Dr} \$$	$\frac{\$2,100 / \text{juego}}{200 \text{ hrs.}}$	\$ 10.50
Acumuladores	$\frac{C}{Dr} \$$	$\frac{\$8,300 / \text{acum.}}{2,000 \text{ hrs.}}$	\$ 4.15
Llantas	$\frac{C}{Dr} \$$	$\frac{1 \text{ juego} \times \$90,000}{2,500 \text{ hrs.}}$	\$ 36.00

NOTA: el personal de operación se carga en la cuadrilla correspondiente.

COSTO MAQUINA ACTIVA

\$1,886.91

T) Máquina planta trituradora y clasificadora. Marca - Rex de 70/ton/hr. HP 300. Energía Diesel. Valor - (Va) 10'395,000.00. Vida económica (Ve) 10,000. -- hrs. 5 años; rescate (Vr) 10%. Tiempo estimado de permanencia en la obra (Te) 1.5 años, 3,000 hrs.

D = depreciación  
 Ha = horas trabajo/año  
 i = tasa de interés anual (%)  
 s = prima anual de seguro (%)  
 Dr = duración del recurso (hrs)  
 T = % horario de operación  
 Ka = tasa de almacenaje (%)  
 Q = mantenimiento (%)  
 F = costo de fletes  
 I = costo de instalación y desmantelamiento  
 C = consumo

C A R G O	FORMULA	C A L C U L O	IMPORTE \$ /HORA
Depreciación	$\frac{Va - Vr}{Ve}$	$\frac{\$10'395,000 - \$103,950}{10,000 \text{ hrs.}}$	\$1,029.10
Inversión	$(\frac{Va + Vr}{2 Ha})i$	$(\frac{\$10'395,000 + \$103,950}{4,000 \text{ hrs.}})0.15$	\$ 393.71
Seguros	$(\frac{Va + Vr}{2 Ha})s$	$(\frac{\$10'395,000 + \$103,950}{4,000 \text{ hrs.}})0.0172$	\$ 45.14
Almacenaje	Ka D	0.03 x \$1,029.10/hr.	\$ 30.87
Mantenimiento	Q D	0.80 x \$1,029.10/hr.	\$ 823.28
Fletes y ma- niobras	$\frac{F}{Te}$	$\frac{\$60,000.00/\text{flete}}{3,000 \text{ hrs.}}$	\$ 20.00
Montaje y des- mantelamiento	$\frac{I}{Te}$	$\frac{\$30,000.00/M y D}{3,000 \text{ hrs.}}$	\$ 10.00
COSTO MAQUINA OCIOSA			\$2,352.10



Combustible	$\frac{C}{Dr}$ \$	$\frac{0.0895 \times 300HP \times 10.00}{1 \text{ hr.}}$	\$ 268.50
Lubricantes	$\frac{C}{Dr}$ \$	$\frac{1.056 \times \$ 70.00}{1 \text{ hr.}}$	\$ 73.92
Filtros	$\frac{C}{Dr}$ \$	$\frac{1 \text{ lote} \times \$ 2,800.00}{200 \text{ hrs.}}$	\$ 14.00
Acumuladores	$\frac{C}{Dr}$ \$	$\frac{1 \times \$12,000.00}{2,000 \text{ hrs.}}$	\$ 6.00

NOTA: el personal de operación se carga en la cuadrilla correspondiente.

COSTO MAQUINA ACTIVA

\$2,714.52

Máquina camión volteo de 6 m<sup>3</sup>, Marca Ford. Mod.F-600  
 HP 150. Energía gasolina. Peso 3,900 kilos. Valor -  
 (Va) \$1'231,250.00. Vida económica (Ve) 10,000 hrs.-  
5 años; rescate (Vr) 10%. Tiempo estimado de perma-  
 nencia en la obra (Te) 2 años, 4,000 hrs.

- D = depreciación  
 Ha = horas trabajo/año  
 i = tasa de interés anual (%)  
 s = prima anual de seguro (%)  
 Dr = duración del recurso (hrs)  
 T = % horario de operación  
 Ka = tasa de almacenaje (%)  
 Q = mantenimiento (%)  
 F = costo de fletes  
 I = costo de instalación y desmantelamiento  
 C = consumo.

C A R G O	FORMULA	C A L C U L O	IMPORTE \$ /HORA
Depreciación	$\frac{Va - Vr}{Ve}$	$\frac{\$1'231,250 - \$123,125}{10,000 \text{ hrs.}}$	\$ 110.81
Inversión	$(\frac{Va + Vr}{2 Ha})_i$	$(\frac{\$1'231,250 + \$123,125}{4,000 \text{ hrs.}})0.15$	\$ 50.78
Seguros	$(\frac{Va + Vr}{2 Ha})_s$	$(\frac{\$1'231,250 + \$123,125}{4,000 \text{ hrs.}})0.0172$	\$ 5.82
Almacenaje	Ka D	0.03 x \$110.81	\$ 3.32
Mantenimiento	Q D	0.80 x \$110.81	\$ 88.64
COSTO MAQUINA OCIOSA			\$ 259.37

C A R G O	FORMULA	C A L C U L O	IMPORTE \$ /HORA
Combustibles	$\frac{C}{Dr} \$$	$\frac{0.0893 \times 150HP \times \$20.00}{1 \text{ hr.}}$	\$ 267.90
Lubricantes	$\frac{C}{Dr} \$$	$\frac{0.467 \times \$70.00/lt}{1 \text{ hr.}}$	\$ 32.69
Filtros	$\frac{C}{Dr} \$$	$\frac{1 \times \$2,100.00}{200 \text{ hrs.}}$	\$ 10.50
Acumuladores	$\frac{C}{Dr} \$$	$\frac{1 \times \$5,110.00}{2,000 \text{ hrs.}}$	\$ 2.55
Llantas	$\frac{C}{Dr} \$$	$\frac{1 \text{ juego} \times 72,000.00}{2,500 \text{ hrs.}}$	\$ 28.80

NOTA: el personal de operación se carga en la cuadrilla correspondiente.

COSTO MAQUINA ACTIVO	\$ 601.81
----------------------	-----------

Máquina camión redilas de 8 toneladas. Marca Ford-  
 Mod. F-600. HP 180. Energía gasolina. Peso 3,500-  
 kilos. Valor (Va) \$1'500,000.00. Vida económica -  
 (Ve) 10,000 hrs. 5 años; rescate (Vr) 10%. tiempo  
 estimado de permanencia en la obra (Te) 2 años, --  
 4,000 hrs.

- D = depreciación  
 Ha = horas trabajo/año  
 i = tasa de interés anual (%)  
 s = prima anual de seguro (%)  
 Dr = duración del recurso  
 T = % horario de operación  
 Ka = tasa de almacenaje (%)  
 Q = mantenimiento (%)  
 F = costo de fletes  
 I = costo de instalación y desmantelamiento  
 C = consumo

C A R G O	FORMULA	C A L C U L O	IMPORTE \$ /HORA
Depreciación	$\frac{Va - Vr}{Ve}$	$\frac{\$1'500,000 - \$150,000}{10,000 \text{ hrs.}}$	\$ 135.00
Inversión	$(\frac{Va + Vr}{2 Ha})i$	$(\frac{\$1'500,000 + \$150,000}{4,000 \text{ hrs.}})0.15$	\$ 61.87
Seguros	$(\frac{Va + Vr}{2 Ha})s$	$(\frac{\$1'500,000 + \$150,000}{4,000 \text{ hrs.}})0.0172$	\$ 7.09
Almacenaje	Ka D	0.03 x \$135.00/hr.	\$ 4.05
Mantenimiento	Q D	0.80 x \$135.00/hr.	\$ 108.00
COSTO MAQUINA OCIOSA			\$ 316.01

C A R G O	FORMULA	C A L C U L O	IMPORTE \$ /HORA
Combustible	$\frac{C}{Dr} \$$	$\frac{0.0895 \times 180HP \times 20.00/lt}{1 \text{ hr.}}$	\$ 322.20
Lubricantes	$\frac{C}{Dr} \$$	$\frac{0.467 \times \$70.00}{1 \text{ hr.}}$	\$ 32.69
Filtros	$\frac{C}{Dr} \$$	$\frac{\$2,100.00}{200 \text{ hrs.}}$	\$ 10.50
Acumuladores	$\frac{C}{Dr} \$$	$\frac{1 \times 4,380}{200 \text{ hrs.}}$	\$ 2.19
Llantas	$\frac{C}{Dr} \$$	$\frac{1 \text{ juego} \times \$117,000.00}{2,500 \text{ hrs.}}$	\$ 46.80

NOTA: el personal de operación se carga en la cuadrilla correspondiente.

COSTO MAQUINA ACTIVA

\$ 730.39

Máquina camión pipa de 6 m<sup>3</sup>. Marca Ford. Mod. F-600 HP 180. Energía gasolina. Peso 5,276 kilos. Valor (Va) \$1'375,000.00. Vida económica (Ve) 10,000 hrs. 5 años; rescate (Vr) 10%. Tiempo estimado de permanencia en la obra (Te) 2 años, 4,000 hrs.

- D = depreciación  
 Ha = horas trabajo/año  
 i = tasa de interés anual (%)  
 s = prima anual de seguro (%)  
 Dr = duración del recurso (hrs)  
 T = % horario de operación  
 Ka = tasa de almacenaje (%)  
 Q = mantenimiento (%)  
 F = costo de fletes  
 I = costo de instalación y desmantelamiento  
 C = consumo.

C A R G O	FORMULA	C A L C U L O	IMPORTE \$ /HORA
Depreciación	$\frac{Va - Vr}{Ve}$	$\frac{\$1'375,000 - \$137,500}{10,000 \text{ hrs.}}$	\$ 123.75
Inversión	$(\frac{Va + Vr}{2 Ha})_i$	$(\frac{\$1'375,000 + \$137,500}{4,000 \text{ hrs.}}) 0.15$	\$ 56.71
Seguros	$(\frac{Va + Vr}{2 Ha})_s$	$(\frac{\$1'375,000 + \$137,500}{4,000 \text{ hrs.}}) 0.0172$	\$ 6.50
Almacenaje	Ka D	0.05 x \$123.75/hr.	\$ 3.71
Mantenimiento	Q D	0.80 x \$123.75/hr.	\$ 99.00
COSTO MAQUINA OCIOSA			\$ 289.67

C A R G O	FORMULA	C A L C U L O	IMPORTE \$ /HORA
Combustible	$\frac{C}{Dr} \$$	$\frac{0.0895 \times 180 \text{ HP} \times \$20.00}{1 \text{ hr.}}$	\$ 322.20
Lubricantes	$\frac{C}{Dr} \$$	$\frac{0.467 \times \$ 70.000}{1 \text{ hr.}}$	\$ 32.69
Filtros	$\frac{C}{Dr} \$$	$\frac{\$2,100.00/\text{juego}}{200 \text{ hrs.}}$	\$ 10.50
Acumuladores	$\frac{C}{Dr} \$$	$\frac{1 \text{ acumulador} \times 4,380.00}{200 \text{ hrs.}}$	\$ 2.19
Llantas	$\frac{C}{Dr} \$$	$\frac{1 \text{ juego} \times \$117,000.00}{2,500 \text{ hrs.}}$	\$ 46.80

NOTA: el personal de operación se carga en la cuadrilla correspondiente.

COSTO MAQUINA ACTIVA

\$ 704.05

## 7.2 CATALOGO DE COSTO DE MAQUINARIA Y EQUIPO

M A Q U I N A	COSTO HORARIO (\$)	
	OCIOSA	ACTIVA
a) Equipo ferroviario		
- Locomotora diesel 8 toneladas (Plymouth)	\$ 1,135.30	\$ 1,307.31
- Vagoneta	97.48	97.48
Cambio California	335.43	335.43
b) Equipo para excavación de túnel		
- Jumbo L-632 Alimak (2 brazos)	1,353.35	1,592.12
- Rezagadora Mitzui-Emico Rs-150	1,243.22	1,291.31
- Tractor CAT D-3	891.11	1,016.18
- Volteador neumático de vagonetas	1,115.02	1,115.02
c) Equipo para ventilación de túnel		
- Ventilador (axial)	44.54	44.54
ch) Equipo para ademado		
- Lanzadora de concreto Emico	346.82	393.51
- Perforadora c/p pierna JR-300	55.16	63.91
d) Equipo para generar aire comprimido		
- Compresor 600 ton (Chicago)	665.41	665.41
e) Equipo para bombeo		
- Bomba de sumidero	1,464.22	1,464.22
- Bomba centrífuga -traspaleo $\phi$ 2" autocebante	25.53	25.53
- Bomba centrífuga - traspaleo $\phi$ =3" autocebante	20.69	20.69
- Bomba centrífuga - traspaleo $\phi$ =4" autocebante	28.97	28.97
- Bomba de pozo profunda Byron Jackson $\phi$ =10"	224.99	224.99
f) Equipo para revestimiento de túnel		
- Bomba para concreto (Rex) 30 m <sup>3</sup> /hr.	590.03	695.85

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**



M A Q U I N A	COSTO HORARIO (\$)	
	OCIOSA	ACTIVA
- Colocador neumático Press-Weld	239.78	289.02
- Vibrador neumático CP 3250	30.35	39.10
- Carro agitador	43.64	43.64
- Planta de concreto 25m <sup>3</sup> /hr (dosificadora)	1,401.09	1,401.09
- Cargador frontal (Michigan 45B)	1,714.99	1,886.91
- Planta trituradora y clasificadora 70 ton/hr	2,352.10	2,714.52
g) Equipo para transportes		
- Camión volteo 6 m <sup>3</sup> F-600	259.37	601.81
- Camión redilas 8 ton F-60	316.01	730.39
- Auto-tanque pipa 6m <sup>3</sup> F-60	289.67	704.05

C A P I T U L O VIII

DETERMINACION DEL COSTO DE CON  
DUCCIONES Y SERVICIOS

## DETERMINACION DEL COSTO DE CONDUCCIONES Y SERVICIOS

Considerándose como conducciones y servicios: las vías férreas, red de alumbrado de la cual se calculó su costo unitario por metro de túnel mismo que se repartió proporcionalmente entre las distintas actividades, red telefónica, líneas para agua de barrenación y otros usos dentro del túnel, aire comprimido, ventilación y el sistema eléctrico.

### 8.1 VIAS FERREAS

#### PLAN GENERAL

- La vía será de 0.91 cm. de escantillón construida con rieles de 60 lb/yd apoyada sobre durmientes.
  - Se instalarán cambios fijos del No. 5 a cada 200 m.
  - El patio en el portal de entrada tendrá un desarrollo aproximado de 300 m. y constará de 2 laderos y 1 espuela equipados con cambios del No. 5.
  - En cada cruce de lumbrera se construirá un desarrollo de vía de 500 m. con cambios del No. 5.
  - El patio en el portal de salida tendrá un desarrollo aproximado de 200 m. y constará de 2 laderos y 1 espuela equipados con cambios del No. 5.
  - Para referencia de las lumbreras ver croquis.
- COSTO:

#### A) Materiales para vía sencilla

Riel 60 lb/yd	<u>2 m a \$824.35</u>		
incluye planchuelas	1 m vía	=	\$ 1,648.70/m

Durmientes 5" x 6" x 4"  $\frac{1 \text{ pza a } \$414.05}{1 \text{ m. vfa}} = \$ 414.05/\text{m.}$

Clavo de vfa 9/16"x5 1/2"  $\frac{7.0 \text{ a } \$50.00/\text{pza}}{1 \text{ m. vfa}} = \$ 350.00/\text{m.}$

Tornillería 3/4" x 4"  $\frac{0.8 \text{ a } \$18.00/\text{pza}}{1 \text{ m. vfa}} = \$ 14.40/\text{m.}$

Costo de materiales para vfa sencilla = \$2,427.15/m.

B) Materiales para cambios

Cambio No. 3 completo

Durmientes para cambio No. 5

Costo cambio No. 5 \$89,990.48/jgo.

C) Costo de material por metro de túnel

Longitud total de vfa:

Longitud neta del túnel = 10,000 m.

Patio de entrada = 200 m.

Cruceros en lumbreras = 200 m.

Patio de salida = 200 m.

Laderos en cambios fi-

jos = 100 m.

Suma = 10,700 m.

Costo vfa sencilla = 10,700 m. a \$2,427.15 = \$25'970,505.00

Costo cambios:

Cambio No. 5, 21 pza a \$89,990.48/jgo = \$1'889,800.10

Costo total de cambios = \$1'889,800.10

= \$1'889,800.10

Costo total = \$27'869,305.10

Costo unitario =  $\frac{\$27'860,305.10 \text{ total materiales}}{10,000 \text{ m. de longitud neta}} = \$2,786.04/\text{m}$

ch) Mano de obra y equipo

(incluido en la cuadrilla correspondiente)

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

d)	Costo unitario de vfas	\$ 2,786.04/m.
e)	Prorrata del costo unitario	
	Duración de la excavación	días/frente = 100%
	Cargo a excavación = \$2,786.04/m x 100% =	\$ 2,786.04

## 8.2 RED DE ALUMBRADO

### PLAN GENERAL:

El alumbrado en el interior del túnel y lumbreras se rá a base de lámparas de cuarzo instaladas a 2.40 m. de separación promedio.

Se estimará la duración media de cada lámpara en -- 1000 hrs. ó 42 días de calendario, incluyendo las que se rompan.

En el frente de perforación se instalarán lámparas - de 500 watts, las que al consumirse se sustituirán por los filamentos de 500 watts.

Se empleará una tensión de 220 volts. y la línea con ductora será de 3 hilos en calibre 3 soportada por bastidores y aisladores tipo carrete a cada 20 m.

Los transformadores reductores de 30 KVA se instalarán a cada 700 m. promedio.

### COSTO:

#### A) Materiales

Longitud de la línea conductora para alumbrado:

Horizontal	=	10,000 m.	
Vertical	=	240 m.	
Suma	!	= 10,240x3m.	a \$26.65/m = \$818,688.00

Soportes =  $\frac{10,240 \text{ m. long. total}}{20 \text{ m. separación}} = 512.0/\text{pza}$   
 a \$350.00 = \$179,200.00

Pantallas =  $\frac{10,240 \text{ m. long. total}}{20 \text{ m. separación}} \times 100\% = 51.20 \text{ pza}$

Costo: 51 pzas. a \$1,500.00/pza = \$ 76,500.00

Materiales aislantes 10,240 m. línea a 2.0/m. línea = \$122,880.00

Lámpara de 500 watts. en los frentes  
 $\frac{00.00/\text{lámpara} \times 33 \text{ m. long. túnel}}{1 \text{ m. separación/lámpara}} = \$ 16,500.00$

Composición con filamentos de 500 watts  
 $\frac{660 \text{ días duración obra}}{\text{días duración lámpara}} = \text{No. lámparas } \frac{70}{2}$   
 = 550 pzas.

Costo: 550 pzas a \$3,500.00/pza. = \$1'925,000.00

Mano de obra (incluido en la cuadrilla correspondiente)

0 Equipo

Transformador reductor  
 $\frac{10,240 \text{ m. long. línea} \times \$97,280 \text{ cargo/transf.}}{700 \text{ m. sep. entre transformadores} \times 2} = \$711,533.71$

Costo total = \$3'850,301.71

Costo unitario =  $\frac{\$3'850,301.71 \text{ costo total}}{10,000 \text{ m. de túnel}} = \$ 385.03/\text{m.}$

**TESIS CON  
 FALLA DE ORIGEN**

## 8.3 RED TELEFONICA

## PLAN GENERAL

- Estaciones en el interior del túnel: a lo largo del túnel a cada 500 mts.
- Estaciones exteriores: en cada caseta de construcción (4)
- Intercomunicación exterior entre: oficinas México población Huixquilucan.
- Tipo de comunicación: automática.

## COSTO

## A) Materiales

Alambre tipo T.W.D. Cal. No. 14	30,720.00	= \$ 503,500.80
m. a \$16.39		
SopORTE de línea	512 pzas. a \$350.00	= \$ 179,200.00
Postes completos	200 pzas a \$3,500.00	= \$ 700,000.00
Material aislante y diversos	1 lote a \$100,000.00	= \$ 100,000.00
		= \$1'482,700.80

## B) Mano de obra (considerada en cuadrilla correspondiente).

## C) Equipo

Aparatos telefónicos	= 15 pzas.	
Más reserva	= 4 pzas.	
Suma	= 19 pzas	
19 pzas x \$29,300.00		= \$ 556,700.00
Conmutador 19 extensiones a \$350,000.00		= \$ 350,000.00
Costo Total		= \$2'389,400.80

Costo unitario =  $\frac{\$2'389,400.80 \text{ costo total}}{10,000 \text{ m. de túnel}}$  = \$ 238.94/m.

ch) Cargo prorrateado

Excavación días 100% = \$ 238.94/m.

Nota: se amortizará la red telefónica al 100% en la excavación.

#### 8.4 LINEAS DE AGUA PARA BARRENACION Y OTROS USOS DENTRO-DEL TUNEL

##### PLAN GENERAL

Para los frentes tanto del portal de entrada como el portal de salida, así como las lumbreras 1 y 2, el agua se obtendrá de Huixquilucan y Salazar.

Cada frente requerirá un gasto de 24 lt./seg. a una presión mínima de 6.32 kg/cm<sup>2</sup>, que se conducirá con tubería de fierro galvanizado de 50 mm (2")  $\phi$ , con juntas fierro fundido y válvulas de seccionamiento - tipo compuerta roscada colocadas a cada 200 mts.

La longitud de tubería prevista para cada frente es:

Frente No. 1	PE-L1:	1,850.0 m.
Frente No. 2	L1-PE:	3,000.0 m.
Frente No. 3	L1-L2:	2,150.0 m.
Frente No. 4	L2-L1:	2,150.0 m.
Frente No. 5	L2-PS:	2,050.0 m.
Frente No. 6	PS-L2:	1,850.0 m.

S u m a: = 13,050.0 m.

Los soportes para la tubería serán los mismos que soportan el aire comprimido (y soporte adicional) instalados a cada 6.3 m.

El agua se suministrará empleando el sistema de acción de la gravedad.



## COSTO:

## A) Materiales

Tuberfa de fierro galvanizado de 50 mm  
(2")  $\phi$  negro con rosca, con cople --  
13,050 m. a \$350.00 = \$4'567,500.00

Juntas coples (refacci3n) 350 pzas. -  
a \$81.00 = \$ 28,350.00

Válvulas de seccionamiento  $\frac{13,050 \text{ m. tuberfa}}{200 \text{ m. entre válv.}}$   
65 piezas a \$ 5,300.00 = \$ 334,500.00

Soportes  $\frac{13,050 \text{ m. long. de línea}}{6 \text{ } 30 \text{ m. de separación}} =$   
2,071 a \$120.00 = \$ 248,520.00

S u m a = \$5'188,870.00

Nota: la mano de obra está incluida en la cuadrilla corres  
pondiente.

## RESUMEN DE COSTO:

Materiales = \$ 5'188,870.00

Costo unitario =  $\frac{\$5'188,870.00 \text{ costo total}}{10,000 \text{ m. de túnel}} = \$518.89/\text{m.}$

## B) Cargo prorrateado

Excavación días = 100% = \$518.89/m.

Nota: se amortiza al 100% en la excavación.

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

**6** AIRE COMPRIMIDO

**Nota:** el equipo de aire comprimido está considerado en el equipo de excavación y revestimiento así como el cargo por consumo de energía.

**5.1** TUBERIA PARA AIRE COMPRIMIDO

Determinación de diámetro de tubería

**Annual** Empleando la fórmula (pág. 10-23) del tomo III del sobre el Cálculo de precios de la SARH:

$$F = \frac{C L Q^2}{r d^5}$$

donde:

F = pérdida admisible de presión manométrica en psi  
 L = longitud de la tubería de conducción en pies  
 Q = caudal de aire libre expresado en pies cúbicos - por segundo  
 r = relación de compresión  
 d = diámetro interior de la tubería en pulgadas  
 C = coeficiente experimental para tubería de acero  
 $\frac{0.1025}{d^{0.31}}$

donde  $d = \sqrt[5]{\frac{5.31}{F \times r} \times \frac{0.1025 L \times Q^2}{}}$

Para frente portal de entrada:

L = 1650 m. = 5413.0 pies  
 Q = 1200 pcm = 20 p.c.s.  
 F = 10 psi

$$r = \frac{14.7 \text{ psi} + 200 \text{ psi}}{14.7 \text{ psi}} = 14.61$$

$$\therefore d = \sqrt[5]{\frac{5.31}{10 \text{ psi} \times 14.61} \times \frac{0.1025 \times 5413.0 \times 400}{}} = 3.97'' \phi$$

: práctico = 4.0''  $\phi$

b) Para frente lumbreira No. 1 a L-2

L horizontal = 1700 m = 5,577 pies  
 Q = 1200 pcm = 20 pcs.  
 F y r determinados para caso anterior

$$\therefore d = \sqrt{5.31 \frac{0.1025 \times 5577 \times 400}{10 \text{ psi} \times 14.61}} = 3.99'' \phi : \text{práctico } 4'' \phi$$

c) Para frente lumbreira No. 2

L horizontal de lumbreira No. 2 a Lumbreira No. 1  
 = 1700m = 5577 pies  
 L horizontal de lumbreira No. 2 a portal de salida  
 = 1650 m = 5413 pies.

Frente L-2 a L-1

L = 5577 pies  
 Q<sub>1</sub> = 1200 pcm = 20 pcs  
 F y r determinados para caso anterior

$$\therefore d = \sqrt{5.31 \frac{0.1025 \times 5577 \times 400}{10 \text{ psi} \times 14.61}} = 3.99'' \phi : \text{práctico } 4'' \phi$$

Frente L-2 - Portal de salida

L = 5413 pies  
 Q<sub>2</sub> = 1200 pcm = 20 pcs  
 F y r determinados para caso anterior

$$\therefore d = \sqrt{5.31 \frac{0.1025 \times 5413 \times 400}{10 \text{ psi} \times 14.61}} = 3.97'' \phi : \text{práctico } 4'' \phi$$

d) Frente portal de salida - L2

L = 1650 m = 5413 pies

# TESIS CON FALLA DE ORIGEN

153

Q = 1200 pcm = 20 pcs  
F y r determinados para caso anterior

$$d = \sqrt{5.31 \frac{0.1025 \times 5413 \times 400}{10 \text{ psi} \times 14.61}} = 3.97" \phi: \text{práctico } 4" \phi$$

## 6.2 COSTO TUBERIA Y ACCESORIOS

### Materiales

100 de acero ced. 40 de 100 mm (4")  
10,000 m. a \$1,200.00/m. = \$12'000,000.00

Cuentas victaulic de 100 mm (4")  $\phi$   
 $\frac{10,000 \text{ m. tubería}}{6/\text{m sep.}} = 1,667.00 \text{ pzas}$   
a \$463.00 = \$ 771,821.00

Valvula de seccionamiento 100 mm (4")  $\phi$   
 $\frac{10,000 \text{ m. tubería}}{1,000/\text{m. sep.}} = 10.00 \text{ pzas}$   
a \$5,300.00 = \$ 53,000.00

Piezas especiales para tubería de 100mm.  
)  $\phi$ : 1 lote a \$100,000.00 = \$ 100,000.00

Soporte para tubería  $\frac{10,000 \text{ m. tubería}}{3/\text{m. sep.}}$   
3,333 piezas a \$15.00/pza = \$ 49,995.00

Suma = \$12'974,816.00

Prorrateo:

Cargos a excavación  $\frac{\$12'974,816.00 \times 100\% \text{ dfas}}{10,000 \text{ dfas}} = \$1'297.48/\text{ml.}$

## b) Tuberfa

$$\text{Costo unitario} = \frac{\$12'974,816.00 \text{ costo total}}{10,000/\text{m. de túnel}} = \$1,297.48/\text{m}$$

## 8.6 VENTILACION

Se proponen ventiladores sobre línea

Tipo de tuberfa galvanizada Cal. No. 18 en tramos de 8.0 m.

## 8.6.1 NECESIDADES DE AIRE POR FRENTE (SEGUN ESPECIFICACIONES)

Por cada persona	50 pcm
Por cada motor de combustión interna	50 pcm/hp

Demandas por frente:

1°

Por frente de portal:		
30 personas x 50 pcm/persona	=	1500 pcm
2 locomotoras x 60 HP = 120 HP		
Suma = 120 HP x 50 pcm/HP	=	6000 pcm
<b>S u m a</b>		<b>7500 pcm</b>

Más el 10% de fugas en tuberías	=	750 pcm
<b>Demanda total de aire fresco</b>	=	<b>8250 pcm</b>

2°

Por frente de lumbrera:		
35 personas x 50 pcm/persona	=	1750 pcm
2 locomotoras x 60 HP = 120 HP		
Suma = 120 HP x 50 pcm	=	6000 pcm
<b>S u m a</b>		<b>7750 pcm</b>
Más el 10% de fugas en tuberías	=	775 pcm
<b>Demanda total de aire fresco</b>	=	<b>8525 pcm</b>

# TESIS CON FALLA DE ORIGEN

155

## 6.2 DETERMINACION DEL DIMAETRO DE LA TUBERIA PARA VENTI- LACION

Fórmula aproximada de uso general

$$h = \frac{0.0017 Q^2 l}{D^5}$$

donde:

h = carga estática en pulgadas de agua (wg)  
 Q = gasto de aire libre en pcm  
 l = longitud de tubería entre ventiladores en metros  
 D = diámetro de tubería en pulgadas

$$D = \sqrt[5]{\frac{0.0017 \times Q^2 \times l}{h}}$$

$$D = \sqrt[5]{\frac{0.0017 \times (8,525)^2 \text{ pcm} \times 650 \text{ m}}{12 \text{ wg}}} = 23.18 \text{ pulg.}$$

D = práctico 30"

NOTA: habiendo verificado en el mercado, una serie de fal-  
tantes, entre ellos la tubería para ventilación de -  
600 mm (24")  $\phi$ , he procedido a suplirla por el de --  
30"  $\phi$ .

### COSTO DE LA TUBERIA

Tubo de lámina galvanizada de 30"  $\phi$

Longitud horizontal	=	10,000.0 m
Longitud vertical	=	240.0 m
Longitud total	=	10,240.0 m

Costo: 10,240.0 m a \$1,800.00/m = \$18'432,000.00

Juntas:  $\frac{10,240 \text{ m. tubería}}{9.00 \text{ m. sep.}}$  = 1,140 pzas.  
 a \$1,500.00 = \$ 1'710,000.00

Anclaje:  $\frac{10,240 \text{ m. tuberfa}}{3.0 \text{ m. sep.}} = 3,415 \text{ pzas}$   
 a \$ 250.00 = \$ 853,750.00

Costo total = \$20'995,750.00

Costo unitario =  $\frac{20'995,750.00 \text{ costo total}}{10,000 \text{ m. túnel}} = \$2,099.58/\text{m. de túnel}$

### 8.6.3 VENTILADORES

La carga total contra la que trabaja un ventilador es la carga estática (hs) más la carga de velocidad (hv) -- ambas en pulgadas de agua (wg) que se obtiene de las fórmulas y gráficas de los fabricantes de la siguiente expresión:

$$H = h_s + h_v = \frac{0.0017 Q^2 L}{D^5} + \left( \frac{Q}{21.84 D^2} \right)^2$$

La fórmula de la potencia es:

$$\text{bHP} = \frac{Q \times H}{6350 \times \% \text{ ef. total}}$$

en donde:

H = carga total en pulgadas de agua (wg)

Q = gasto de aire en pcm

L = longitud de la tuberfa entre ventiladores en metros

D = diámetro de la tuberfa en pulgadas.

A) Ventiladores sobre la línea de ventilación  
 Separación que se propone = 650.0 m. entre ventiladores.

1° Portal de entrada: L = 650.0 m.  
 Q = 8250.0 pcm  
 D = 30 pulgadas  
 Programa = 393.0 días hábiles

$$\therefore H = \frac{0.0017 (8,250.0 \text{ pcm})^2 \times 650 \text{ m}}{(30 \text{ in})^5} + \left( \frac{8,250.0 \text{ pcm}}{21.84 (30 \text{ in})^2} \right)^2$$

$$= 3.10 \text{ wg}$$

$$\text{Potencia} = \frac{8,250.0 \text{ pcm} \times 3.10 \text{ wg}}{6350 \times 0.80 \text{ Ef. total}} = 5.03 \text{ bHP}; \text{ práctico } 6 \text{ HP.}$$

Cargo por ventilador y accesorios eléctricos:

$$\text{Unidades necesarias} = \frac{1650 \text{ m. long.}}{650 \text{ m. sep.}} = 2.53 \text{ u.} = 3 \text{ unidades}$$

$$\text{Más reserva } 33\% = 1 \text{ unidad}$$

$$\text{S u m a} = 4 \text{ unidades}$$

Consumo de energía:

$$\text{Costo} = \frac{4}{2} \text{ u.} \times 5.03 \text{ bHP} \times 0.746 \text{ kw} \times 393 \text{ días hab} \times 24 \text{ hrs/día} = 70,784.9 \text{ kw-hr.}$$

2° Lumbera No. 1:

$$L = 650 \text{ m}$$

$$Q = 8,525.0 \text{ pcm}$$

$$D = 30 \text{ pulgadas}$$

$$\therefore H = \frac{0.0017 (8,525.0 \text{ pcm})^2 \times 650 \text{ m}}{(30 \text{ in})^5} + \left( \frac{8,525.0 \text{ pcm}}{21.84 (30 \text{ in})^2} \right)^2 = 3.49 \text{ wg}$$

$$\text{Potencia} = \frac{8,525.0 \text{ pcm} \times 3.49 \text{ wg}}{6,350 \times 0.80 \text{ Ef. total}} = 5.85 \text{ bHP}; \text{ práctico } 6\text{HP.}$$

Cargo por ventiladores y accesorios eléctricos:

$$\text{Unidades necesarias} = \frac{1,650 \text{ m. long.}}{650 \text{ m. sep.}} = 2.53 \text{ u.} = 3 \text{ unidades}$$

$$\text{Más reserva } 33\% = 1 \text{ unidad}$$

$$\text{S u m a} = 4 \text{ unidades}$$

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**



3° Lumbreira No. 2

a) L2-L1

L = 650 m.  
Q = 8,525 pcm  
D = 30 pulgadas

$$H = \frac{0.0017 (8525 \text{ pcm})^2 \times 650 \text{ m}}{(30 \text{ in})^5} + \left( \frac{8525.0 \text{ pcm}}{21.84 (30 \text{ in})^2} \right)^2 = 3.49 \text{ wg}$$

$$\text{Potencia} = \frac{8525.0 \text{ pcm} \times 3.49 \text{ wg}}{6350 \times 0.80 \text{ Ef. total}} = 5.85 \text{ bHP; práctico 6 HP.}$$

Cargo por ventiladores y accesorios eléctricos:

$$\text{Unidades necesarias} = \frac{1650 \text{ m. long.}}{650 \text{ m. sep.}} = 2.53 \text{ u.} = 3 \text{ unidades}$$

más reserva = 1 unidad

s u m a = 4 unidades

b) L2-PS

L = 650 m  
Q = 8525 pcm  
D = 30 pulgadas

$$H = \frac{0.0017 (8,525.0 \text{ pcm})^2 \times 650 \text{ m.}}{(30 \text{ in})^5} + \left( \frac{8,250.0 \text{ pcm}}{21.84 (30 \text{ in})^2} \right)^2 = 3.49 \text{ wg}$$

$$\text{Potencia} = \frac{8525 \text{ pcm} \times 3.49 \text{ wg}}{6350 \times 0.80 \text{ Ef. total}} = 5.85 \text{ bHP; práctico 6 HP}$$

Cargo por ventiladores y accesorios eléctricos:

$$\begin{aligned} \text{Unidades necesarias} &= \frac{1650 \text{ m. long.}}{650 \text{ m. sep.}} = 2.53 = 3 \text{ unidades} \\ \text{reservas } 33\% &= 1 \text{ unidad} \\ \text{S u m a} &= 4 \text{ unidades} \end{aligned}$$

Portal de salida:

$$\begin{aligned} L &= 650 \text{ m.} \\ Q &= 8,250 \text{ pcm} \\ D &= 30 \text{ pulgadas} \end{aligned}$$

$$= \frac{0.0017 (8250 \text{ pcm})^2 \times 650 \text{ m}}{(30 \text{ in})^5} + \left( \frac{8250.0 \text{ pcm}}{21.84 (30 \text{ in})^2} \right)^2 = 3.10 \text{ wg}$$

$$\text{potencia} = \frac{8250 \text{ pcm} \times 3.10 \text{ wg}}{6350 \times 0.80 \text{ Ef. total}} = 5.03 \text{ bHP; práctico } 6 \text{ HP}$$

CARGO POR VENTILADORES Y ACCESORIOS ELECTRICOS:

$$\begin{aligned} \text{Unidades necesarias} &= \frac{1650 \text{ m. long.}}{650 \text{ m. sep.}} = 2.53 \text{ u} = 3 \text{ unidades} \\ \text{: reserva } 33\% &= 1 \text{ unidad} \\ \text{S u m a} &= 4 \text{ unidades} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Consumo de energfa} & \frac{4}{2} \text{ u.} \times 5.03 \text{ bHP} \times .0746 \text{ kw} \times 393 \text{ dfas} \\ \text{Horas} \times 24 \text{ hr/dfa} &= 70,784.9 \text{ kw/hr.} \end{aligned}$$

#### 6.4 COSTO UNITARIO DE VENTILACION

Ventiladores

Equipo	\$ 8'981,280.00
Consumo de energfa	4'990,640.00
S u m a	\$13'471,920.00

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

## COSTO UNITARIO DE VENTILADORES:

$$a) \frac{\$8'981,280.00}{10,000 \text{ m. túnel}} = \$898.13/\text{m.}$$

$$b) \frac{\$4'490,640.00}{10,000 \text{ m. túnel}} = \$449.06/\text{m.}$$

## 2° Costo Unitario de tuberfa

$$c) \frac{\$20'995,750.00}{10,000 \text{ m. túnel}} = \$2,099.58/\text{m.}$$

$$a) \underline{\$898.13/\text{m}} + c) \underline{\$2,099.58/\text{m}} = \$2,997.71 \text{ m.}$$

$$b) \underline{\$449.06/\text{m}} \therefore a+b+c = 898.13 + 449.06 + 2,099.58$$

$$= 3,446.77/\text{m.}$$

COSTO UNITARIO TOTAL = \$3,446.77/m.

VENTILADORES:

	DATOS GENERALES					EQUIPO					CONSUMOS					COSTO TOTAL	
	Longitud del frente (m)	Separación entre ventiladores (m)	No. de unidades	Reserva unidades	Total de unidades	Unidades 2	Días hábiles	Horas/día	Costo horario	COSTO TOTAL DEL EQUIPO	Unidades 2	Potencia (Hp)	K.W.H.	Días hábiles	Horas/día		Costo K.W.H.
FRONTE																	
PE-L1	1650	650	3	1	4	2	393	24	83.60	14,968.80	2.5	30	746	396	24	8.65	748,844.00
L1-PE	1650	650	3	1	4	2	393	24	83.60	14,968.80	2.5	30	746	396	24	8.65	748,844.00
L1-L2	1700	650	3	1	4	2	405	24	83.60	14,968.80	2.5	30	746	396	24	8.65	748,844.00
L2-L1	1700	650	3	1	4	2	405	24	83.60	14,968.80	2.5	30	746	396	24	8.65	748,844.00
L2-PS	1650	650	3	1	4	2	393	24	83.60	14,968.80	22.5	30	746	396	24	8.65	748,844.00
PS-L2	1650	650	3	1	4	2	393	24	83.60	14,968.80	2.5	30	746	396	24	8.65	748,844.00
										5981,280.00						4490,640.00	13'471,920.00

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

## 8.7 SISTEMA ELECTRICO

La unión de tramos será mediante cajas y registros a Cada 500 m. aproximadamente.

En cada frente habrá interruptores para alta tensión Tipo cuchilla en cada subestación.

Las derivaciones para alumbrado, ventilación, bombeo otros se harán con interruptores tipo navaja a 600 v y amraje conforme a la necesidad de cada servicio.

### 1.7.1 DETERMINACION DE LA CARGA ELECTRICA MAXIMA POR FRENTE

#### a) Frente lumbreras L1-L2

Alumbrado	=	30 kw
✓ Ventilación = 10 ventiladores x 8 HP		
x 0.746kw	=	60 kw
Compresoras = 600 HP x 0.746 kw	=	447 kw
Bombeo: 30 motores de 10HP = 300 HP		
Suma = 300 HP		
Carga 300 ΣHP x 0.746 kw	=	224 kw
Malacates = 150 ΣHP x 0.746 kw	=	115 kw
Planta de concreto = 50 ΣHP x 0.746 kw	=	37 kw
Bomba de concreto = 50 ΣHP x 0.746 kw	=	37 kw
Talleres y campamento = 1 lote	=	50 kw
Carga máxima	=	1000 kw

#### b) Frente portales de E - S

Alumbrado	=	20 kw
Ventilación = 5 ventiladores x 8HP x 0.746kw	=	30 kw
Compresoras = 300 HP x 0.746 kw	=	225 kw
Bombeo: 13 motores de 10 HP = 130 HP		
1 motor de 3 HP = 3 HP		
1 motor de 2 HP = 2 HP		
Suma = 135 HP		

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

Carga = 135 HP x 0.746 kw	=	101 kw
Planta de concreto = 50 HP x 0.746 kw	=	37 kw
Bomba de concreto = 50 HP x 0.746 kw	=	37 kw
Talleres y campamento = 1 lote	=	50 kw
<b>Carga máxima</b>	<b>=</b>	<b>500 kw</b>

### 8.7.2 TRANSFORMADORES PARA SUB-ESTACIONES ELECTRICAS

$$\text{Capacidad} = \frac{(\text{kw}) \text{ carga máxima}}{(\text{fp}) \text{ factor potencia}} \times (\text{f.d}) \text{ factor de diversi-} \\ \text{ficación} \times (\text{f.a}) \text{ factor de arranque} = \text{KVA}$$

Ubicación: P.E. y P.S.

Actividad: excavación y revestimiento

Duración: 718.0 días calendario

Demanda máxima: 500 kw

$$\text{Capacidad} = \frac{500 \text{ kw} \times 0.54 (\text{f.d}) \times 13 (\text{f.a})}{0.70 (\text{f.p.})} = 500 \text{ kw}$$

Costo:

6 transformadores de 500 KVA x 718.0 días	
a \$159/día	= \$684,972.00
Capacitores	= \$150,000.00
Diversos	= \$ 10,000.00
Instalación	= \$ 90,000.00
<b>Costo de los transformadores</b>	<b>= \$934,972.00</b>

Costo por día:

Costo de adquisición de transformador 500 kw = \$ 870,000.00

Vida útil: 15 años

$$\text{Cargo por día} = \frac{\text{Costo de adquisición}}{\text{vida útil}} = \frac{\$870,000.00}{5,475 \text{ días}} = \$159.00 / \text{día}$$

$$\text{Capacidad} = \frac{(\text{kw}) \text{ carga máxima}}{(\text{f.p.}) \text{ factor de potencia}} \times (\text{f.d}) \text{ factor de diversi} \\ \text{ficación} \times (\text{f.a}) \text{ factor de arranque} = \text{KVA}$$

Ubicación: L.1 y L.2 (4 frentes)  
 Actividad: excavación y revestimiento  
 Duración: 718 días calendario  
 Demanda máxima: 1000.0 kw

$$\text{Capacidad} = \frac{1000 \text{ kw} \times 0.54 (\text{f.d}) \times 1.3 (\text{f.a})}{0.70 (\text{f.p})} = 1000.0 \text{ KVA}$$

Costo:

4 transformadores de 1000 KVA x 718 días	= \$ 936,272.00
a \$326.00/dfa	= \$ 160,000.00
Tablero	= \$ 90,000.00
Interrutpro	= \$ 10,000.00
Diversos	= \$ 90,000.00
Instalación	= \$ 90,000.00
Costo de los transformadores	= \$1'286,272.00

Costo por dfa:

Costo de adquisición de transformador 1000 kw = \$1'785,000.00

Vida útil: 15 años

$$\text{Cargo por dfa} = \frac{\text{Costo de adquisición}}{\text{vida útil}} = \frac{\$1'785,000.00}{5,475 \text{ días}} = \$326.00/\text{dfa}$$

### 8.7.3 RESUMEN DE COSTO

Transformadores reductores en las sub-estaciones  
 Para excavación y revestimiento

**TESIS CON  
 FALLA DE ORIGEN**

Portal de entrada  
Lumbrera No. 1  
Lumbrera No. 2  
Portal de salida

934,972.00  
1'286,272.00  
1'286,272.00  
934,972.00

\$ 4'442,488.00



C A P I T U L O IX

## COSTO DE EXCAVACION DE TUNEL

## COSTO DE EXCAVACION DE TUNEL

Mano de Obra.- Se calculó el costo por frente multiplicando la duración de éste por el número de turnos y por el costo de la cuadrilla-turno; el costo unitario lo dio el costo total entre la longitud del túnel.

Costo unitario de la excavación.- Se sumó el importe de los conceptos del 7.1 al 7.4 y se determinó el porcentaje que representa cada uno dentro del costo total.

### 9.1 INSTALACIONES Y SERVICIOS

Vías	\$2,786.04 m.
Aire comprimido	\$1,245.76 m.
Ventilación	\$3,446.77 m.
Agua	\$ 518.89 m.
Red para alumbrado	\$ 385.02 m.
Red telefónica	\$ 238.94 m.
Líneas eléctricas	\$ 363.60 m.
S u m a	\$8,985.02 m.

### 9.2 MATERIALES

Acero de barrenación 1.82 ml/m <sup>3</sup> .120 m <sup>3</sup> /barrena) a \$7698	\$ 116.76/m <sup>3</sup>
Explosivo 2 kg/m <sup>3</sup> a \$170.38	\$ 340.76/m <sup>3</sup>
Estopín 0.53 pza/m <sup>3</sup> a \$101.50	\$ 53.80/m <sup>3</sup>
Primacord 0.11 m/m <sup>3</sup> a \$30.25	\$ 3.33/m <sup>3</sup>
Costo materiales	\$ 514.65/m <sup>3</sup>
Costo unitario = \$514.65/m <sup>3</sup> x 19 m <sup>3</sup> =	\$9,778.35/m

# TESIS CON FALLA DE ORIGEN

168

## 9.3 MANO DE OBRA

Frente PE-L1 - 438 días x 3 turnos a \$52,931.46/turno	= \$ 69'551,938.44
Frente L1-PE - 438 días x 3 turnos a \$52,931.46/turno	= \$ 69'551,938.44
Frente L1-L2 - 450 días x 3 turnos a \$52,931.46/turno	= \$321'558,619.50
Frente L2-L1 - 450 días x 3 turnos a \$52,931.46/turno	= \$321'558,619.50
Frente L2-PS - 438 días x 3 turnos a \$52,931.46/turno	= \$ 69,551,938.44
Frente PS-L2 - 438 días x 3 turnos a \$52,931.46/turno	= \$ 69,551,938.44

S u m a = \$599'766,373.26

$$\text{Costo unitario} = \frac{\$599'766,373.26}{10,000 \text{ m. túnel}} = \$59,976.64/\text{m.}$$

NOTA: tomando en consideración la inestabilidad que juega la economía en nuestro país, con bajas sorpresivas de cambio, la cotización lograda fue de más de cuatro veces su valor.

## 9.4 EQUIPO

Cada tren constará de 9 vagonetas de 3 m<sup>3</sup> de capacidad, por lo que la rezaga de un ciclo se moverá en 3 trenes.

Ciclo de un tren:

Tiempo fijo en frente del portal:

Carga y maniobra en el frente	= 37 minutos
Movimiento en el patio	= 10 minutos
Suma	= 47 minutos

Tiempos fijos en frente de lumbrera:

Carga y maniobras en el frente	= 39 minutos
Movimiento en la lumbrera	= 20 minutos
Suma	= 59 minutos

Si la rezaga se transporta en más de dos trenes, el tercero deberá agregarse a la distancia.

$$L = \frac{T_{11} - T_f}{60 \text{ min/hr}} \times \frac{(V_1 + V_2)}{4} = 2.08 \text{ km.}$$

Donde:

# TESIS CON FALLA DE ORIGEN

169

- T = tiempo de llenado del segundo tren  
 $T_{f1}$  = tiempo fijo del primer tren (minutos)  
 $V_1$  = velocidad del tren cargado (km/hr)  
 $V_2$  = velocidad del tren vacío (km/hr).

Permanencia del equipo ferroviario por frente:

Frente PE-L1:	3 trenes x 438 dfas = 1,314.0 dfas - tren
Frente L1-PE:	3 trenes x 438 dfas = 1,314.0 dfas - tren
Frente L1-L2:	3 trenes x 450 dfas = 1,350.0 dfas - tren
Frente L2-L1:	3 trenes x 450 dfas = 1,350.0 dfas - tren
Frente L2-PS:	3 trenes x 438 dfas = 1,314.0 dfas - tren
Frente PS-L2:	3 trenes x 438 dfas = 1,314.0 dfas - tren

Clave:

- L = locomotora de 60 tons. y 100 HP  
V = vagoneta 3 m<sup>3</sup> de capacidad  
P = plataforma de personal  
 $V_e$  = vagón para explosivos

Permanencia de equipo ferroviario (dfas hábiles)

FRENTE	LOCOMOTORAS				VAGONES			
	CLAVE	CANT.	PERMANENCIA		CLAVE	CANT.	PERMANENCIA	
			ACTIVA	RESERVA			ACTIVA	RESERVA
PE-L1	L	3	2	1	V	30	20	10
L1-PE	L	3	2	1	V	30	20	10
L1-L2	L	3	2	1	V	30	20	10
L2-L1	L	3	2	1	V	30	20	10
L2-PS	L	3	2	1	V	30	20	10
PS-L2	L	3	2	1	V	30	20	10

RESUMEN	PERMANENCIA			
	CLAVE	CANT.	ACTIVA	RESERVA
LOCOMO TORAS	L	18	12	6
VAGO- NES	V	180	120	60

## 9.4.1 COSTO DEL EQUIPO PARA EXCAVACION, POR FRENTE

FRENTE PS-L2 LONGITUD 1650 m; DURACION 438 dfas

MAQUINA	ACTIVA					RESERVA					COSTO TOTAL
	CANT.	DIAS	HRS.	CUOTA /HR.	COSTO	CANT.	DIAS	HRS.	CUOTA /HR.	COSTO	
Jumbo	1	438	8	1,592.12	5'578,788.48	1	438	3	1,592.12	2'092,045.68	7'670,834.16
Rezagadora	1	438	8	1,291.31	4'524,750.24	1	438	1	1,291.31	565,593.78	5,090,344.02
Locomotora	2	438	8	1,307.31	9'161,628.48	2	438	1	1,307.31	1'145,203.56	10'306,832.04
Vagoneta	10	438	8	97.48	3'415,699.20	10	438	1	97.48	426,962.40	3'842,661.60
Vagoneta	1	438	4	115.02	201,515.04						201,515.04
Cambio Cali											
formia	1	438	8	335.43	1'175,346.72	1	438	16	335.43	2'350,693.44	3'526,040.16
Camión	1	438	3	601.81	790,778.34						790,778.34
Tractor	1	438	8	1,016.18	3'560,694.72						3'560,694.72
Compresor											
600 pcm	1	438	8	665.41	4'663,193.28	2	438	16	665.40	9'326,246.40	13'989,439.68
S U M A S					33'072,394.50					15'906,745.26	48'979,139.76

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

FRENTE L2-PS LONGITUD 1650 m; DURACION 438 dfas

MAQUINA	ACTIVA				RESERVA				COSTO TOTAL		
	CANT.	DÍAS	HRS.	CUOTA /HR.	COSTO	CANT.	DÍAS	HRS.		CUOTA /HR.	COSTO
Jumbo	1	438	8	1,592.12	5'578,788.48	1	438	3	1,592.12	2'092,045.68	7'670,834.16
Rezagadora	1	438	8	1,291.31	4'524,750.24	1	438	1	1,291.31	565,593.78	5'090,344.02
Locomotora	2	438	8	1,307.31	9'161,628.48	2	438	1	1,307.31	1'145,203.56	10'306,832.04
Vagoneta	10	438	8	97.48	3'415,609.20	10	438	1	97.48	426,962.40	3'842,661.60
Vagoneta volteador neumdt.	1	438	4	115.02	201,515.04						201,515.04
Cambio California	1	438	8	335.43	1'175,346.72	1	438	16	335.43	2'350,698.44	3'526,040.16
Camión de volteo	1	438	3	601.81	790,778.34						790,778.34
Tractor Cat - D-3	1	438	8	1,016.18	3'560,694.72						3'560,694.72
Compresor 600 pcm	1	438	8	665.41	4'663,193.28	2	438	16	665.40	9'326,246.40	13'989,439.68
<b>SUMAS</b>					<b>33'072,394.50</b>					<b>15,906,745.26</b>	<b>48'979,139.76</b>

FRENTE L2-L1 LONGITUD 1700 m; DURACION 450 días

MAQUINA	ACTIVA				RESERVA				COSTO TOTAL		
	CANT.	DIAS	HRS.	CUOTA /HR.	COSTO	CANT.	DIAS	HRS.		CUOTA /HR.	COSTO
Jumbo	1	450	8	1,592.12	5'731,632.00	1	450	3	1,592.12	2'149,362.0	7'880,994.0
Rezagadora	1	450	8	1,291.31	4'648,716.0	1	460	1	1,291.31	581,089.50	5'229,805.50
Locomotora	2	450	8	1,307.31	9'412,632.0	1	450	1	1,307.31	1'176,579.00	10'589,211.00
Vagoneta	10	450	8	97.48	3'509,280.00	10	450	1	97.48	438,660.0	3'947,940.00
Vagoneta	1	450	4	115.02	207,036.00	1					207,036.00
Cambio Cali-											
fornia	1	450	8	335.43	1'207,548.0	1	450	16	335.43	2'415,096.0	3'622,644.00
Camión	1	450	3	601.81	812,443.50						812,443.50
Tractor	1	450	8	1,016.18	3'658,248.00						3'658,248.00
Compresor 600 pcm	2	450	8	665.41	4'790,952.00	2	450	16	665.40	9'581,760.00	14'372,856.00
<b>SUMAS</b>					<b>33'978,487.50</b>					<b>16'342,546.50</b>	<b>50'321,178.00</b>



FRENTE L1-L2 LONGITUD 1700 m; DURACION 450 días.

M A Q U I N A	A C T I V A				R E S E R V A				COSTO TOTAL		
	CANT.	DIAS	HRS.	CUOTA /HR.	COSTO	CANT.	DIAS	HRS.		CUOTA /HR.	COSTO
Jumbo	1	450	8	1,592.12	5'731,632.00	1	450	3	1,592.12	2'149,362.00	7'880,994.00
Rezagadora	1	450	8	1,291.31	4'648,716.00	1	450	1	1,291.31	581,089.50	5'229,805.50
Locmotora	2	450	8	1,307.31	9'412,632.00	2	450	1	1,307.31	1'176,579.00	10,589,211.00
Vagoneta	10	450	8	97.48	3'509,280.00	10	450	1	97.48	438,660.00	3'947,940.00
Vagoneta	1	450	4	115.02	207,036.00						207,036.00
Cambio Cali- fornia	1	450	8	335.43	1'207,548.00	1	450	16	335.43	2'415,096.00	3'622,644.00
Camión volteo	1	450	3	601.81	812,443.50						812,443.50
Tractor Cat D-3	1	450	8	1,016.18	3'658,248.00						3'658,248.00
Compresor 600 pcm	2	450	8	669.41	4'790,952.00	2	450	16	665.40	9'581,760.00	14'372,856.00
<b>S U M A S</b>					<b>33'978,487.50</b>					<b>16'342,546.50</b>	<b>50'321,178.00</b>

FRENTE PE-L1 LONGITUD 1,650 m; DURACION 438 dfas

MAQUINA	ACTIVA				RESERVA				COSTO TOTAL		
	CANT.	DIAS	HRS.	CUOTA /HR.	COSTO	CANT.	DIAS	HRS.		CUOTA /HR.	COSTO
Jumbo	1	438	8	1,592.12	5'578,788.48	1	438	3	1,592.12	2'092,045.68	7'670,834.16
Rezagadora	1	438	8	1,291.31	4'524,750.24	1	438	1	1,291.31	565,593.38	5'090,344.02
Locomotor	2	438	8	1,307.31	9'161,628.48	2	438	1	1,307.31	1'145,203.56	10'306,832.04
Vagoneta	10	438	8	97.48	3'415,699.20	10	438	1	97.48	426,962.40	3'842,661.60
Vagoneta volteador neumático	1	438	4	115.02	201,515.04						201,515.04
Cambio California	1	438	8	335.43	1'175,346.72	1	438	16	335.43	2'350,693.44	3'526,040.16
Camión volteo	1	438	3	601.81	790,778.34						790,778.34
Tractor CAT D-3	1	438	8	1,016.18	3'560,694.72						3'560,694.72
Compresor 600 pcm	2	438	8	665.41	4'663,193.28	2	438	16	665.40	9'326,246.40	13'989,439.68
<b>SUMAS</b>					<b>33'072,394.50</b>					<b>15'906,745.26</b>	<b>48'979,139.76</b>

FRENTE L1-PE LONGITUD 1,650 m; DURACION 438 dfas

MAQUINA	ACTIVA				RESERVA				COSTO TOTAL		
	CANT.	DIAS	HRS.	CUOTA /HR.	COSTO	CANT.	DIAS	HRS.		CUOTA /HR.	COSTO
Jumbo	1	438	8	1,592.12	5'578,788.48	1	438	3	1,592.12	2'092,045.68	7'670,834.16
Rezagadora	1	438	8	1,291.31	4'524,750.24	1	438	1	1,291.31	565,593.78	5'090,344.02
Locomotora	2	438	8	1,307.31	9'161,628.48	2	438	1	1,307.31	1'145,203.56	10'306,832.04
Vagoneta	10	438	8	97.48	3'415,699.20	10	438	1	97.48	426,962.40	3'842,661.60
Vagoneta	1	438	4	115.02	201,515.04	1					201,515.04
Cambio Cali-											
fornia	1	438	8	335.43	1'175,346.72	1	438	16	335.43	2'350,693.44	3'526,040.16
Camión	1	438	3	601.81	790,778.34						790,778.34
Tractor	1	438	8	1,016.18	3'560,694.72						3'560,694.72
Compresor											
600 pcm	2	438	8	665.41	4'663,193.28	2	438	16	665.40	9'326,246.40	13'989,439.68
<b>SUMAS</b>					<b>33'072,394.50</b>					<b>15'906,745.26</b>	<b>48'979,139.76</b>

#### 9.4.2 RESUMEN DEL COSTO DE EQUIPO PARA EXCAVACION

Frente PE-L1	=	\$	48'979,139.76
Frente L1-PE	=	\$	48'979,139.76
Frente L1-L2	=	\$	50'321,178.00
Frente L2-L1	=	\$	50'321,178.00
Frente L2-PS	=	\$	48'979,139.76
Frente PS-L2	=	\$	48'979,139.76
S u m a	=	\$	296'558,915.00

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

$$\text{Costo unitario} = \frac{\$296'558,915.00}{10,000 \text{ m. túnel}} = \$29,655.89/\text{m.}$$

#### 9.5 CONSUMO DE ENERGIA ELECTRICA PARA EXCAVACION

##### 9.5.1 ALUMBRADO

###### CONSUMO POR FRENTE

$$\text{Energía} = (\text{No. de lámparas potentes} \times \text{kw/lámpara} \times \text{días exc.} \times \text{hrs/día} +$$

$$\frac{\text{Long. del tramo} \times \text{long. lamps. potentes}}{\text{Sep. entre lámparas} \times 2} \times \text{kw/lámpara}$$

$$\text{débil} \times \text{días exc.} \times \text{hrs/día}) \times 1.30 \text{ pérdidas} = \text{kw-hr}$$

Frente PE-L1 (Long. 1650 m; duración 438 días)

$$\text{Energía} = (4 \text{ pza} \times 500 \text{ kw} \times 438 \text{ d} \times 24 \text{ hr} + \frac{1650\text{m} - 100\text{m}}{200 \text{ m} \times 2} \times 0.5 \text{ kw} \\ \times 438 \text{ días} \times 24 \text{ hrs/días}) \times 1.30 = 53,808 \text{ kw/hr}$$

Frente L1-PE (long. 1650 m; duración 438 días)

$$\text{Energía} = (4 \text{ pza} \times .5 \text{ kw} \times 438 \text{ d.} \times 24 \text{ hr.} + \frac{1650 \text{ m} - 100 \text{ m}}{200 \text{ m} \times 2} \\ \times 0.5 \text{ kw} \times 438 \text{ días} \times 24 \text{ hrs/día}) \times 1.30 = 53,808 \text{ kw/hr}$$

Frente L1-L2 (long. 1700 m; duraci6n 450 dÍas)

$$\text{Energía} = (4 \text{ pza} \times 0.5 \text{ kw} \times 450 \text{ d.} \times 24 \text{ hr} + \frac{1700 \text{ m} - 100 \text{ m}}{200 \text{ m} \times 2} \times 0.5 \text{ kw} \times 450 \text{ dÍas} \times 24 \text{ hrs}) \times 1.30 = 56,160.0 \text{ kw/hr}$$

Frente L2-L1 (long. 1700 m; duraci6n 450 dÍas)

$$\text{Energía} = (4 \text{ pza} \times 0.5 \text{ kw} \times 450 \text{ d.} \times 24 \text{ hr} + \frac{1700 \text{ m} - 100 \text{ m}}{200 \text{ m} \times 2} \times 0.5 \text{ kw} \times 450 \text{ dÍas} \times 24 \text{ hr}) \times 1.30 = 56,160.0 \text{ kw/hr}$$

Frente L2-PS (long. 1650 m; duraci6n 438 dÍas)

$$\text{Energía} = (4 \text{ pza} \times 0.5 \text{ kw} \times 438 \text{ d.} \times 24 \text{ hr} + \frac{1650 \text{ m} - 100 \text{ m}}{200 \text{ m} \times 2} \times 0.5 \text{ kw} \times 438 \text{ dÍas} \times 24 \text{ hr}) \times 1.30 = 53,808.00 \text{ kw/hr}$$

Frente PS-L2 (long. 1650 m; duraci6n 438 dÍas)

$$\text{Energía} = (4 \text{ pza} \times 0.5 \text{ kw} \times 438 \text{ d.} \times 24 \text{ hr} + \frac{1650 \text{ m} - 100 \text{ m}}{200 \text{ m} \times 2} \times 0.5 \text{ kw} \times 438 \text{ dÍas} \times 24 \text{ hr}) \times 1.30 = 53,808.0 \text{ kw/hr}$$

Resumen consumo de energía eléctrica para alumbrado:

Frente PE-L1	=	53,808.0 kw/hr
Frente L1-PE	=	53,808.0 kw/hr
Frente L1-L2	=	56,160.0 kw/hr
Frente L2-L1	=	56,160.0 kw/hr
Frente L2-PS	=	53,808.0 kw/hr
Frente PS-L2	=	53,808.0 kw/hr

$$\text{Suma} = 327,552.0 \text{ kw/hr} \times \$3.50 \text{ kw} = \$1'146,432.00$$

$$\text{Costo unitario} = \frac{1'146,432.00}{10,000.0} = 114.64$$

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

## 9.5.2 ENERGIA ELECTRICA PARA USOS DIVERSOS

Perforadoras hidráulicas, rezagadoras eléctricas, -  
bandas transportadoras, locomotoras (cargador de acumuladores), soldadoras, malacates, etc.

Aplicando por frente y por tipo de máquina la siguiente fórmula:

Consumo de energía = No. máqs. x HP x 0.746 kw x días x hrs/día x % utilización = kw-hr

A) Por frente:

EQUIPO	CANT.	H.P.	TOTAL	% UTILIZACION
Compresor 600 pcm	2	150	300	70%
Jumbo barrenación	1	30	30	70%
Rezagadora	1	30	30	70%
Malacates		250	250	70%
T O T A L			610	

B) Consumo de energía: (por frente) HP x 0.746 kw x días x hrs/día x % utilización.

FRENTE	H.P.	KW	DIAS	HR/DIA	% UTILIZ.	KW-HR
PE-L1	610	0.746	438	24.0	70%	3'348,513.50
L1-PE	610	0.746	438	24.0	70%	3'348,513.50
L1-L2	610	0.746	450	24.0	70%	3'440,253.60
L2-L1	610	0.746	450	24.0	70%	3'440,253.60
L2-PS	610	0.746	438	24.0	70%	3'348,513.50
PS-L2	610	0.746	438	24.0	70%	3'348,513.50
T O T A L						20'274,561.20

C) Costo total:  
 20'274,561.20 kw-hr x 3.50 = \$70'960,964.00

D) Costo unitario  

$$\frac{\$70'960,964.00}{10,000.00} = \$7,096.09/m^1-t\underline{u}nel$$

### 9.5.3 COSTO UNITARIO DE CONSUMO DE ENERGIA ELECTRICA PARA-EXCAVACION

1.	Ventilación	=	\$1,854.66 kw-hr/m
2.	Alumbrado	=	\$ 114.64 kw-hr/m
3.	Usos diversos	=	\$7,096.09 kw-hr/m
	Costo unitario suma	=	\$9,065.39 kw-hr/m

### 9.6 COSTO UNITARIO TOTAL PARA EXCAVACION

(9.1)	Instalaciones y servicios	=	\$ 8,985.02/m de t\underline{u}nel = 7.65%
(9.2)	Materiales	=	\$ 9,778.35/m de t\underline{u}nel = 8.32%
(9.3)	Mano de obra	=	\$59,976.64/m de t\underline{u}nel = 51.06%
(9.4.2)	Equipo	=	\$29,655.89/m de t\underline{u}nel = 25.24%
(9.5.3)	Energía eléctrica	=	\$ 9,065.39/m de t\underline{u}nel = 7.72%
	Costo unitario	=	\$117,461.29/m de t\underline{u}nel = 100%

**TESIS CON  
 FALLA DE ORIGEN**

C A P I T U L O X  
A D E M E



A D E M E

10.1 ADEME CON MARCOS METALICOS

A) MATERIALES

Marco de acero	1 pza a \$16,360.00 pza =	\$16,360,80 pza.
Separadores (prom)	6 pza a \$ 350.00 pza =	\$ 2,100.00 pza.
Madera para retoque 200.0	pt a \$ 18.00 p.t. =	\$ 3,600.00 pza.
Costo de materiales		= \$22,060.80 pza.

B) MANO DE OBRA

CATEGORIA	CANT.	SUELDO B.	INCREMENTO	COSTO INDIVIDUAL	COSTO TOTAL
Cabo ma- niobras	1	702.30	1.526	1,071.71	1,071.71
Peones	6	455.60	1.575	777.57	4,305.42
S U M A				=	5,377.13

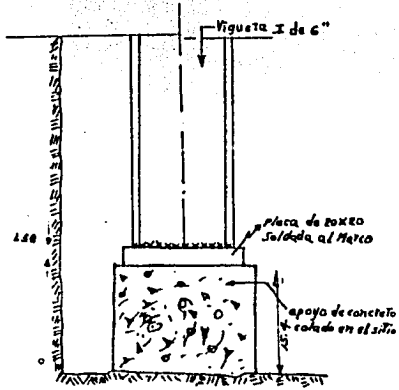
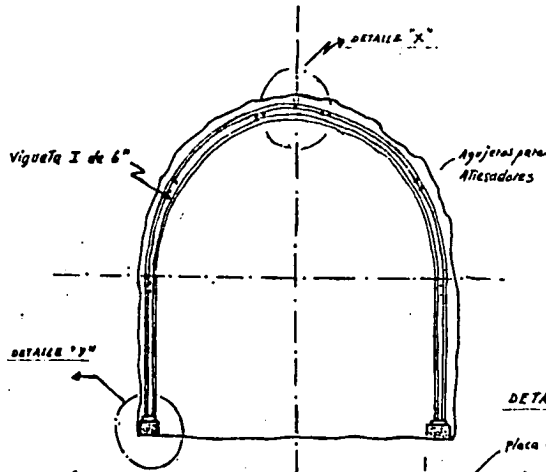
Rendimiento = 1 pza/hr

Carga por pza =  $\frac{\$5,377.13}{8/hr/j} \div 1 pza/hr \therefore = \$672.14/pza$

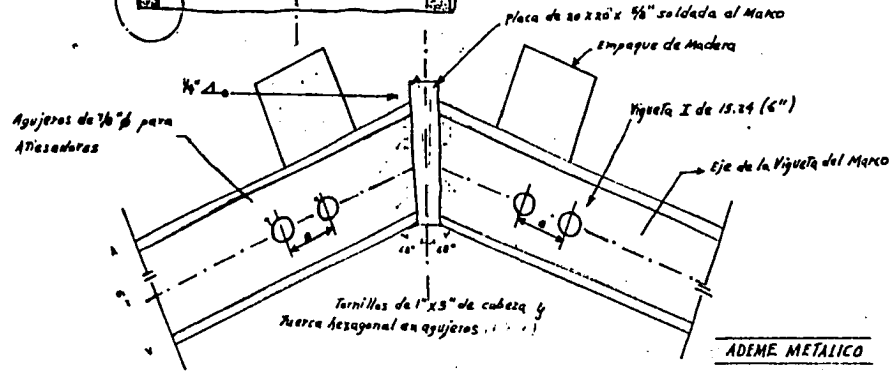
C) EQUIPO

Costo directo = \$27,437.93/pza

**TESIS CON  
FALTA DE ORIGEN**



**DETALLE "Y"**  
20  
28.9 (10")



**ADEME METALICO**

189-A

## 0.2 ADEME CON CONCRETO LANZADO

## ① MATERIALES

## CONCRETO ESPECIAL:

Cemento	550 kg/cm <sup>3</sup>	a \$ 5.50/kg	=	\$ 3,025.00/m <sup>3</sup>
Grava 3/4	.630 m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>	a \$ 530/m <sup>3</sup>	=	\$ 333.90/m <sup>3</sup>
Arena	.500 m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>	a \$ 530/m <sup>3</sup>	=	\$ 265.00/m <sup>3</sup>
Aditivo	30 lt/m <sup>3</sup>	a \$ 68/lt	=	\$ 2,040.00/m <sup>3</sup>

S U M A = \$ 5,663.90/m<sup>3</sup>

Más desperdicios 4%		=	\$ 226.55/m <sup>3</sup>
	Costo	=	\$ 5,890.45/m <sup>3</sup> = \$5,890.45/m <sup>3</sup>
	Costo de Materiales	=	\$5,890.45/m <sup>3</sup>

## ① MANO DE OBRA

CATEGORIA	CANT.	S. BASE	INCREMENTO	COSTO INDIV.	COSTO TOTAL
. Operador	1	673.67	1.526	1,028.02	1,028.02
. Cabo peones	1	702.30	1.526	1,071.70	1,071.70
. Ayudantes	4	592.80	1.526	904.61	3,618.44
. Peones	12	455.60	1.526	695.24	8,342.88
S U M A					\$14,061.04

Rendimiento = 6.00 m<sup>3</sup>/j

Carga por m<sup>3</sup> =  $\frac{14,061.04}{6m^3/j}$  = \$2,343.50/m<sup>3</sup>.

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

## C) EQUIPO

Máquina lanzadora:  $\frac{393.61/\text{hora}}{1.0 \text{ m}^3/\text{hora}} = \$ 393.61/\text{m}^3$

Suma = \$8,564.82/m<sup>3</sup>

Desperdicios por rebote = 28%

Costo unitario =  $\frac{\$8,564.12/\text{m}^3}{1.0 - 0.28 \text{ rebote}} = \$ 11,123.14/\text{m}^3$

## 10.3 ADEME CON ANCLAS Y MALLA METALICA

## A) MATERIALES

Acero de barrenación 0.2 kg/m<sup>2</sup> a \$36.0/kg = \$ 7.20

Ancla de acero: 0.25 pza/m<sup>2</sup> a \$161.42/pza = \$40.36

Malla metálica tecnomalla: 6 x 6  
4 x 4 : 1 m<sup>2</sup>/m<sup>2</sup> a \$120.60/m<sup>2</sup> = \$120.60

Otros:

Alambre recocido No. 18 0.1 kg/m<sup>2</sup> a \$41.39 = \$ 4.14

Mortero 0.00 74 x 3,360.00 = \$ 24.86

Costo de materiales = \$197.16/m<sup>2</sup>

## B) MANO DE OBRA

CATEGORIA	CANTIDAD	S. BASE	INCREMENTO	COSTO INDIV.	COSTO TOTAL
1. Cabo	1	702.30	1.526	1,071.71	1,071.71
2. Oficiales	1	763.86	1.526	1,164.99	1,164.99
3. Peones	5	455.60	1.526	695.24	3,476.20
4. Of. de ma- quinaria	0.5	673.67	1.526	1,028.02	514.01
				S U M A	6,226.91

Rendimiento = 120 m<sup>2</sup>/j

Cargo por m<sup>2</sup> =  $\frac{\$6,226.91}{120 \text{ m}^2/\text{j}}$  = 51.89/m<sup>2</sup>

Costo de mano de obra = \$51.89/m<sup>2</sup>

C) EQUIPO

EQUIPO	CANTIDAD	C.H.	IMPORTE
Compresor 600 pcm	0.25	\$665.41	\$166.35
Perforadora c/pierna	1.00	\$ 63.91	\$ 63.91
S U M A			\$230.26 hr

Rendimiento = 9.4 m<sup>2</sup>/hr

Cargo por m<sup>2</sup> =  $\frac{\$230.26/\text{hr}}{9.4 \text{ m}^2/\text{hr}}$  = 24.49/m<sup>2</sup>

Costo del equipo = \$24.49 /m<sup>2</sup>

Costo unitario = \$272.94 /m<sup>2</sup>

C A P I T U L O   X I

B O M B E O

# B O M B E O

Se calculan los costos de bombeo horizontal, bombeo-vertical así como el bombeo para avance en excavación, por lo que respecta al bombeo para avance de revestimiento, está considerado en el bombeo horizontal.

## 11.1 BOMBEO PARA AVANCE EN EXCAVACION

Bomba eléctrica de 2" ø y 2 HP = \$ 25.53

En el precio de la bomba se incluyen accesorios

Costo = \$ 25.53

Consumo nominal de energía eléctrica =  $\frac{2 \text{ HP} \times 0.7457 \text{ kw}}{0.65 \text{ ef}}$  = 2.29 kw

### COSTO DEL BOMBEO PARA AVANCE EN EXCAVACION

FRENTE	DURACION		EQUIPO LTS/SEG	COSTO TOTAL	E N E R G I A	
	DIAS	HORAS			NOMINAL	TOTAL
PE-L1	393	7128	5	137,712.96	2.29	16,323.12
L1-PE	393	7128	5	137,712.96	2.29	16,326.12
L1-L2	405	11340	5	219,088.8	2.29	25,965.60
L2-L1	405	11340	5	219,088.8	2.29	25,965.60
L2-PS	393	9720	5	137,712.96	2.29	22,258.80
PS-L2	393	9720	5	137,712.96	2.29	22,258.80
<b>SUMAS</b>	<b>2382</b>	<b>56376.0</b>	<b>30</b>	<b>989,029.44</b>		<b>129,101.04</b>

NOTA: el bombeo para avance en revestimiento está considerado en el bombeo horizontal.

## 11.2 TABLA DE CALCULO PARA BOMBEO HORIZONTAL (a)

Frentes: PE-L1 y L1-PE  
L1-L2 y L2-L1  
L2-PS y PS-L2

TRAMO		ESCURRIMIENTO				CARCAMO	
DE	A	GASTO		BOMBEO		TIPO	Q LTS/SEG.
		INSTAN TANEO LTS/SEG.	ACUM. LTS/SEG.	DURACION DIAS CA- LENDARIO	VOL. TOTAL M3 = 3x5- x 86.4		
1	2	3	4	5	6	7	8
		15.02	225.30	710	921,386.88	pozo	30
		15.02	210.28	690	895,432.32	pozo	30
		15.02	190.26	670	859,477.76	pozo	30
		15.02	180.24	650	843,523.20	pozo	30
		15.02	165.22	630	817,568.64	pozo	30
		15.02	150.20	610	791,614.08	pozo	30
		15.02	135.18	590	765,659.52	pozo	30
		15.02	120.16	570	739,704.96	pozo	30
		15.02	105.14	550	713,750.40	pozo	30
		15.02	90.12	530	687,795.84	pozo	30
		15.02	75.10	510	661,841.28	pozo	30
		15.02	60.08	490	635,886.72	pozo	30
		15.02	45.06	470	609,932.16	pozo	30
		15.02	30.04	450	583,977.60	pozo	30
		15.02	15.02	430	558,023.04	pozo	30
SUMAS					11'095,574.40		

NOTA: se utilizó como base el siguiente análisis para los tres frentes.

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**



## 11.2 TABLA DE CALCULO PARA BOMBEO HORIZONTAL (b)

Frentes: PE-L1 y L1-PE  
 L1-L2 y L2-L1  
 L2-PS y PS-L2

## B O M B A S

CANTI DAD	CAPACI DAD LTS/SEG.	CARGA = H (M)	ENERGIA (kw-hr) $\frac{3 \times 11 \times 5 \times 0.235}{0.75 \text{ ef.}}$	C O S T O	
				POR DIA	TOTAL 5 x 9 x 13
9	10	11	12	13	14
1	20	6	20,048.70	146	103,660.0
1	20	6	19,483.94	146	100,740.0
1	20	6	18,919.19	146	97,820.0
1	20	6	18,354.44	146	94,900.0
1	20	6	17,789.69	146	91,980.0
1	20	6	17,224.94	146	89,060.0
1	20	6	16,660.18	146	86,140.0
1	20	6	16,095.43	146	83,220.0
1	20	6	15,530.68	146	80,300.0
1	20	6	14,965.92	146	77,380.0
1	20	6	14,401.18	146	74,460.0
1	20	6	13,835.42	146	71,540.0
1	20	6	13,271.67	146	68,620.0
1	20	6	12,706.92	146	65,700.0
1	20	6	12,142.17	146	62,780.0
S U M A S			241,431.48	1'248,300.0	

## 11.3 BOMBEO VERTICAL

Lumbrera No. 1:

1° Frente L1-PE duración 438 días calendario.

$$\text{Gasto medio} = \frac{213.5 \text{ lts/seg (min)} + 300 \text{ lts/seg (max.)}}{2} = 256.75 \text{ lts/seg}$$

$$\text{Costo bombas: } 1 \text{ bomba} \times 438 \text{ días} \times \$4,040.82/\text{día} =$$

$$\$1'769,879.20$$

$$1 \text{ bomba} \times 150 \text{ días} \times \$4,040.82/\text{día} =$$

$$\$ 606,123.00$$

$$\text{S u m a:} \quad \$2'376,002.20$$

$$\text{Energía} = \frac{256.75 \text{ lts/seg (medio)} \times 350 \text{ m} \times 18 \text{ hrs}}{0.613 \text{ Ef.}} \times 0.0098 \text{ kw}$$

$$= 25,859.29 \text{ kw-hr}$$

2° Frente L1-L2 duración 450 días calendario

$$\text{Gasto medio} = \frac{225.30 \text{ lts/seg (min)} + 350 \text{ lts/seg (máx)}}{2} = 287.65 \text{ lts/seg}$$

$$\text{Costo Bombas: } 1 \text{ bomba} \times 450 \text{ días} \times \$4,040.82/\text{día} =$$

$$\$1'818,369.00$$

$$1 \text{ bomba} \times 120 \text{ días} \times \$4,040.82/\text{día} =$$

$$\$ 484,894.40$$

$$\text{Suma} \quad \$2'303,267.40$$

$$\text{Energía} = \frac{287.65 \text{ lts/seg (medio)} \times 350 \text{ m} \times 18 \text{ hrs}}{0.613 \text{ ef.}} \times 0.0098 \text{ Kw} =$$

$$= 28,971.46 \text{ kw-hr}$$

# TESIS CON FALLA DE ORIGEN

191

Lumbrera No. 2:

1° Frente L2-L1 duración 450 días calendario

$$\text{Gasto medio} = \frac{225.30 \text{ lts/seg (min)} + 350 \text{ lts/seg (máx)}}{2} = 287.65 \text{ lts/seg}$$

Costo bombas: 1 bomba x 450 días x \$4,040.82/día =	\$1'818,369.00
1 bomba x 120 días x \$4,040.82/día =	\$ 484,898.40
S u m a	\$2'303,267.40

$$\begin{aligned} \text{Energía} &= \frac{287.65 \text{ lts/seg (medio)} \times 350 \text{ m} \times 18 \text{ hrs}}{0.613 \text{ ef.}} \times 0.0098 \text{ kw} \\ &= 28,971.46 \text{ kw-hr} \end{aligned}$$

2° Frente L2-PS duración 438 días calendario

$$\text{Gasto medio} = \frac{297 \text{ lts/seg (min)} + 300 \text{ lts/seg (máx)}}{2} = 298.50 \text{ lts/seg}$$

Costo bombas: 1 bomba 10" ø x 438 días x \$4,040.82/día =	\$1'769,379.20
1 bomba 10" ø x 150 días x \$4,040.82/día =	\$ 606,123.00
S u m a:	\$2'376,002.20

$$\begin{aligned} \text{Energía} &= \frac{298.50 \text{ lts/seg (medio)} \times 350 \text{ m} \times 18 \text{ hrs} \times 0.0098 \text{ kw}}{0.613 \text{ ef.}} \\ &= 30,064.25 \text{ kw-hr} \end{aligned}$$

## 11.4 RESUMEN DE BOMBEO

## COSTO DE LA MANO DE OBRA

Frente	PE-L1 = 438 días x 3 turnos x \$8,399.23/turno	= \$11'036,588.00
Frente	L1-PE = 438 días x 3 turnos x \$8,399.23/turno	= \$11'036,588.00
Frente	L1-L2 = 450 días x 3 turnos x \$8,399.23/turno	= \$11'338,961.00
Frente	L2-L1 = 450 días x 3 turnos x \$8,399.23/turno	= \$11'338,961.00
Frente	LS-PS = 438 días x 3 turnos x \$8,399.23/turno	= \$11,036,588.00
Frente	PS-L2 = 438 días x 3 turnos x \$8,399.23/turno	= \$11'036,588.00

S u m a: = \$66'824,274.00

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

COSTO DE EQUIPO Y CONSUMO DE ENERGIA

FRENTE	A - PARA AVANCE		B - HORIZONTAL		C - VERTICAL	
	COSTO	KW-HR	COSTO	KW-HR	COSTO	KW-HR
PE-L1	137,712.96	16,323.12	847,722.00	111,404.00		
L1-PE	137,712.96	16,323.12	572,320.00	113,203.16		
L1-L2	219,088.80	25,965.60	1'248,300.00	241,431.33		
L2-L1	219,088.80	25,965.60	1'248,300.00	241,431.33		
LS-PS	137,712.96	22,258.80	895,329.00	190,293.50		
PS-L2	137,712.96	22,258.80	789,568.00	190,293.50		
Lumbrera No. 1					2'324,300.40	54,773.90
Lumbrera No. 2					2'650,691.50	58,974.51
	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	
<b>S u m a s</b>	989,029.44	129,101.44	5'601,539.00	1'088,056.82	4'974,991.90	113,748.41

## RESUMEN DE COSTOS:

Mano de obra \$ 66'824,274.00

## Equipo y Energía

A. Bombeo para avance (a) \$ 989,029.44 más (d) 1'088,056.82 kw-hr  
 B. Bombeo horizontal (b) \$ 129,101.04 más (e) 4'974,991.90 kw-hr  
 C. Bombeo vertical (c) \$5'601,539.00 más  
 S u m a s \$79'107,198.00 más 3'331,212.35 kw-hr

## 11.5 VOLUMEN TOTAL DE BOMBEO

## Frente

PE-L1  
 1. L1-PE = 11'095,574.40 m<sup>3</sup>  
 L1-L2  
 2. L2-L1 = 11'239,201.20 m<sup>3</sup>  
 L2-PS  
 3. PS-L2 = 11'095,574.40 m<sup>3</sup>  
 Suma = 33'430,350.00 m<sup>3</sup>

Costo unitario =  $\frac{\$79'107,198}{33,430,350\text{m}^3} = \$2.36/\text{m}^3$

Lote tubería 50 cm  $\phi$  = \$0.04

Consumo de energía

0.05 hr/m<sup>3</sup> x 5.065/kw-hr = 0.02

Costo directo = \$2.42

C A P I T U L O   X I I  
REVESTIMIENTO DE CONCRETO

## REVESTIMIENTO DE CONCRETO

**Materiales.-** Se determinan los consumos y obtenemos el costo.

**Mano de obra.-** Se calculan los costos por frente - multiplicando la duración de éste por el número de turnos - y por el costo de la cuadrilla-turno; el costo unitario lo da el costo total entre la longitud del túnel.

**Resumen de costo.-** Se sumaron todos los elementos - de costo.

### 12.1 INSTALACIONES Y SERVICIOS

Vías, aire comprimido, agua, red para alumbrado, red telefónica, líneas eléctricas, están sin cargo debido a que se amortizarán al 100% en la excavación.

### 12.2 MATERIALES

1° Concreto simple f'c = 200 kg/cm<sup>2</sup>

Cemento tipo 1	95.30 kg/m <sup>3</sup>	a \$ 5.72 kg.	\$	545.12/m <sup>3</sup>
Aditivo	0.1 lt/m <sup>3</sup>	a \$66.00 kg.	\$	6.60/m <sup>3</sup>
		S u m a	\$	551.72/m <sup>3</sup>
Más desperdicios 10%			\$	55.17/m <sup>3</sup>
Costo del concreto simple			\$	606.89/m <sup>3</sup>

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**



## Costo unitario:

Vol. de concreto/m<sup>3</sup> = 5.45 m<sup>3</sup>  
 Más sobre-excavaciones 10% = 0.55 m<sup>3</sup>  
 Consumo de concreto/m túnel = 6.00 m<sup>3</sup>

Costo = 6.00 m<sup>3</sup>/m a \$606.89/m<sup>3</sup> = \$3,641.34/m-túnel

## 2° Tapones

Costo unitario =  $\frac{\$96.60 \text{ costo tapón}}{9 \text{ m. entre tapones}}$  = \$10.73/m<sup>3</sup>

## 3° Gajos

=  $\frac{\$2,500.00/\text{gajos} \times 165.00 \text{ gajos}}{10,000.0 \text{ m. túnel}}$  = \$41.25/m

## 4° Resumen de materiales

Concreto simple	\$ 3,641.34/m
Tapones	10.73/m
Gajos	41.25/m
<b>S u m a</b>	<b>\$ 3,693.32/m</b>

## 12.3 MANO DE OBRA

Frente PE-L1	144 días x 3 turnos a \$52,931.46 = \$22'866,390.72
Frente 5+000-L1	80 días x 3 turnos a \$49,870.04 = \$11'968,809.60
Frente 5+000-L2	80 días x 3 turnos a \$49,870.04 = \$11'968,809.60
Frente PS - L2	144 días x 3 turnos a \$52,931.46 = \$22'866,390.72
<b>S u m a</b>	<b>=\$69'670,400.64</b>

Costo unitario =  $\frac{69'670,400.64}{10.000 \text{ m}^2\text{-túnel}}$  = \$6,967.04/m.

## 12.4 EQUIPO

## 12.4.1 DE PERMANENCIA VARIABLE

## EQUIPO FERROVIARIO

El tren para extraer la rezaga de plantilla, vía, -- tubería, etc., consta de:

Locomotora	1
Vagonetas	4
Plataformas	0

El tren para transporte de concreto consta de:

Locomotora	1
Vagonetas	6

1° Frente PE-L1 (long. 3,300 m; 144 días)

No. máximo trenes de limpieza	= 1
No. mínimo trenes de limpieza	= 1

Permanencia =  $\frac{1 \text{ máx.} + 1 \text{ min.}}{2} \times 144 \text{ días} = 144 \text{ días-tren}$

No. máximo trenes para concreto	= 2
No. mínimo trenes para concreto	= 1

Permanencia =  $\frac{2 \text{ máx.} + 1 \text{ min.}}{2} \times 144 \text{ días} = 216 \text{ días-tren}$

2° Frente 5+000-L1 (long. 1700 m; 144 días)

No. máximo de trenes para limpieza	= 1
No. mínimo de trenes para limpieza	= 1

$$\text{Permanencia} = \frac{1 \text{ máx.} + 1 \text{ min.}}{2} \times 144 \text{ días} = 144 \text{ días-tren}$$

No. máximo de trenes para concreto = 2  
 No. mínimo de trenes para concreto = 1

$$\text{Permanencia} = \frac{2 \text{ máx.} + 0 \text{ min.}}{2} \times 80 \text{ días} = 80 \text{ días-tren}$$

3° Frente 5+000 a L2 (long. 1700 m; 80 días)

No. máximo de trenes para limpieza = 1  
 No. mínimo de trenes para limpieza = 1

$$\text{Permanencia} = \frac{1 \text{ máx.} + 1 \text{ min.}}{2} \times 80 \text{ días} = 80 \text{ días-tren}$$

No. máximo de trenes para concreto = 2  
 No. mínimo de trenes para concreto = 1

$$\text{Permanencia} = \frac{2 \text{ máx.} + 1 \text{ min.}}{2} \times 80 \text{ días} = 120 \text{ días-tren}$$

4° Frente PS a L2 (long. 3300 144 días)

No. máximo de trenes para limpieza = 1  
 No. mínimo de trenes para limpieza = 1

$$\text{Permanencia} = \frac{1 \text{ máx.} + 1 \text{ min.}}{2} \times 144 \text{ días} = 144 \text{ días-tren}$$

No. máximo de trenes para concreto = 3  
 No. mínimo de trenes para concreto = 1

$$\text{Permanencia} = \frac{3 \text{ máx.} + 1 \text{ min.}}{2} \times 144 \text{ días} = 288 \text{ días-tren}$$

Clave:

L = Locomotora  
 VC = Vagoneta concreto

## PERMANENCIA DE EQUIPO FERROVIARIO

FRENTE	LOCOMOTORAS				VAGONES			
	CLAVE	CANT.	PERMANENCIA		CLAVE	CANT.	PERMANENCIA	
			ACTIVA	RESERVA			ACTIVA	RESERVA
PE-L1	L	3	2	1	Vc	13	12	1
5+ 000-L1	L	3	2	1	Vc	13	12	1
5+ 000-L2	L	3	2	1	Vc	13	12	1
L2-PS	L	4	3	1	Vc	20	18	2

RESUMEN	CLAVE	CANT.	PERMANENCIA	
			ACTIVA	RESERVA
LOCOMOTORAS	L	13	9	4
VAGONES	V	59	54	5

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

12.4.2 COSTO POR FRENTE DEL EQUIPO PARA REVESTIMIENTO DE CONCRETO

FRENTE PE-LI, long. 3,300 m. Duración: 144 días

M A Q U I N A	A C T I V A					R E S E R V A					COSTO TOTAL
	CANT.	DIAS	HRS.	CUOTA HR.	COSTO	CANT.	DIAS	HRS.	CUOTA HR.	COSTO	
Colocador neumático	1	144	8	289.02	332,951.04	1	144	12	289.02	499,426.56	832,377.60
Forma	1	144	8	1,363.23	1'570,440.96	1	144	16	1,363.23	3'140,881.92	4'711,322.88
Locomotora	1	144	8	1,307.31	1'506,021.12	1	144	12	1,307.31	2'259,031.68	3'765,052.80
Vagoneta	6	144	8	97.48	673,781.76	6	144	12	97.48	1'010,672.64	1'684,454.40
Cambio Califor nia	1	144	8	335.43	386,415.36	1	144	15	335.43	724,528.80	1'110,944.16
Planta de con creto	1	144	8	1,401.09	1'614,055.68	1	144	7	1,401.09	1'412,298.72	3'026,354.40
Planta para - agregados	1	144	7	2,714.52	2'736,236.16						2'736,236.16
Cargador fron- tal	1	144	7	1,886.91	1'902,005.28						1'902,005.28
Compresor 600 pcm	1	144	8	665.41	766,552.32	1	144	16	665.41	1'533,104.64	2'299,656.46
S U M A S					11'488,459.68					10'579,944.96	22'068,404.64

106

FRENTE L2-L1 LONGITUD 1,700m; duración 80 días

NOTA: IGUAL AL FRENTE L1-L2

M A Q U I N A	A C T I V A				R E S E R V A				COSTO TOTAL		
	CANT.	DIAS	HRS.	CUOTA HR.	COSTO	CANT.	DIAS	HRS.		CUOTA HR.	COSTO
Colocador neumático	1	80	8	289.02	184,972.80	1	80	12	289.02	277,459.20	462,432.00
Forma	1	80	8	1,363.23	872,467.20	1	80	16	1,363.23	1'744,934.40	2'617,401.60
Locomotora	1	80	8	1,307.31	836,678.40	1	80	12	1,307.31	1'255,017.60	2'091,696.00
Vagoneta	6	80	8	97.48	374,323.20	6	80	12	97.48	561,484.80	935,808.00
Cambio California	1	80	8	335.43	214,675.20	1	80	15	335.43	402,516.00	617,191.20
Planta de concreto	1	80	8	1,401.09	896,697.60	1	80	7	1,401.09	784,160.40	1'681,308.00
Planta para -- agregados	1	80	7	2,714.52	1'520,131.20						1'520,131.20
Cargador frontal	1	80	7	1,886.91	1'056,669.60						1'056,669.60
Compresor 600 pcm	1	80	8	665.41	425,962.40	1	80	16	665.41	851,724.80	1'277,587.20
S U M A S					6'382,477.60					5'877,747.20	12'260,224.80

202

FRENTE L2-PS LONG. 3,300 m. DURACION 144 días

NOTA: IGUAL AL FRENTE PE-L1

MAQUINA	ACTIVA					RESERVA					COSTO TOTAL
	CANT.	DIAS	IRS.	CUOTA IR.	COSTO	CANT.	DIAS	IRS.	CUOTA IR.	COSTO	
Colocador neu- mático	1	144	8	289.02	332,951.04	1	144	12	289.02	499,426.56	832,377.60
Foma	1	144	8	1,363.23	1'570,440.96	1	144	16	1,363.23	3'140,881.92	4'711,322.88
Locomotora	1	144	8	1,307.31	1'506,021.12	1	144	12	1,307.31	2'259,031.68	3'765,052.80
Vagoneta	6	144	8	97.48	673,781.76	6	144	12	97.48	1'010,672.64	1'684,454.40
Cambio Cali- fornia	1	144	8	335.43	386,415.36	1	144	15	335.43	724,528.80	1'110,944.16
Planta de concreto	1	144	8	1,401.09	1'614,055.68	1	144	7	1,401.09	1'412,298.72	3'026,354.40
Planta para agregados	1	144	7	2,714.52	2'736,236.16						2'736,236.16
Cargador -- frontal	1	144	7	1,886.91	1'902,005.28						1'902,005.28
Compresor - 600 pñm	1	144	8	665.41	766,552.32	1	144	16	665.41	1'533,104.64	2'299,656.96
<b>SUMAS</b>					<b>11'488,459.68</b>					<b>10'579,944.96</b>	<b>22'068,404.64</b>

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

FRENTE L1-L2 LONGITUD 1,700 m; duración 80 días

M A Q U I N A	A C T I V A					R E S E R V A					COSTO TOTAL
	CANT.	DIAS	HRS.	CUOTA HR.	COSTO	CANT.	DIAS	HRS.	CUOTA HR.	COSTO	
Colocador neumático	1	80	8	289.02	184,972.80	1	80	12	289.02	277,459.20	462,432.00
Forma	1	80	8	1,363.23	872,467.20	1	80	16	1,363.23	1'744,934.40	2'617,401.60
Locomotora	1	80	8	1,307.31	836,678.40	1	80	12	1,307.31	1'255,017.60	2'091,696.00
Vagoneta	6	80	8	97.48	374,323.20	6	80	12	97.48	561,484.80	935,808.00
Cambio California	1	80	8	355.43	214,675.20	1	80	15	335.43	402,516.00	617,191.20
Planta de -- concreto	1	80	8	1,401.09	896,697.60	1	80	7	1,401.09	784,610.40	1'681,308.00
Planta para-agregados	1	80	7	2,714.52	1'520,131.20						1'520,131.20
Cargador -- frontal	1	80	7	1,886.91	1'056,669.60						1'056,669.60
Compresor 600 pcm	1	80	8	665.41	425,862.40	1	80	16	665.41	851,724.80	1'277,587.20
S U M A S					6'382,477.60					5'877,747.20	12'260,224.80

**TESIS CON FALLA DE ORIGEN**

204



## 12.4.3 RESUMEN DE EQUIPO

Frente PE a L1	\$22'068,404.64
Frente 5+000 a L1	\$12'260,224.80
Frente 5+000 a L2	\$12'260,224.80
Frente PS a L2	<u>\$22'068,404.64</u>
S u m a	\$68'657,258.88

$$\text{Costo unitario} = \frac{\$68'657,258.88}{10,000 \text{ m-túnel}} = \$6'865.72 / \text{m-túnel}$$

## 12.5 CONSUMO DE ENERGIA ELECTRICA

1° Alumbrado

a) Frente PE a L1 long. 3,333 m; 132 días

$$\begin{aligned} \text{Energía} &= \frac{66 \text{ lámparas}}{2} \times .100 \text{ kw/lámp.} \times 24 \text{ hrs.} \times 1.20 \text{ -} \\ &= 95.04 \text{ kw-hr} \quad \text{pérd.} \end{aligned}$$

b) Frente 5+000 a L1 long. 3,333m; 132 días

$$\begin{aligned} \text{Energía} &= \frac{66 \text{ lámparas}}{2} \times .100 \text{ kw/lámp.} \times 24 \text{ hrs.} \times 1.20 \text{ pérd.} \\ &= 95.04 \text{ kw-hr} \end{aligned}$$

c) Frente 5+000 a L2 long. 3,333m; 132 días

$$\begin{aligned} \text{Energía} &= \frac{66 \text{ lámparas}}{2} \times .100 \text{ kw/lámp.} \times 24 \text{ hrs.} \times 1.20 \text{ pérd.} \\ &= 95.04 \text{ kw-hr} \end{aligned}$$

d) Frente PS a L2 long. 3,333m; 132 días

$$\begin{aligned} \text{Energía} &= \frac{66 \text{ lámparas}}{2} \times .100 \text{ kw/lámp.} \times 24 \text{ hrs.} \times 1.20 \text{ pérd.} \\ &= 95.04 \text{ kw-hr} \end{aligned}$$

Consumo total = 380.16 kw-hr x \$2.25 kw/hr = \$855.36

Consumo unitario =  $\frac{855.36 \text{ kw-hr}}{10,000 \text{ m-túnel}} = \$0.08 \text{ kw-hr/m.}$

2° Para usos diversos

Aplicado por frente y por tipo de máquina la fórmula\_

Consumo de energía = no. de máquinas x HP x 0.746 kw x días -  
x hrs/día x % utilización = kw-hr

Resumen de consumos de energía eléctrica para el re -  
vestimiento:

1° Aire comprimido = 421.85 kw-hr/m  
2° Alumbrado = 12.80 kw-hr/m  
Suma = 434.65 kw-hr/m de túnel

a) Por frente (HP)

1 Compresor 600 pcm = 150 HP con una utilización del 70%  
1 planta de concreto = 50 HP con una utilización del 70%  
1 planta agregados = 50 HP con una utilización del 70%

b) Consumo de energía por frente = HP x 0.746 kw x días  
x hr/día x % utilizado

PE-L1 - 250 HP - 0.746 kw - 132 días - 24 hrs/día - 70% util. 413,582.40 kw-hr  
L2-L1 - 250 HP - 0.746 kw - 132 días - 24 hrs/día - 70% util. 413,582.40 kw-hr  
L1-L2 - 250 HP - 0.746 kw - 132 días - 24 hrs/día - 70% util. 413,582.40 kw-hr  
PS-L2 - 250 HP - 0.746 kw - 132 días - 24 hrs/día - 70% util. 413,582.40 kw-hr

Suma = 1'654,329.60 hw-hr

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

c) Costo total

$$1'654,329.60 \text{ kw-hr } 2.55/\text{hw-hr} = \$4'218,540$$

d) Costo unitario

$$\frac{\$ 4'218,540.50}{10,000 \text{ m-túnel}} = \$421.85 \text{ m.l.}$$

## 12.6 INYECCION DE CONTACTO

El abastecimiento de materiales se hará en cada una de las plantas de inyecciones instaladas en la superficie de cada una de las lumbreras.

La energía que se abastecerá de las líneas de barrenación.

El transporte de materiales y del equipo para inyectado estará constituido por plantas en la superficie.

### COSTO

A) Conducciones

1° Aire comprimido

a)	Conexiones 3/4"	70 pzas a \$ 543.00 pza	= \$ 38,010.00
b)	Válvulas 3/4"	30 pzas a \$5,300.00 pza	= \$159,000.00
c)	Mangueras 3/4"	210 m. a \$ 320.00 m.	= <u>\$ 67,200.00</u>
		<b>S u m a</b>	<b>= \$264,210.00</b>

2° Conductores eléctricos

a)	Cable uso rudo 3 x 4	600 m. a \$ 276.55/m.	= \$ 165,930.00
b)	Cable uso rudo	500 m. a \$15,895.00/m	= \$7'947,500.00
c)	Interruptores 3x30x600	150 pza \$12,350.00/p	= <u>\$1'852,500.00</u>
		<b>S u m a</b>	<b>= \$9'965,930.00</b>

## 3° Líneas de inyección

a)	Manguera para inyección 1 1/2"Ø 1,000 m.	x	
	\$650.30	=	\$ 650,300.00
b)	Manguera para inyección 2"Ø 3,000 m.	x	
	\$1,202.00	=	\$3'606,000.00
c)	Accesorios (válvulas, niples, etc)	=	\$1'000,000.00
d)	Tanque de almacenamiento 5 pzas	x	
	\$ 43,000.00	=	\$ 215,000.00
			S u m a = \$5'471,300.00

Costos de conducciones = \$264,210.00 + \$9'965,930.00  
+ \$5'471,300.00 = \$15'701,440.00

Costo unitario =  $\frac{\$15'701,440.00}{10,000 \text{ m-túnel}} = \$1,570.14/\text{m.}$

## B) Materiales

## 1° Para barrenación

a)	Barrenos 0.02 kg/m. túnel a \$6,985.00/kg	=	\$ 139.70/m.
b)	Brocas 0.01 paza/m túnel a \$ 12,200.00/pza	=	\$ 122.00/m.
			S u m a = \$ 261.70/m.

## 2° Para inyección:

a)	Cemento 380 kg/m <sup>3</sup> a \$ 5.50/kg	=	\$2,090.00/m <sup>3</sup>
b)	Arena 0.380 m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> a \$530.00/m <sup>3</sup>	=	\$ 201.40/m <sup>3</sup>
c)	Aditivo 0.500 lt/m <sup>3</sup> a \$ 66.00/lt	=	\$ 33.00/m <sup>3</sup>
			Costo mortero = \$2,324.40/m <sup>3</sup>

Volumen de mortero que se estima por 1.0 m. de túnel =  
1.50 m<sup>3</sup>/m. a \$2,324.40/m<sup>3</sup>.

Costo del mortero 1.50 m<sup>3</sup> a \$2,324.40 m = \$3,486.60 m.  
3,486.60 + 2,324.40 = s u m a = \$5,811.00/m.

C) Mano de obra

Costo unitario =  $\frac{\$11,264.59/\text{turno}}{10 \text{ m. avance/turno}}$  = \$1,126.45 /m.

D) Equipo

a) Bomba inyectora = \$393.51/hora  
b) Tanques agitadores = \$253.30/hora  
c) Perforadora = \$280.93/hora  
S u m a = \$927.74/hora

Costo unitario =  $\frac{\$ 927.74/\text{hora}}{1.5 \text{ m. túnel/hora}}$  = \$618.49/m.

Costo de inyección

a) Conducciones = \$1,570.14/m.  
b) Materiales = \$5,811.00/m.  
c) Mano de obra = \$1,126.45/m.  
d) Equipo = \$ 618.49/m.  
Costo unitario = \$9,126.08/m.

## 12.7 RESUMEN COSTO DE REVESTIMIENTO DE CONCRETO

10.2	Materiales	= \$ 3,641.34/m.	= 13.47%
10.3	Mano de obra	= \$ 6,967.04/m.	= 25.78%
10.4	Equipo	= \$ 6,865.72/m.	= 25.40%
10.5	Consumo de energfa eléc- trica	= \$ 434.65/m.	= 1.60%
10.6	Inyección de contacto	= \$ 9,126.08/m.	= 33.75%
	Costo unitario	= \$27,034.83/m.	=100.00%

C A P I T U L O   X I I I  
EXCAVACION PARA ENCAPILLADO EN  
ZONA DE LUMBRERAS - SE CALCULAN  
LOS COSTOS

## EXCAVACION PARA ENCAPILLADO EN ZONA DE LUMBRERAS

## 13.1 COSTO DE EXCAVACION PARA ENCAPILLADO EN ZONA DE LUMBRERAS

## A). MATERIALES

Acero de barrenación	1.82 ml/m <sup>3</sup>	a \$ 28.90/kg.	= \$ 52.62/m <sup>3</sup>
Dinamita	2 kg/m <sup>3</sup>	a \$ 170.38/kg.	= \$ 340.76/m <sup>3</sup>
Estopín eléctrico	0.53 pzas.	a \$ 91.00/pza.	= \$ 48.23/m <sup>3</sup>
Primacord	0.11 m/m <sup>3</sup>	a \$ -30.25/m	= \$ 3.33/m <sup>3</sup>
Costo de materiales			= \$ 444.94/m <sup>3</sup>

## B). MANO DE OBRA

CATEGORIA	CANT.	S. BASE	INCR.	COSTO IND.	COSTO TOTAL
Jefe de turno	1	836.40	1.526	1,276.35	1,276.35
Peón	10	455.60	1.526	695.24	6,952.45
Perforista	1	763.43	1.526	1,164.99	1,164.99
Poblador	1	592.80	1.526	904.61	904.61
Op. de máquina	1	836.40	1.526	1,276.35	1,276.35

COSTO TOTAL-TURNO

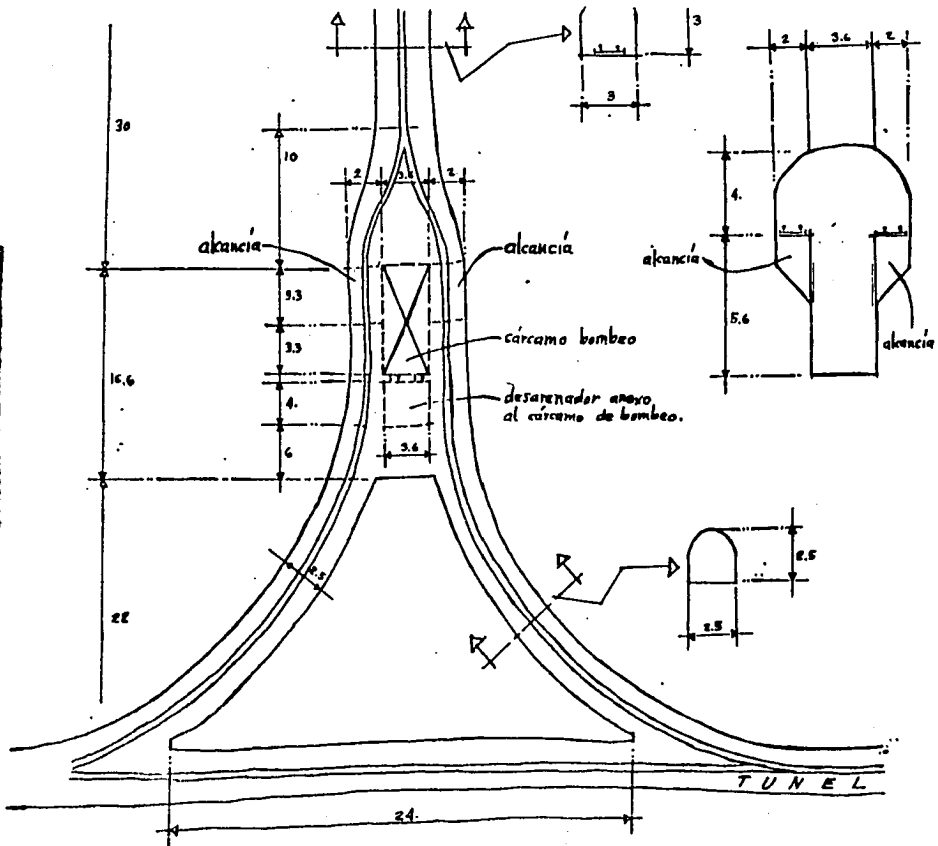
= \$11,574.75/turno

Rendimiento por turno = 21.80 m<sup>3</sup>/turnoCosto mano de obra =  $\frac{\$ 11,574.75}{21.80 \text{ m}^3/\text{turno}}$  = \$530.95 m<sup>3</sup>

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**



**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**



912-A

## C). EQUIPO

1 compresor 600 pcm	=	\$ 665.41/he
1 jumbo	=	\$1,592.12/he
1 tractor D-3	=	\$1,016.18/he
1 rezagadora	=	\$1,291.31/he
4 vagonetas	=	\$ 326.30/he
		<hr/>
S u m a	=	\$4,891.32/he

Rendimiento = 2.73 m<sup>3</sup>/hr.

$$C. \text{ equipo} = \frac{\$4,891.32/he}{2.73} = \$1,791.69$$

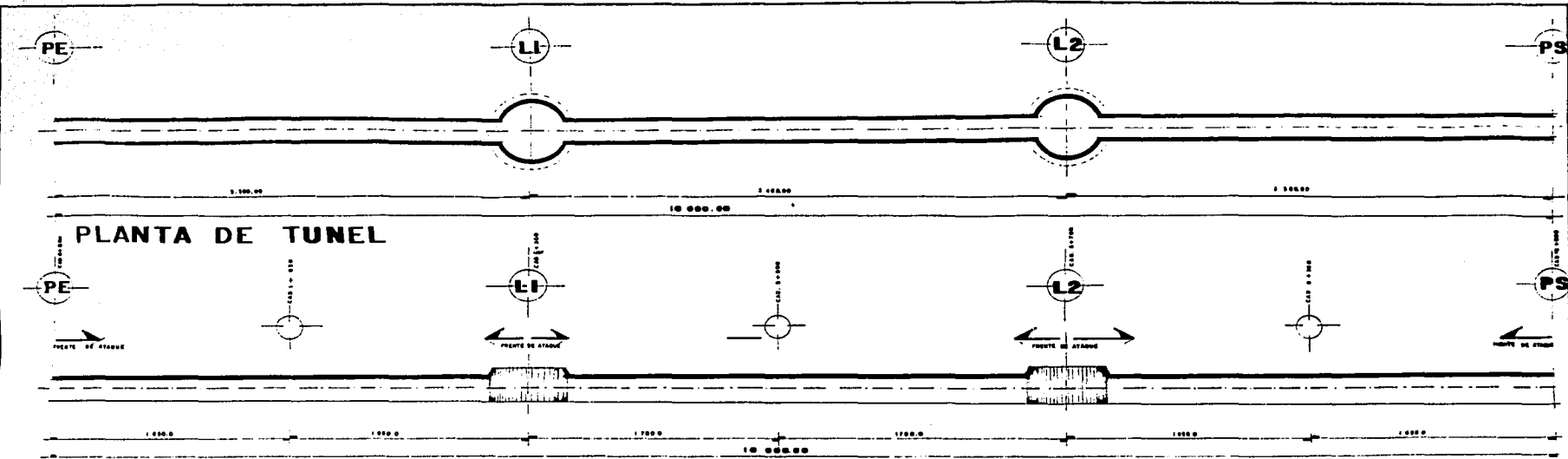
## 13.2 COSTO UNITARIO

Materiales	=	\$ 444.94/m <sup>3</sup>
Mano de obra	=	\$ 549.14/m <sup>3</sup>
Equipo	=	\$1,791.69/m <sup>3</sup>
Consumo de energía	=	\$ 46.68/m <sup>3</sup>
C. unitario	=	\$2,832.45 m <sup>3</sup>

NOTA: consumo de energía

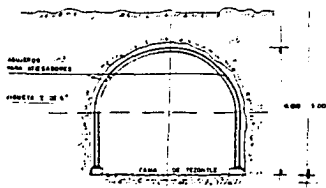
$$\text{Compresor} = 150 \text{ HP} \times 0.746/\text{kwh} \times 2.55/\text{kwh} = 285.34/\text{hr}$$

$$\text{Rendimiento} = 127.45/\text{hr} \div 2.73 \text{ m}^3/\text{hr} = 46.68/\text{m}^3$$

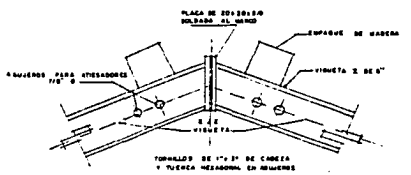


**PLANTA DE TUNEL**

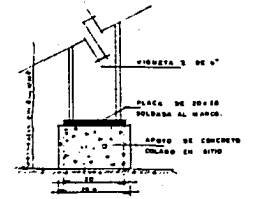
**CORTE LONGITUDINAL**



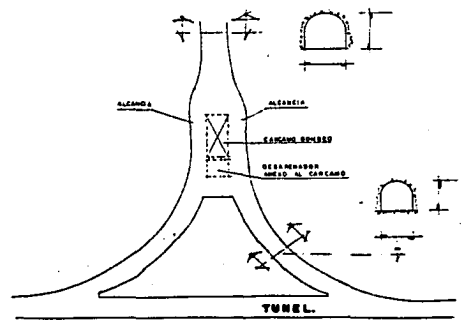
**DETALLE DE BOCA**



**ADEME METALICO  
ENSAMBLE PARTE SUPERIOR**



**ADEME METALICO  
PARTE INFERIOR.**



214

C A P I T U L O   X I V  
DETERMINACION DEL COSTO INDI-  
RECTO

## DETERMINACION DEL COSTO INDIRECTO

Se han elaborado 6 columnas:

- Cantidad, número de personas, objetos o conceptos.
- Número de meses - meses de permanencia en la obra.
- Costo por mes - honorarios, salarios, etc., por mes.
- Costo total - costo total de conceptos durante la -- construcción.
- Sub-totales - suma de cada grupo de conceptos.
- % - porcentaje que representa cada grupo de conceptos dentro del costo indirecto.
- Presupuesto del costo directo - se multiplica cada - una de las cantidades de obra que aparecen en el catálogo por su costo unitario.
- Cargo por indirectos - se calcula dividiendo el costo indirecto entre el costo directo de la obra.

## 14.1 DETERMINACION DEL COSTO INDIRECTO

CONCEPTO	CANT.	NO. DE MESES	COSTO POR MES	COSTO TOTAL	SUB-TOTALES	%
INDIRECTOS DE CAMPO						
1° Personal técnico						
Gerente de proyecto	1	23.93	150,000.00	3'589,500.00	3'589,500.00	
Superintendente general	1	23.93	120,000.00	2'871,600.00	6'461,100.00	
Superintendente	6	23.93	120,000.00	17'229,600.00	23'690,700.00	
Ingeniero	12	23.93	50,000.00	14'358,000.00	38'048,700.00	
Grupo topográfico	6	23.93	50,000.00	7'179,000.00	45'227,700.00	
S U M A				45'227,700.00	45'227,700.00	19.31%
2° Personal Administrativo						
Administrador General	1	23.93	50,000.00	1'196,500.00	1'196,500.00	
Jefe de oficina	1	23.93	45,000.00	1'076,850.00	2'273,350.00	
Almacenista General	1	23.93	22,000.00	526,460.00	2'799,810.00	
Jefe de Personal	1	23.93	20,000.00	478,600.00	3'278,410.00	
Jefe de Compras	1	23.93	25,000.00	598,250.00	3'876,660.00	
Tomador de Tiempo	6	23.93	18,000.00	2'584,440.00	6'461,100.00	
Bodeguero	12	23.93	18,000.00	5'168,880.00	11'629,980.00	
Empleado A	5	23.93	22,000.00	2' 632,300.00	14'262,280.00	
Empleado B	5	23.93	20,000.00	2'393,000.00	16'655,280.00	
Empleado C	5	23.93	18,000.00	2'153,700.00	18'808,980.00	
Chegador de materiales	6	23.93	18,000.00	2'584,440.00	21'393,420.00	
Polvorinero	4	23.93	18,000.00	1'440,000.00	22'833,420.00	
Gasolinera	4	23.93	18,000.00	1'722,960.00	24'556,380.00	
S U M A				24'556,380.00	24'556,380.00	10.49%

TESIS CON  
 FALLA DE ORIGEN

CONCEPTO	CANT.	NO. DE MESES	COSTO POR MES	COSTO TOTAL	SUB-TOTALES	%
<b>3° Personal de Servicios Generales</b>						
Campanero	4	23.93	18,000.00	1'722,960.00	1'722,960.00	
Cocinero	4	23.93	19,000.00	1'818,680.00	3'541,640.00	
Mozo	1	23.93	16,000.00	382,880.00	3'924,520.00	
Peón	4	23.93	16,000.00	1'531,520.00	5'456,040.00	
S U M A				5'456,040.00	5'456,040.00	2.33%
<b>4° Personal de Vigilancia</b>						
Jefe de vigilancia	1	23.93	22,000.00	526,460.00	526,460.00	
Vigilante	10	23.93	18,000.00	4'307,400.00	4'833,860.00	
S U M A				4'833,860.00	4'833,860.00	2.06%
<b>5° Personal de mantenimiento</b>						
Mecánico	2	23.93	20,000.00	957,200.00	957,200.00	
Pintor general	1	23.93	22,000.00	526,460.00	1'483,660.00	
S U M A				1'483,660.00	1'483,660.00	0.63%
<b>6° Servicios médicos</b>						
Médico	2	23.93	60,000.00	2'871,600.00	2'871,600.00	
Enfermero	4	23.93	30,000.00	2'871,600.00	5'743,200.00	11%
S U M A				5'743,200.00	5'743,200.00	2.46%

CONCEPTO	CANT.	NO. DE MESES	COSTO POR MES	COSTO TOTAL	SUB-TOTALES	%
<b>7° Instalaciones</b>						
Campamentero				4'000,000.00	4'000,000.00	
Oficinas				8'000,000.00	12'000,000.00	
Bodegas				4'000,000.00	16'000,000.00	
Talleres				6'000,000.00	22'000,000.00	
Campos deportivos				3'000,000.00	25'000,000.00	
<b>S U M A</b>				<b>25'000,000.00</b>	<b>25'000,000.00</b>	<b>10.68%</b>
<b>8° Mobiliario y equipo de oficinas</b>						
				3'000,000.00	3'000,000.00	
<b>9° Mobiliario y equipo campamentos</b>						
				2'000,000.00	5'000,000.00	
10° Talleres mecánicos	23.93		200,000.00	4'786,000.00	9'768,600.00	
11° Talleres carpintería	23.93		120,000.00	2'871,600.00	12'657,600.00	
12° Taller eléctrico	23.93		120,000.00	2'871,600.00	15'529,200.00	
13° Enfermería	23.93		30,000.00	717,900.00	16'247,100.00	
14° Transportes	23.93		200,000.00	4'786,000.00	21'033,100.00	
15° Equipos diversos	23.93			2'000,000.00	23'033,100.00	
16° Consumos oficinas	23.93		70,000.00	1'675,100.00	24'708,200.00	
17° Consumos campamentos	23.93		30,000.00	717,900.00	25'426,100.00	
18° Consumos talleres	23.93		70,000.00	1'675,100.00	27'101,200.00	
19° Consumos enfermería	23.93		20,000.00	478,600.00	27'579,800.00	
20° Pasajes y viáticos				400,000.00	27'979,800.00	
21° Fletes y maniobras				400,000.00	28'379,800.00	
22° Servicio de radio-comunicación				1'500,000.00	29'879,800.00	
<b>S U M A</b>				<b>29'879,800.00</b>	<b>29'879,800.00</b>	<b>12.76%</b>



C O N C E P T O	CANT.	NO. DE MESES	COSTO POR POR MES	COSTO TOTAL	SUB-TOTALES	%
23° Primas						
Seguros				20'000,000.00	20'000,000.00	
S U M A				20'000,000.00	20'000,000.00	8.54%
24° Intereses						
Sobre capitales de trabajo				70'000,000.00	70'000,000.00	
S U M A				70'000,000.00	70'000,000.00	29.89%
25° Limpieza de obra						
Limpieza final				1'500,000.00	1'500,000.00	
Desmantelamiento				500,000.00	2'000,000.00	
S U M A				2'000,000.00	2'000,000.00	0.85%
S U M A T O T A L					234'180,640.00	100%
CARGOS DE LA OFICINA CENTRAL				23.93 mes a \$4'000,000.00/mes	95,720,000.00	
SUMA INDIRECTOS					\$329,900,640.00	

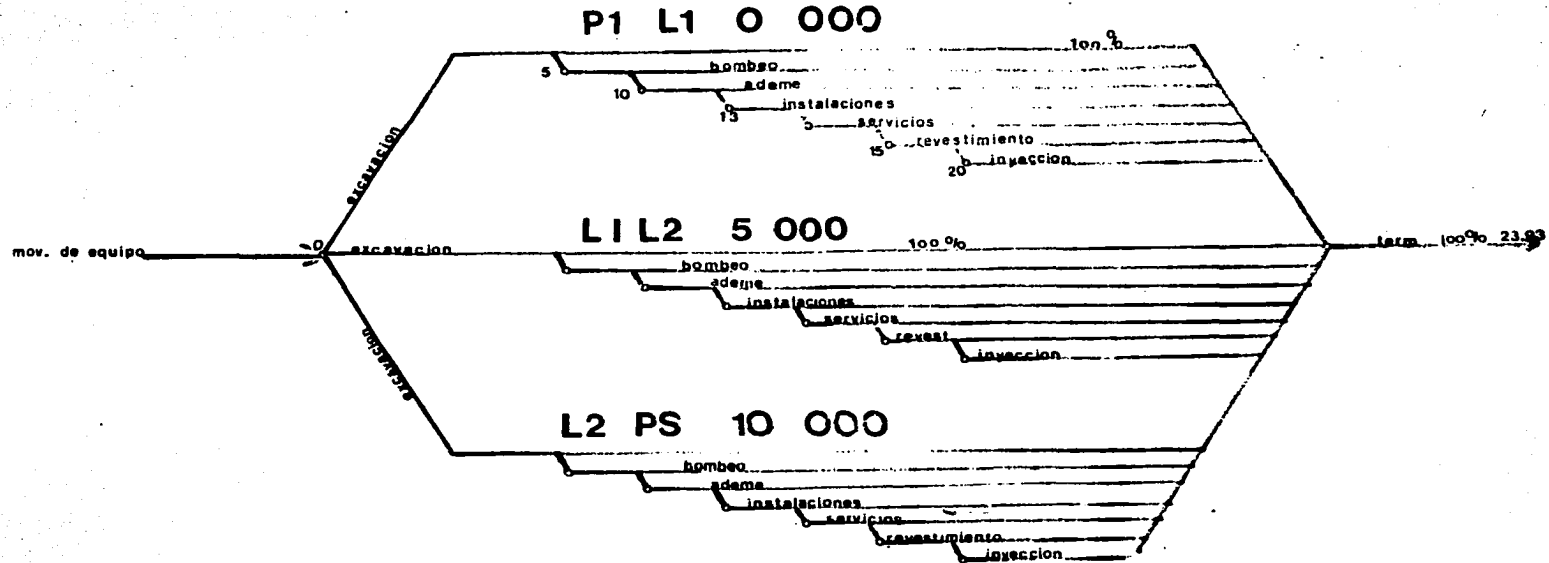
## 14.2 DETERMINACION DEL PORCENTAJE DE INDIRECTOS

### PRESUPUESTO DE COSTO DIRECTO

- Excavación de túnel	10,000.00 m.	a \$117,461.29 =	\$1'174'612,900.00
- Ademe con marcos metálicos	1,200.00 pza	a \$ 22,716.13 =	\$ 27,259,356.00
- Ademe concreto lanzado	3,125.00 m <sup>3</sup>	a \$ 8,564.82 =	\$ 26'765,062.50
- Ademe con anclas y ma llas metálicas	6,250.00 m <sup>2</sup>	a \$ 272.94 =	\$ 1'705,875.00
- Bombeo	33'430,350.00 m <sup>3</sup>	a \$ 2.42 =	\$ 80'901,447.00
- Revestimiento concreto	10,000.00 m	a \$ 46,453.23 =	\$ 464'532,300.00
- Excavación para enca- pillado en zona de - lumberas	5,000.00 m <sup>3</sup>	a \$ 2,832.45 =	\$ 14'262,250.00
Costo directo de la obra			= \$1'789'939,190.50

$$\text{Cargo por indirectos} = \frac{\$329,900,640.00 \text{ indirectos}}{1'789'939,190.50 \text{ Costo directo}} = 0.18 = 18.00\%$$

### RUTA CRITICA



23.93 MESES

CONCEPTO	Pesos cien miles millones en millon	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
EXCAVACIONES																									
BOMBEO																									
ADEME																									
REVESTIMIENTO																									
INST. Y SERV.																									
INYECCION																									
	1 789 249 200																								

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

C A P I T U L O    X V

PRECIOS UNITARIOS

## PRECIOS UNITARIOS

### 15.1 PRECIOS UNITARIOS

#### PORCENTAJES DE CARGO POR IMPUESTOS:

Impuesto sobre la Renta	=	3.0%
Servicios de inspección y vigilancia de la S.P. y P.	=	0.5%
Aportación al fideicomiso para campos deportivos y ejidales	=	0.2%
Obras de beneficio social	=	1.0%
<b>S u m a</b>	<b>=</b>	<b>4.7%</b>

$$\text{Cargo} = \frac{1.0}{1.0 - 0.47} - 1.0 = 0.0493 = 4.93\%$$

#### 1° Excavación de Túnel

Costo directo		= \$117,461.29/m.
Más costo indirecto	14.00%	= \$ 16,444.58/m.
<b>S u m a</b>		<b>= \$133,905.87/m.</b>
Más utilidad	10.00%	= \$ 13,390.58/m.
<b>S u m a</b>		<b>= \$147,296.45/m.</b>
Más impuesto	4.93%	= \$ 7,261.71/m.
<b>Precio unitario</b>	<b>S u m a</b>	<b>= \$154,558.16/m.</b>

#### 2° Excavación de encapillado en zona de lumbreras

Costo directo		= \$ 2,832.45/m3
Más costo indirecto	14.00%	= \$ 396.54/m3
<b>S u m a</b>		<b>= \$ 3,228.99/m3</b>
Más utilidad	10.00%	= \$ 322.89/m3
<b>S u m a</b>		<b>= \$ 3,551.88/m3</b>
Más impuesto	4.93%	= \$ 175.10/m3
<b>Precio unitario</b>	<b>S u m a</b>	<b>= \$ 3,726.98/m3</b>

## 3° Ademe con marcos metálicos

Costo directo		= \$ 22,716.13/pza
Más costo indirecto	14.00%	= \$ 3,180.25/pza
S u m a		= \$ 25,896.38/pza
Más utilidad	10.00%	= \$ 2,589.63/pza
S u m a		= \$ 28,486.01/pza
Más impuesto	4.93%	= \$ 1,404.36/pza
Precio unitario	S u m a	= \$ 29,890.37/pza

## 4° Ademe con concreto lanzado

Costo directo		= \$ 8,564.82/m3
Más costo indirecto	14.00%	= \$ 1,199.07/m3
S u m a		= \$ 9,763.89/m3
Más utilidades	10.00%	= \$ 976.38/m3
S u m a		= \$ 10,740.27/m3
Más impuesto	4.93%	= \$ 529.49/m3
Precio unitario	S u m a	= \$ 11,269.76/m3

## 5° Ademe con anclas y mallas metálicas

Costo directo		= \$ 272.94/m2
Más costo indirecto	14.00%	= \$ 38.21/m2
S u m a		= \$ 311.15/m2
Más utilidad	10.00%	= \$ 31.11/m2
S u m a		= \$ 342.26/m2
Más impuesto	4.93%	= \$ 16.87/m2
Precio unitario	S u m a	= \$ 359.13/m2

## 6° Revestimiento de concreto

Costo directo		= \$ 46,453.23/m
Más costo indirecto	14.00%	= \$ 6,503.45/m
S u m a		= \$ 52,956.68/m
Más utilidad	10.00%	= \$ 5,295.66/m
S u m a		= \$ 58,252.34/m
Más impuesto	4.93%	= \$ 2,871.84/m
Precio unitario	S u m a	= \$ 61,124.18/m

## 7° Bombeo de infiltraciones

Costo directo		= \$ 2.42/m3
Más costo indirecto	14.00%	= \$ 0.33/m3
S u m a		= \$ 2.75/m3
Más utilidad	10.00%	= \$ 0.27/m3
S u m a		= \$ 3.02/m3
Más impuesto	4.93%	= \$ 0.15/m3
Precio unitario	S u m a	= \$ 3.17/m3

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

CONCLUSIONES

## CONCLUSIONES

Uno de los objetivos principales que no debe ser olvidado al redactar un proyecto, es su parte económica y es lógico que la construcción de túneles, antes de lanzarse a la financiación del mismo, desee tener una idea lo más aproximada posible de la inversión a realizar y de la duración de los trabajos.

Para poder llevar la obra bien controlada es forzoso partir de un presupuesto general para lo cual en esta obra se precisó un detallado estado de dimensiones, ejecutado con sentido de responsabilidad, de unos cuadros de precios y de aplicación de éstos y su producción periódica; por lo que en el presente trabajo que se expone a la anuencia del respetable jurado, se pone de manifiesto uno de los métodos que tiene por finalidad uniformizar criterios, evitar omisiones y establecer claramente la incidencia de cada uno de los elementos que integran el costo y tiempo de la construcción de un túnel, así como para tener bases de juicio en las revisiones que se llegaren a presentar en su transcurso.

Dicho método está diseñado para la excavación de túneles a base de explosivos y para la colocación en el lugar del concreto de revestimiento; en donde se incluyen fórmulas que fueron empleadas para el diseño de tuberías para aire comprimido, sistemas de ventilación y bombeo.

Se hace notar que la cotización de los conceptos principales está basada en el programa; así los cargos por mano de obra, equipo y energía eléctrica, son los que resultaron de dividir los costos y consumos totales entre el número de unidades de que se trate.

### COSTOS

Debido a las continuas variaciones de tipo oficial y convenios y a la crisis económica en la que vivimos, es difícilísimo establecer con seguridad unos precios de costo-hora de mano de obra y mucho menos asegurar la estabilidad-

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



de los mismos. Y si además consideraremos las diferencias de nivel de vida, de diferentes regiones, nos será totalmente imposible llegar a unos valores reguladores. Los costos que aparecen en los listados de esta obra están sujetos al cambio porcentual que marque la ley tanto del trabajo como la del consumo; en materiales, herramientas, maquinaria, - equipo y mano de obra.

Naturalmente las nuevas disposiciones oficiales o reales del mercado, incidirán en lo futuro sobre los mismos.

#### TIEMPO

Este queda sujeto al plan de presupuesto.

227

BIBLIOGRAFIA

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

- 1.- Company, Manuel Cálculo de Construcción  
(Para Presupuestar)  
Edit. Gustavo Gili, S.A.  
México, 1971.
- 2.- Half-Mile Pittsburgh's Squirrel Hill Tunnel  
Engineering News - Record,  
Vol. 12  
Edit. McGraw Hill Book Company, -  
Inc., Nueva York, 1949.
- 3.- Half-Mile Tunnel Driven for P.R.R. Double -  
Track Line  
Construction Methods,  
Vol. 29  
Edit. MacGraw Hill Book Company, -  
Inc., Nueva York, 1947.
- 4.- Half-Mile Methods Spur Underground Power --  
House  
Tunnels, Construction Methods and  
Equipment, Vol. 34  
Edit. McGraw Hill Book Company, -  
Inc., Nueva York, 1952.
- 5.- Hutte Manual del Ingeniero  
Edit. Gustavo Gili, S.A.  
Tomo I, Tomo III  
México, 1975 y 1971.
- 6.- Marks, Lionel S. Manual del Ingeniero Mecánico  
Edit. Uteha  
México, 1978.

- 7.- Maughner, G.F. Designing Tunnel Ventilation for Construction Use  
Engineering News-Record  
Vol. 112  
Edit. McGraw Hill Book Company,-  
Inc., Nueva York, 1941.
- 8.- Prugh, Byron J. Well-points Can Do Many Jobs  
Construction Methods and Equip-  
ment, Vol. 35  
Edit. McGraw Hill Book Company,-  
Inc., Nueva York, 1953.