

19  
24



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO**

**ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES  
" A R A G O N "**

**ESTUDIOS Y METODOS DE REGENERACION DE  
EXPLOTACIONES SUBTERRANEAS EN EL "D. F."**

**TESIS PROFESIONAL**  
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
**INGENIERO CIVIL**  
P R E S E N T A :  
**JAVIER GONZALEZ SANCHEZ**

**DIRECTOR DE TESIS  
ING. JOSE PAULO MEJORADA MOTA**

**SAN JUAN DE ARAGON, EDO. DE MEXICO**

**1992**

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



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

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

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

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

## CONTENIDO .

=====

<b>CAPITULO I.</b>	<b>INTRODUCCION GENERAL. ....</b>	<b>04</b>
I.1.	OBJETIVOS.	
I.2.	ALCANCES.	
I.3.	ANTECEDENTES.	
I.4.	LOCALIZACION GEOGRAFICA.	
I.5.	DELIMITACION DEL AREA EN ESTUDIO.	
<b>CAPITULO II.</b>	<b>ESTRUCTURA GEOLOGICA. ....</b>	<b>09</b>
II.1.	UBICACION REGIONAL.	
II.2.	GENESIS.	
II.3.	LITOLOGIA.	
II.4.	ESTRUCTURA.	
II.5.	POSICION ESTRATIGRAFICA.	
II.6.	LAS LOMAS.	
<b>CAPITULO III.</b>	<b>DETECCION DE CAVIDADES. ....</b>	<b>18</b>
III.1.	INTRODUCCION.	
III.2.	RECONOCIMIENTO SUPERFICIAL.	
III.2.1.	FOTOINTERPRETACION.	
III.3.	EXPLORACION DE CAVIDADES.	
III.3.1.	METODOS DIRECTOS.	
III.3.2.	METODOS INDIRECTOS.	
III.3.2.1.	CLASIFICACION.	
a.1.	RESISTIVIDAD APARENTE.	
a.1.1.	ARREGLO WENNER.	
a.1.2.	ESTRATIGRAFIA.	
a.1.3.	INTERPRETACION DE LOS RESULTADOS.	
a)	SONDEO ELECTRICO	
b)	RASTREO ELECTRICO.	
III.3.3.	METODOS SEMIDIRECTOS.	

## CONTENIDO.

=====

<b>CAPITULO IV</b>	<b>EVALUACION DE LA ESTABILIDAD DE LAS MINAS. .28</b>
IV.1.	INTRODUCCION.
IV.2.	FACTORES QUE AFECTAN LA ESTABILIDAD.
IV.3.	MIGRACION DE CAVIDADES.
IV.3.1.	TEORIA 1.
IV.3.2.	TEORIA 2.
IV.4	COLAPSOS DE BOVEDA.
 <b>CAPITULO V</b>	 <b>METODOS DE REGENERACION. .... 37</b>
V.1.	INTRODUCCION.
V.2.	CAVIDADES SOMERAS.
METODO A	DEMOLICION DE BOVEDAS Y RELLENO COMPACTADO.
METODO B	DERRUMBE DE BOVEDAS MEDIANTE EXPLOSIVOS.
METODO C	PERFORACION DE LUMBRERAS, RELLENO COMPACTADO Y VACIADO DE MEZCLA POR GRAVEDAD.
METODO D	BOMBEO E INYECCION.
V.3.	CAVIDADES INTERMEDIAS.
METODO E	MUROS DE CARGA Y BOVEDAS DE CONCRETO.
V.4.	CAVIDADES PROFUNDAS.
METODO F	RELLENO COMPACTADO.
METODO G	CONCRETO LANZADO.
 <b>CAPITULO VI</b>	 <b>APLICACION A UN CASO REAL. .... 48</b>
VI.1.	INTRODUCCION.
VI.2.	CARACTERISTICAS GEOTECNICAS.
VI.3.	METODOS DE REGENERACION.
VI.3.A.	ESPECIFICACIONES GENERALES DE CONSTRUCCION.
VI.3.B.	NORMAS DE CALIDAD DE LOS MATERIALES.
VI.4.	INVESTIGACION DE MERCADO Y CALCULO DEL FACTOR DE SALARIO REAL.
VI.4.1.	LISTA DE MATERIALES Y COSTOS PUESTOS EN OBRA.
VI.4.2.	TABULADOR DE SALARIOS.
VI.4.3.	RELACION DE EQUIPO Y ANALISIS DE COSTOS HORARIO.

VI.5.	INTEGRACION DE PRECIOS UNITARIOS.	
VI.6.	CATALOGO DE CONCEPTOS E INTEGRACION DEL PRE SUPUESTO.	
VI.7.	PLANO PLANTA GENERAL DE LA CAVIDAD.	
<b>CAPITULO VII</b>	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES. ....</b>	<b>81</b>
VII.1.	INTRODUCCION.	
VII.2.	CONCLUSIONES.	
VII.3.	RECOMENDACIONES.	
<b>ANEXO I " PLANOS II ".</b>		
<b>ANEXO II " REPORTE FOTOGRAFICO " .....</b>		<b>83</b>
<b>GLOSARIO .....</b>		<b>92</b>
<b>BIBLIOGRAFIA.....</b>		<b>101</b>

## **CAPITULO I INTRODUCCION GENERAL.**

## I INTRODUCCION GENERAL.

EN EL PRESENTE CAPITULO, SE COMENTA EL ORIGEN DE LAS ZONAS MINADAS EN EL D.F., SU LOCALIZACION GEOGRAFICA, ASI COMO LA DELIMITACION DEL AREA EN ESTUDIO.

La importancia de este trabajo se relaciona directamente con la problemática que se presenta en la Ingeniería de Cimentaciones con respecto a Zonas Minadas, localizadas en el poniente de la Ciudad de México (Zona de Lomas), prolongándose hacia el norte en el Estado de México. No obstante de ser la mejor de las tres zonas en que se ha dividido el subsuelo de la ciudad, dada la ausencia de formaciones arcillosas lacustres de alta compresibilidad y baja resistencia al corte, sin embargo, esta ponderación dista en mucho de la realidad en algunas zonas de lomas, como consecuencia de la presencia de cavidades subterráneas y cuyos ramales se desarrollan al azar, formando una basta red de galerías y salones, sin obedecer a ley natural alguna, llegándose a presentar hasta en varios niveles su explotación, dada la facilidad de extraer los mayores volúmenes de materiales granulares, generalmente pumíticos y ocasionalmente en mantos andesíticos y riolíticos, para su utilización en la industria de la construcción, resultando como tal una herencia del hombre que en el pasado y que presumiblemente -- hasta la década de los 60's horado irracionalmente el subsuelo, cuando los límites de la ciudad se encontraban retirados de estas, sin pensar que en algún día no lejano dichos límites serían rebasados y por ende habitados.

La extracción en forma desmedida de materiales para la construcción y -- edificación de su propia ciudad, realizada por el hombre sin control ni previsión alguna y que en cierta forma se puede afirmar que sin responsabilidad, se convirtió en una parábola que a el mismo afectaría en el futuro. Siendo esto una -- imagen fiel de la forma el que el hombre altera y contamina el medio ambiente en que habita, por lo tanto las consecuencias y repercusiones en la Ingeniería -- Geotécnica.

### 1.1. OBJETIVOS .

Como consecuencia de la utilización errática de áreas minadas, incluyendo -- fraccionamientos residenciales y asentamientos humanos irregulares, subestimó o -- paso inadvertida por ignorancia o intencionalmente la presencia de cavidades en el

subsuelo de tal forma que a la fecha constituye un grave peligro que tiende a -- acentuarse a futuro, dada la influencia del intemperismo, la acción del mismo - hombre que erige sobre ellas, modifica al terreno, cargas producidas por el ---- tránsito, y de otros agentes que se manifiestan directamente en la estabilidad de techos, muros y pilares, causando daños materiales y pérdidas de vidas humanas con incidencia comparable o mayor que las producidas por otros fenómenos; agra vándose aún más el problema ya que actualmente la gran mayoría de las lomas - se encuentran pobladas, y a que su estudio y solución requieren de acciones in- mediatas que además de complejas son muy costosas.

Lo anteriormente expuesto resulta más que suficiente como para visualizar la importancia de la problemática y justificar su estudio, con la finalidad de -- solucionarlo.

## 1.2 ALCANCES .

En este trabajo se pretende dar la metodología a seguir para la detección - de zonas minadas, criterio de análisis para evaluar la estabilidad de las mismas y diversos métodos aplicables tendientes a regenerar el subsuelo, de los cuales se - eligirá el que se apegue a las características de cada una de las zonas.

## 1.3 ANTECEDENTES .

A finales del siglo pasado los materiales para la industria de la construcción se explotaron por medio de herramientas manuales y en una forma rudimentaria, - por no existir el equipo pesado con que se cuenta en la actualidad, así mismo la planeación de frentes de ataque careció de técnica alguna, limitándose a excavar los horizontes de la formación tarango, extrayendo arena pumítica de grano fino, medio y grueso en forma de bloques y que en aquel tiempo se denominaba "Ale- gría o Tepetate Ligero". Como consecuencia de la fuerte demanda de dicho ma- terial para el tipo de construcción de esa época y por la facilidad relativa que - representaba su extracción, el número de explotaciones a base de tuneles se in- crementó radicalmente, a tal grado de crearse un verdadero enjambre de ramales en el subsuelo, mismos que de aquella época no representaban ningún grado de -- peligro dados los límites de la ciudad, sin embargo, en la actualidad con la urba- nización rebasando esos límites y por ende la alteración de esas zonas, se torna-- latente la pérdida de la estabilidad de los tuneles, como consecuencia del ataque-



de diversos fenómenos atmosféricos, cargas muertas y dinámicas a las que se somete a esas áreas, se inicia e incrementa la migración lateral y de techo de las cavidades, con lo cual se presentan una serie de fisuras, mismas que se incrementan de tal forma que se transforman en fracturas de gran magnitud y que a la -- postre resultan determinantes y propicias para que se colapsen las bóvedas y que las cavidades tiendan a migrar hacia la superficie y que en algunos casos dadas las características geométricas y niveles de explotación de estas, se manifiestan en la superficie en forma de depresiones, las que representan un alto grado de - peligro para moradores y transeúntes y edificaciones desplantadas en esos lugares, sin respetar niveles ni clases sociales.

#### 1.4 LOCALIZACION GEOGRAFICA.

Regionalmente el área de estudio se encuentra situada en el borde oriental -- de la mesa central dentro del antiplano mexicano, el cual alberga en su extremo sur a la Cuenca de México, ubicada aproximadamente 2,240 metros sobre el nivel del mar, la cual es una cuenca cerrada o endorreíca, cuya forma es semejante a una elipse cuyo eje mayor de NEaSW mide cerca de 110 Km. y el menor de WaE es de 80 Km. esta cuenca es cerrada por una cadena de altas montañas, que cons-- tituye un ciclopeo muro que la rodea; al SE se encuentra la Sierra Nevada, la - - cual se liga hacia el Sur con la Sierra del Chichinautzín y la Sierra del Ajusco se proyecta al SW con la Sierra de las Cruces, Monte Alto y Monte Bajo, siguiendo - al NW con la Sierra de Tepotzotlán, cerrando al Norte con las Sierras de Tezon -- tlalpan y Tizayuca, así como con la Sierra de Pachuca. (Figura No. 1)

El área en estudio se ubica precisamente al pie de una de estas prominencias orográficas que rodea la cuenca hacia el SW, comunmente llamada Sierra de las - Cruces.

#### 1.5 DELIMITACION DEL AREA DE ESTUDIO.

El límite oriente es propuesto por el Eje del Anillo Periférico o Boulevard - Adolfo López Mateos (por no existir rasgos geológicos), donde los afloramientos - de roca y datos del subsuelo son muy escasos y poco confiables, encontrándose - cubiertos en su totalidad por las estructuras urbanas actuales; tomando las reser-- vas pertinentes y no implica que al oriente de esta frontera no existan problemas de zonas minadas y como caso particular se mencionan las cavidades en el Molino



del Rey y las detectadas en el proceso constructivo de la Línea 7 del metro próximo a ese lugar, dicha frontera parte desde las Lomas de San Angel Inn hacia el sur-oriente, hasta la Av. Paseo de la Reforma hacia el nor-oriente.

El límite poniente es trazado por causas geológicas, ya que a partir de este por medio de interdigitaciones o acuahamientos, la estratigrafía propuesta y característica de la formación tarango, formada por depósitos piroclásticos al pie de las sierras mayores, cambia gradualmente a lavas y tobas porfídíticas (andesíticas y dacíticas) de la Sierra de las Cruces; el trazo de esta frontera inicia en la Colonia San Jerónimo Lídice al sur y hasta las Lomas del Chamizal (límite con el Estado de México) al norte.

Finalmente el límite sur esta determinado geológicamente, ya que al SW de la Calzada Olivar de los Padres, los depósitos de interés en este trabajo se interdigitan y truncan contras las lavas y tobas recientes del grupo chichinautzín y -- los basaltos recientes del Pedregal de San Angel, también son afectadas por las vulcanitas del Cerro del Judío y por las lavas de las sierras mayores. (Figura No. 2)

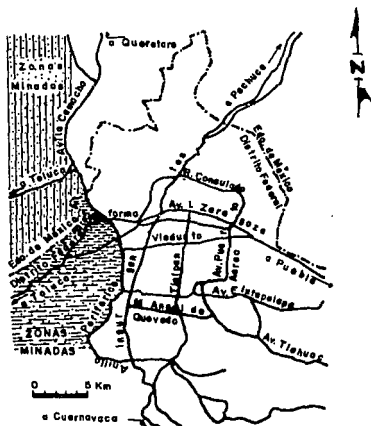


Figura No. 2 Localización de Zonas Minadas en el D.F.

## **CAPITULO II ESTRUCTURA GEOLOGICA.**

## II ESTRUCTURA GEOLOGICA.

A CONTINUACION, SE PRESENTA UN PANORAMA GENERAL DESDE EL PUNTO DE VISTA GEOLOGICO, DE LA FORMACION TARANGO SUPERIOR, EN LA CUAL SE ENCUENTRAN LOS MATERIALES EXPLOTADOS SUBTERRANEAMENTE.

Las lomas que se encuentran al poniente de la Ciudad de México continúan los abanicos volcánicos de la Sierra de las Cruces, comprendiendo la potente acumulación de materiales piroclásticos que se depositaron a los pies de los distintos aparatos volcánicos durante la vida activa de estos. Como tal actividad se desarrolló a partir de fines del mioceno y se extendió hasta aproximadamente a mediados del plioceno, los citados abanicos volcánicos contienen productos de esta misma edad, midiendo en la escala absoluta de años entre 10 y 15 millones de años antes del presente. Por lo tanto las lomas se formaron principalmente en el plioceno inferior dentro de un lapso de unos 5 millones de años.

### II.1. UBICACION REGIONAL.

Al contemplar la Cuenca de México (Figura No. 3) resalta su estructura casi simétrica respecto a un Eje NNW-SSE: a las lomas que se extienden al pie de las sierras elevadas en el oeste, corresponden aquellas que se desarrollan al pie de las sierras en el este.

Por consiguiente, pueden describirse las lomas que se elevan a ambos flancos de la extensa planicie lacustre de la Cuenca de México, como los depósitos piroclásticos acumulados a los pies de las sierras mayores: Sierras de las Cruces, Neveda y de Río Frío.

### II.2. G E N E S I S .

En 1948 los depósitos de las lomas se estudiaron por vez primera con cierto detalle. En ese año A.R.V. Areválo y K. Bryan definieron la formación tarango, basándose en materiales que procedían precisamente de la Barranca de Tarango al oeste de la Ciudad de México, donde existían las clásicas minas de "Arena Azul" en explotación, que ofrecían buenos cortes. Aquí fue descrito el afloramiento típico (Figura No. 4) con división en tres formaciones.

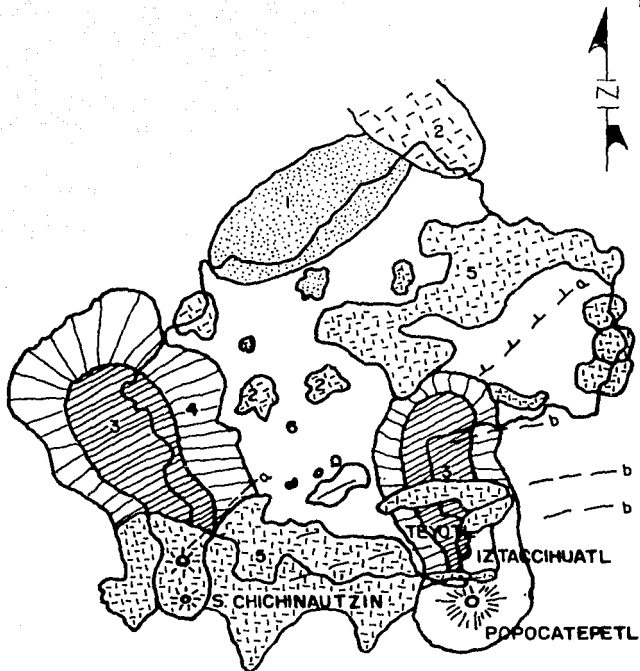


Figura No. 3 La Cuenca de México, sus formaciones y fracturamientos tectónicos.  
 1) Sierra de Tezontlalpan; 2) Sierras menores; 3) Sierras mayores; 4) Formación Tarango; 5) Formación chichinautzín; 6) Relleno aluvial; a) Fracturamiento al - NE, del terciario superior; b) Fracturamiento en arco del tipo Santa Catarina, -- del plio-pleistoceno.

En los años subsiguientes la división del afloramiento típico en tres unidades estratigráficas se modificó, simplificándola. El conjunto del afloramiento se interpretó subsiguientemente como parte de la formación Tarango Sensu Lato, la cual representa la suma de los productos piroclásticos de las sierras mayores depositados a los pies de ellas. Por consiguiente se eliminaron las "formaciones" Tacubaya y Becerra, interpretándose como horizontes tobaceos en la cima de la formación Tarango, que fueron erosionados, redepositados en hondonadas y sometidos a distintos grados de meteorización, consecuencia de condiciones climáticas tal vez del cuaternario. Así el color gris de un horizonte de suelo fósil tobaceo, conteniendo capas de caliche, se interpreta en la actualidad como consecuencia de un clima tendiente árido (meteorización becerra). El color amarillo de otro horizonte tobaceo alterado en general subyacente al anterior, se interpreta como consecuencia de un clima más bien húmedo (meteorización Tacubaya).

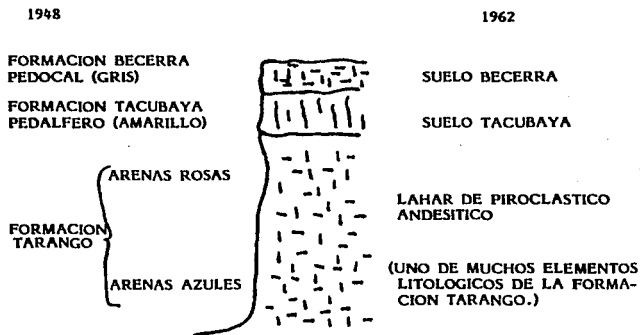


Figura No. 4 La Formación Tarango, Suelos Tacubaya y Suelos Becerra superpuestos.

### II.3 LITOLOGIA .

La formación Tarango representa un conjunto estratificado a veces regular, a veces irregular y hasta lenticular, ligeramente inclinado (49), compuesto de los - seis siguientes elementos litológicos:

- a) Horizontes de cenizas volcánicas de muy distintas granulometrías.
- b) Capas de erupciones pumíticas.
- c) Lahares.
- d) Ignimbritas.
- e) Depósitos fluviales.
- f) Suelos.

Todos estos elementos, con excepción de los suelos, son producto de erupciones violentas por lo general, emitidas por las chimeneas de grandes volcanes andesíticos estratificados. (Figura No. 5) Según la actividad del aparato individual y según el magma contenido en él, las erupciones producen cenizas, pómez, brechas, avalanchas ardientes o lavas. Las lavas descienden fluyendo lentamente por los flancos del cono; en forma eventual pueden avanzar por las barrancas algunos centenares de metros a partir del cráter. Por lo contrario, las brechas y cenizas producidas por explosiones más violentas, se dispersan a mayores distancias del cráter, siendo a veces hasta arrastradas por los vientos a decenas de kilómetros de distancia. Las erupciones más violentas, por fin, producen piedra pómez depositándose esta a través de lluvias en capas de gran uniformidad hasta distancias muy lejanas del cráter.

Es interesante la formación de los dos tipos litológicos especiales: lahares y avalanchas ardientes; los lahares son acumulaciones caóticas de material piroclástico arrastrado por corrientes lubricadas por agua. A la hora de las grandes erupciones al formarse importantes acumulaciones de material fragmentado al pie de un cono volcánico puede suceder que una lluvia torrencial impregne su masa con agua, induciendo y provocando así su movimiento lento como "corriente de lodo".

Tales lahares rellenan a menudo las barrancas erosionadas en los abanicos volcánicos y forman los depósitos de arenas y gravas azules tan conocidos en las lomas.

Pero aún más extraordinaria que la formación de lahares es la de avalanchas ardientes, aunque se producen con poca frecuencia. Avalanchas Ardientes, o sea "Lahares" impulsados y lubricados por gases calientes; se originan a la hora de -



ESPESOR PROM. M.	SIMBOLOGIA		DESCRIPCION
VARIABLE	S-To		Suelos Totolsingo
VARIABLE	S-Ta		Suelos Tacubaya
0.50	Ap-Cg		Arena Pumítica de grano grueso
VARIABLE	S-Ta		Suelos Residuales de tobas areno arcillosas.
2.5-10.0	Lh		Lahares
10.0	Ag-D		Aglomerados
0.70	Ar-D		Toba Arcillo Limosa con clastos dacíticos
1.50	Ap-G		Arena Pumítica de grano grueso
1.00	Ar-P		Toba Arcillo Limosa con clastos Pumíticos y Fósiles.
2.50	Ap-M		Arena Pumítica de Grano medio
1.50	To		Toba Areno Limosa
1.30	Ap-Ar		Arena Pumítica Arcillosa
15.00	To		Toba Areno Limosa "Arenas Rosas"
1.00	Ap-inf.		Arena Pumítica mal clasificada
20.00	Ag-V		Aglomerados Volcánicos mal clasificados

Figura No. 5 Columna estratigráfica típica de la Zona Poniente de la Ciudad de México.

erupciones paroxísmicas de extraordinaria violencia. Se generan y descienden con velocidad de decenas de kilómetros por hora, cuando se desintegra un tapón volcánico caliente y hasta irrumpe parte de la cámara magmática superior del volcán. A raíz de tales erupciones se han creado los depósitos uniformes, estratiformes y de separación columnar, de piedra cantera, que se conoce por el Santuario de los Remedios; son ignimbritas ligeramente soldadas.

La vida de un volcán estratificado como los que componen la Sierra de las Cruces se extiende a través de decenas de milenios al igual que el Popocatepetl, que aunque en aparente calma en este momento, puede considerarse como activo, las erupciones ocurren cada 30, 50, 70 o más años, después de una erupción violenta que dura algunas semanas o cuando mucho uno o dos meses, se interpone un período de descanso más o menos prolongado, es entonces que se pueden producir los fenómenos de meteorización y alteración de los estratos de cenizas volcánicas superficiales; así principia la formación de suelos que pueden llegar a madurar si entre una erupción paroxísmica y otra se interpone un intervalo de milenios.

#### II.4 ESTRUCTURA .

La formación Tarango alcanza espesores de 300 a 400 M., terminando cada abanico volcánico en una superficie estructural propia, que marca el fin de la actividad volcánica que lo produjo.

Al estudiar la estructura de la formación Tarango es posible reconocer que esta se compone de la superposición de varios abanicos volcánicos, cada uno terminando con su superficie estructural. Por lo general cada abanico corresponde a la vida activa de un volcán, cuando este se apaga surge otro, el cual produce su nuevo abanico volcánico que se sobrepone al abanico anterior; así resulta que la formación Tarango se compone de numerosos abanicos volcánicos superpuestos o entrelazados, según la secuencia o contemporaneidad de las agrupaciones de distintos volcanes. (Figura No. 6).

#### II. 5 POSICION ESTRATIGRAFICA.

La formación Tarango (Figura No. 7) esta interestratificada con las series lavícas de las sierras mayores (Sierra de las Cruces) donde se origino. Sobreyacen los abanicos volcánicos Tarango a dos depósitos volcánicos del terciario me

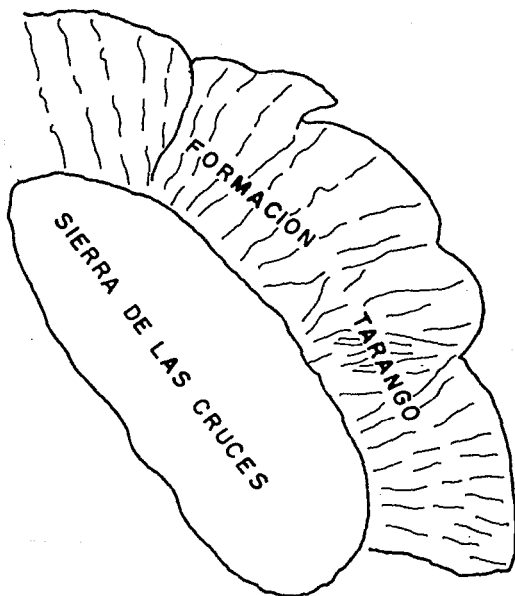


Figura No. 6 La Formación Tarango esta formada de varios abanicos volcánicos superpuestos y entrelazados.

dio (formación Xochitepec) y del mioceno superior (sierras menores): Sierra de Guadalupe y Tepetzotlán. Sin embargo, subyace a los depósitos clásticos aluviales y aluviales del cuaternario.



Figura No. 7 Sección W-E mostrando la posición de la Formación Tarango respecto a formaciones anteriores y posteriores.

## II.6 LAS LOMAS .

Al poniente de la Ciudad de México se elevan las lomas, que constituyen el producto de las erupciones piroclásticas originadas en el volcán complejo del Cerro de San Miguel. Qué este volcán se edificó a través de distintos ciclos de erupciones se desprende de su morfología compleja, pero también es posible demostrarlo estudiando la superposición de los distintos elementos integrantes de su abanico volcánico correspondiente.

Así en este abanico, ha sido posible subdividir en dos a la formación Tarango que se extiende desde San Angel al Sur, hasta la Barranca del Río Hondo al norte. La Tarango inferior representa la acumulación de piroclásticos esencialmente cineríticos y pumíticos, aunque contienen también algunos lahares con fragmentos andesíticos. Todo forma un abanico potente, que sufrió durante un período prolongado tectonismo y erosión, cortándose por consiguiente, Barrancas profundas dirigidas al NE en su cuerpo; subsecuentemente en un período final de actividad renovada, ligada a la formación de una gran caldera, se produjeron magnas erupciones

de pómez y piroclásticos de andesita azul.

Las capas de pómez cubrieron una topografía ondulada sobre grandes distancias; los piroclásticos rellenaron las barrancas profundas, sobre todo la de Santa Fé con lahares potentes que constituyeron las minas de arena azul. (Figura No. - 8).

Estos depósitos finales se definieron como Tarango superior.

No es posible extender la anterior división en dos, a los demás abanicos -- vocánicos de la formación Tarango de la Cuenca de México.

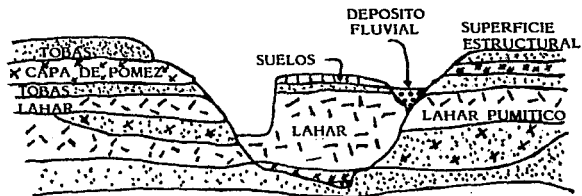


Figura No. 8 Barranca erosionada en la formación Tarango y rellena por un lahar de "Arenas Azules" del tipo Santa Fe.

### **CAPITULO III DETECCION DE CAVIDADES.**

### III DETECCION DE CAVIDADES.

ENSEGUIDA, SE ESTABLECE LA MECANICA A SEGUIR EN LA DETECCION DE CAVIDADES, MEDIANTE LOS METODOS DIRECTOS, INDIRECTOS E SEMIDIRECTOS.

#### III.1. INTRODUCCION.

Antes de seleccionar los métodos de exploración de cavidades, es importante conocer el origen y naturaleza de la zona por estudiar, ya que a partir de su conocimiento, se podrá orientar mejor su búsqueda. Por lo tanto, en la zona poniente de la Ciudad de México, teniendo en cuenta que las cavidades se encuentran excavadas en formaciones volcánicas, es importante saber:

- a) Todas fueron excavadas por el hombre, por lo que sus dimensiones iniciales debían permitir su acceso, mediante el cual se iniciaban los desarrollos de explotación.
- b) Generalmente se inician en laderas o cortes, donde el hombre pudo reconocer los horizontes de materiales útiles para la industria de la construcción, tales como grava, arena, pómez, etc. cuyas características hacían factible su empleo en forma directa, sin recurrir a procesos de trituración y selección.
- c) La explotación se efectuó a través de túneles, cuyo desarrollo varía desde uno sencillo, hasta una red compleja, pudiendo encontrarse en diferentes horizontes y a distintas cotas altimétricas.

#### III.2. RECONOCIMIENTO SUPERFICIAL.

La fase inicial de todo estudio del subsuelo, consiste en un minucioso reconocimiento superficial del área donde se localiza el predio que interesa, para poder definir la problemática y programar las etapas subsecuentes de exploración.

Es importante que en todo reconocimiento, la demarcación del área sea la mayor posible, tendiendo a incrementarse de acuerdo a las características de la zona y a la experiencia del ingeniero y a los resultados de la fotointerpretación.

dado que las cavidades presentan desarrollos impredecibles.

El reconocimiento consistirá en un recorrido detallado del área en estudio, - presentando especial cuidado a las barrancas, cañadas y cortes próximos al pre -- dio, con la finalidad de localizar bocaminas, rellenos o bien alguna construcción - que pudiese ocultarlas, aclarando que por lo general los accesos a las cavidades - se localizan sobre laderas, sin embargo, no debe descartarse la posibilidad de la existencia de tiros verticales o inclinados.

Al inspeccionarse las laderas, barrancas y cortes, se deberá observar la -- presencia de los horizontes comunmente explotados por tuneleo, anotando sus es pesores, y cotas altimétricas, para referirlas a la superficie; además, es impor -- tante detectar evidencias en la superficie del terreno y zonas aledañas (hundimien -- tós y grietas), así como daños en las construcciones existentes (pérdida de la ver tical, horizontal, fracturamiento en elementos estructurales, etc.), así como tam -- bién recabar información con los moradores del lugar, relativo a la existencia de cavidades y rellenos en la zona, debiendo procurar obtenerla de personas confia -- bles y que tengan tiempo de vivir en el lugar.

### III.2.1 FOTINTERPRETACION.

Consiste en analizar la secuencia de pares fotográficos aéreos de años pasa -- dos, donde se aprecie la zona en estudio antes de ser poblada, así como barran -- cas, cañadas, cortes, etc., próximos al lugar, donde actualmente pudiesen encon -- trarse cavidades cubiertas por edificación alguna o bien por rellenos.

En base a la experiencia del ingeniero, la fotointerpretación resulta de vital importancia para correlacionar los diversos signos de inestabilidades observados -- físicamente en campo, así como de corroborar la información emitida por los ha -- bitantes de la zona y lo más importante aún, los lugares probables de explotación subterránea.

Así mismo, cuando del reconocimiento superficial y fotointerpretación, se determi -- ne en forma categórica que bajo el predio de interés no existen cavidades, el es -- tudio concluirá en esta etapa; en caso contrario, se deberá proseguir de acuerdo a los métodos que se indican en el siguiente subcapítulo.

### III.3 EXPLORACION DE CAVIDADES.



En dado caso que los resultados de los trabajos anteriores, indicarán la existencia o duda de cavidades en el área, se practicará su exploración mediante uno o bien la combinación de los siguientes métodos.

**a) METODOS DIRECTOS.**

Basados en observaciones y mediciones hechas desde el interior de las cavidades, o bien en perforaciones manuales o mecánicas por las cuales se tenga acceso.

**b) METODOS INDIRECTOS.**

Son como consecuencia de procedimientos geofísicos aplicados desde la superficie o en el interior de sondeos.

**c) METODOS SEMIDIRECTOS.**

Consiste en sondeos rotatorios efectuados desde la superficie del terreno, incluyendo las mediciones y observaciones hechas en ellos a partir de la superficie, aclarando que estos son puntuales.

**III.3.1 METODOS DIRECTOS.**

Toda vez que en el reconocimiento superficial se descubran bocaminas o depresiones accesibles de minas en el área, o que mediante trabajos auxiliares se logre penetrar en ellas, será necesario determinar si afectan o no al predio en estudio.

Cuando no fuese posible hacer esta determinación por métodos sencillos, se procederá a un levantamiento topográfico en planta, mediante una poligonal envolvente e iniciándose el levantamiento de los ejes de los ramales, el cual se puede practicar en forma preliminar con brújula y cinta dada su rapidez, en caso de que el predio no se encuentre afectado por cavidades, se suspende el estudio, de lo contrario es recomendable llevarlo a cabo por medio de tránsito y cinta, en cuyo vernier es aconsejable tomar doble medición de ángulos horizontales, además se deberán anotar las alturas de aparato, ángulos verticales y secciones longitudinales, con el propósito de realizar los perfiles correspondientes, simultáneamente se tomarán nota de los signos de inestabilidad (fracturas, fisuras, mi

gración, infiltración, etc.), para poder definir el método de regeneración.

### III.3.2. METODOS INDIRECTOS.

La geofísica forma parte del grupo de ciencias de la tierra, que estudia los fenómenos físicos que ocurren en el globo terráqueo y su entorno. Geofísica aplicada es la reunión de tecnologías específicas para la investigación y estudio de -- estructuras geológicas o cuerpos a partir de propiedades y fenómenos físicos naturales o creados artificialmente. Los métodos geofísicos son las técnicas utilizadas para la exploración y definición de estructuras geológicas y cuerpos, en términos de propiedades físicas.

#### III.3.2.1. CLASIFICACION.

Los métodos geofísicos son diversos y se pueden clasificar de varias formas acorde a su utilización.

- |                        |   |  |
|------------------------|---|--|
| a) METODOS ELECTRICOS. | { | a.1) RESISTIVIDAD APARENTE.<br>a.2) POLARIZACION INDUCIDA.<br>a.3) POTENCIAL NATURAL.<br>a.4) CARGA DE UN CUERPO.<br>a.5) MAGNETO TELURICO.<br>a.6) ELECTRO MAGNETICO. |
|------------------------|---|--|

- b) METODO MAGNETICO.
- c) GRAVIMETRICO.
- d) RADIOMETRICO.
- e) SISMOLOGICO DE REFRACCION.

#### a.1. RESISTIVIDAD APARENTE.

Debido a que los métodos eléctricos son los que presentan los mejores resultados para la solución de zonas minadas en la Ciudad de México, por generar alrededor de la cavidad, efectos llamados de drenaje y por ende realzan la zona de -- anomalía eléctrica, a continuación se describirá en forma general el método eléctrico de resistividad aparente, aclarando que existen diversos arreglos al respecto, por lo tanto se enunciará el arreglo Wenner, por ser el más utilizado por su simplicidad.

## EQUIPO DE MEDICION.

Esta compuesto por una fuente de poder, un voltímetro, un amperímetro, - cuatro electrodos y cables conductores; los equipos comerciales integran la fuente de poder con el voltímetro y el amperímetro en una unidad compacta como -- se muestra en la siguiente tabla.

FUENTE DE PODER	CAPACIDAD EN "M".	INTENSIDAD DE CORRIENTE "M.A"	INTERVALO DE MEDICIONES "Ω"	PESO TOTAL " KG "
BATERIAS	30	20	0.1 A 1,000	20
	20	50	0.1 A 1,000	15
RECARGABLES	300	100 A 150	0.002 A 10	60
	200	0 A 1,000	0.0002 A 100	75

### M.A. MILIAMPERES.

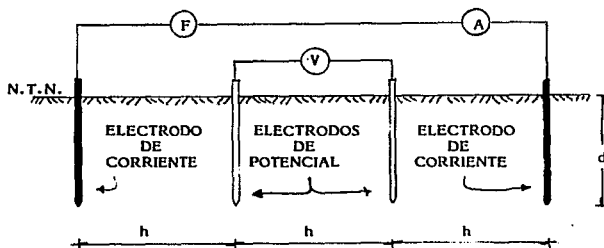
Los electrodos son barras de bronce de 2 cm. de diámetro y 50 cm. de longitud, con un extremo en punta para hincarse en el terreno. Los cables de conexión son de cobre forrados con neopreno.

#### a.1.1. ARREGLO WENNER.

El arreglo Wenner tiene dos técnicas de operación: sondeo eléctrico, que - estudia la estratigrafía según una vertical, y rastreo eléctrico, que lo realiza horizontalmente a cierta profundidad; y combinando ambas técnicas se puede tener una idea clara de las condiciones del subsuelo en el lugar.

El campo eléctrico se inyecta al terreno por medio de dos electrodos denominados de corriente, que se hincan y conectan mediante el cable a la fuente de poder y el amperímetro; entre estos electrodos se hincan dos de potencial conectados al voltímetro. Con el amperímetro se mide la intensidad de la corriente inducida al terreno y con el voltímetro la diferencia de potencial entre los electrodos centrales; las distancias entre electrodos puede variarse dando lugar a diferentes arreglos y en particular en el Wenner, los electrodos se colocan alineados con separación equidistante  $h$ ; con este arreglo la medición practicada es representa-

tiva del material a la profundidad  $h$ . El sondeo eléctrico se realiza manteniendo el centro del arreglo Wenner fijo e incrementando la separación  $h$ ; en cambio -- en el rastreo eléctrico únicamente se cambia de lugar el arreglo (de igual  $h$ ) -- sobre una retícula trazada en la superficie. Por lo tanto, la combinación del sondeo y rastreo, permite definir las condiciones geológicas del lugar. Ambas técnicas deben iniciarse determinando la resistividad del estrato más superficial, colocando los electrodos con una separación menor que el espesor del primer estrato -- to. El arreglo de los electrodos se muestra en la Figura No. 9.



DONDE

- A= AMPERIMETRO
- F= FUENTE DE PODER
- V= VOLTIMETRO
- d= HINCADO DE ELECTRODOS
- h= DISTANCIA ENTRE ELECTRODOS

Figura No. 9 Arreglo Wenner.

Los datos de resistividad pueden interpretarse cualitativamente construyendo diagramas de isorresistividades aparentes. Como se muestra en la Figura No. 10.

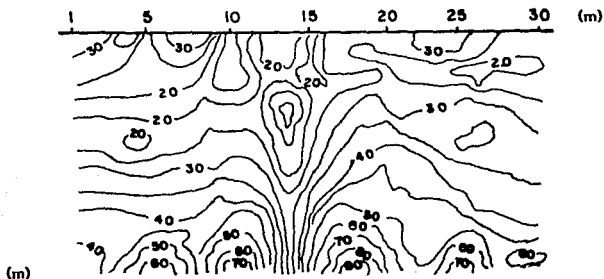


Figura No. 10 Diagrama de curvas de isorresistividad, valores en OHMS-METRO ( $\Omega \cdot m$ ).

#### a.1.2. ESTRATIGRAFIA.

Se hace con la ayuda de la siguiente tabla, comparando la resistividad eléctrica con valores típicos.

M A T E R I A L	RESISTIVIDAD EN OHM-M
SUELOS FINOS	1 A 10 X 10
ARENAS	2.2 A 4 X 10
DEPOSITO GLACIAL	5 X 10

#### a.1.3. INTERPRETACION DE LOS RESULTADOS.

El arreglo Wenner genera un campo eléctrico con profundidad  $h$ , ancho  $0.75 h$  y longitud  $4.5 h$ . de la prueba se obtiene la diferencia de potencial "V" y la intensidad de la corriente "I"; la resistividad aparente se obtiene mediante:

$$\rho_a = 2 \pi h ( V/I ) \text{ ----- (1)}$$

DONDE :

- $\rho_a$  = Resistividad aparente a la profundidad h, en ohms-metro ( $\Omega \cdot m$ )  
 V = Diferencia de potencial, en volts.  
 I = Intensidad de la corriente, en amperes.  
 h = Distancia entre electrodos, en metros.

Además, cuando se utilizan equipos portátiles que miden la resistencia, se puede sustituir la relación V/I por " R ", resistencia en ohms.

#### a) SONDEO ELECTRICO.

La interpretación del sondeo eléctrico se realiza con el procedimiento de -- cálculo de "Hummel", quien dedujo la expresión de la resistividad aparente para el caso de una capa de resistividad  $\rho_a$  sobreyaciendo un estrato infinito de resistividad  $\rho_1$ .

$$\rho_a = \rho_1 + 4 \rho_1 \sum_{n=1}^{\infty} \frac{k^n}{\sqrt{1 + (2nH/h)^2}} - \frac{k^n}{\sqrt{4 + (2nH/h)^2}} \quad \text{--- (2)}$$

DONDE

$$h = 1, 2, 3, 4, \dots, \infty$$

H = Espesor de la capa, en metros.

h = Equidistancia entre electrodos, en metros.

$$k = \frac{\rho_1 - \rho_2}{\rho_1 + \rho_2}$$

#### b) RASTREO ELECTRICO.

Para interpretar la prueba se hace una gráfica de distancias, de origen arbitrario al centro del arreglo, contra resistividades aparentes; las resistividades reales en cada zona a la profundidad h serán las que estén localizadas fuera de las zonas de transición. Figura No. 11.

Cabe mencionar que al aplicar este arreglo en la detección de cavidades, - deberá de tenerse en cuenta la interpretación, dado que las anomalías que producen zonas con diferente contenido de humedad, pueden interpretarse como posibles cavidades. Por lo tanto la experiencia del ingeniero forma parte importante de - los buenos resultados así como la información geológica y estratigráfica con que - se cuente del lugar en estudio, considerando además en zonas urbanas la presen-

cia de rellenos artificiales, infiltraciones y fugas en las redes de agua potable y drenaje.

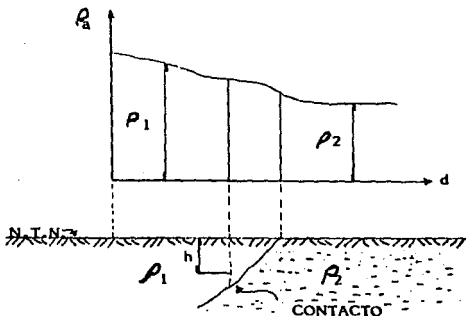


Figura No. 11 Gráfica típica de resistividades para el caso de un contacto.

### III.3.3. METODOS SEMIDIRECTOS.

Al igual que los métodos indirectos, se utilizan en caso de que en el reconocimiento superficial no fuese posible asegurar la ausencia de cavidades, o bien - cuando las condiciones actuales de éstas, no hagan factible la exploración directa, completa y satisfactoria. Por lo tanto, a continuación se mencionan algunos casos donde es factible su utilización.

- Para investigar anomalías detectadas en los métodos indirectos.
- En predios que en la actualidad se encuentran cubiertos por construcciones.
- En predios de dimensiones reducidas restringidos por colindancias.
- En predios donde se aprecien hundimientos o grietas en la superficie.

Es importante aclarar que un sondeo o perforación, es una exploración pun-





## **CAPITULO IV EVALUACION DE LA ESTABILIDAD DE LAS MINAS.**

#### IV EVALUACION DE LA ESTABILIDAD DE LAS MINAS.

EN ESTE TEMA, SE PRESENTAN ALGUNAS CONSIDERACIONES DE ORDEN TEORICO Y EMPIRICO, REFERENTES A LA ESTABILIDAD DE ZONAS MINADAS DE LA CIUDAD DE MEXICO.

##### IV.1 INTRODUCCION.

Los horizontes donde se excavaron las cavidades, estan formados por suelos granulares que generalmente son materiales pumíticos y arenas, (formación Tarango superior), por lo cual su resistencia no garantiza su funcionamiento como elemento de soporte de las bóvedas, asociado a que en algunos casos son sus secciones amplias y que se encuentran someras, aunado a que existen diversos factores que incrementan la pérdida de la estabilidad.

##### IV.2 FACTORES QUE AFECTAN LA ESTABILIDAD.

A continuación se enuncia la clasificación de los factores que afectan la estabilidad de las áreas minadas.

- a) Geométricos, como son ancho, altura libre, profundidad de la explotación y número de niveles de cavidades.
- b) Características Geotécnicas del Terreno, en caso particular las de resistencia y deformabilidad de los materiales que constituyen las bóvedas y pilares.
- c) Agentes Externos, tales como sobrecargas, erosión, intemperismo, sismos, - etc.

La conjugación de estos factores, resulta determinante en el proceso de alteración de pilares y bóvedas y cuando la acción de los agentes externos es constante, el grado de peligro aumenta, tornándose crítico al paso del tiempo.

##### IV.3 MIGRACION DE CAVIDADES.

El fenómeno de migración es el resultado del desplazamiento vertical y horizontal o bien la ampliación de una cavidad hacia la superficie, manifestándose en forma de arco debido a la desintegración progresiva de la bóveda que la cubre.

Este fenómeno adquiere importancia en materiales deleznable (suelos friccionantes) y se acelera cuando estos sufren alteraciones debido a infiltraciones; por lo tanto, para evaluar la altura que una cavidad puede alcanzar por migración, --

partiremos de la hipótesis de que el espesor de la bóveda se encuentre un suelo friccionante homogéneo, isotrópico y semi-infinito, además de que el material - desprendido queda en el lugar donde cae.

#### IV.3.1 TEORÍA I.

Para esta teoría se parte de: el peso volumétrico del material de la bóveda en estado natural ( $\mu$  en T/M<sup>3</sup>) el mismo material en estado suelto ( $\mu_1$  en T/M<sup>3</sup>), la altura libre entre piso y techo de la cavidad ( $H$  en M), y "h" que es la altura de la migración por calcular en metros, quedando la expresión de la siguiente forma:

$$h = H \left( \frac{\mu_1}{\mu - \mu_1} \right)$$

Ejemplo: Supongamos que el valor aproximado de  $\mu = 1.70$  T/M<sup>3</sup>, y  $\mu_1 = 1.50$  T/M<sup>3</sup>, calcular la altura de migración.

$$\text{Como } h = H \left( \frac{1.50}{1.70 - 1.50} \right)$$

$$h = 7.5 H$$

Ahora bien, si la altura libre de la cavidad es de 1.50 M, sustituyendo la - migración será de 11.25 M., esto significa que si  $z > h$ , la cavidad se auto sellara por abundamiento (Figura No. 13) y si  $z \leq h$ , la migración se manifestará en la superficie. (Figura No. 14.)

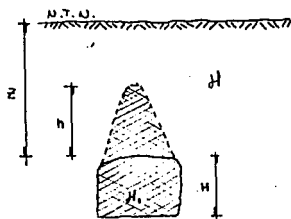


Figura No. 13 DONDE  $z > h$ , por lo tanto, la cavidad queda autosellada.

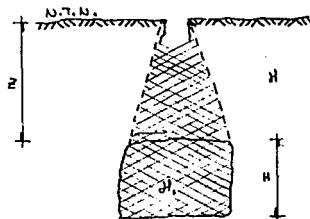


Figura No. 14 DONDE  $z \leq h$ , por lo tanto, la cavidad se manifiesta en la superficie.

## IV.3.2 TEORIA 2.

En esta teoría, se hacen intervenir diferentes coeficientes de abundamiento "K", así como diversos parámetros que dependen de la forma de la sección transversal de la cavidad "A", y suponiendo que el material desprendido queda donde cae. Partiendo de la Figura No. 15, se tiene un túnel localizado a una profundidad  $z$ , con respecto al N.T.N., y con una altura "h", cuyo volumen por unidad de longitud valga " $V_c$ ", entonces  $V_I = V_c$ , o sea que el volumen de la cavidad en el paso I es por definición su volumen inicial.

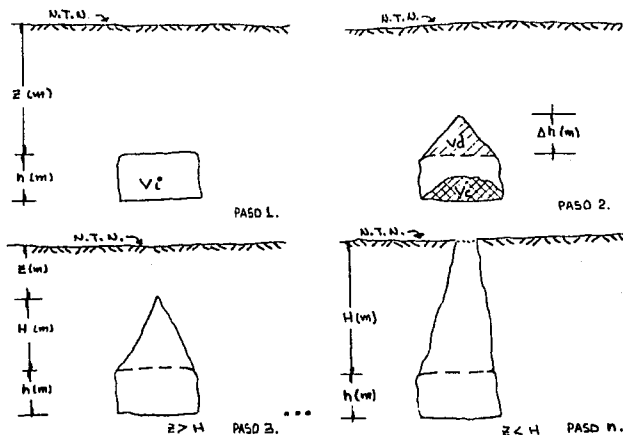


Figura No. 15 Representación gráfica de la presente teoría, partiendo de sus condiciones iniciales, mostrando las diferentes etapas de migración.

De forma empírica se ha determinado que cuando una cavidad sufre un derrumbe dentro de una masa de toba, su techo adquiere la forma de una bóveda falsa, como se observa en el Paso 2. Si no existe un proceso erosivo capaz de transportar el material que ha caído al piso del túnel, su nuevo volumen se expresa como:

$$V_2 = V_1^0 + V_d - V_c$$

DONDE:  $V$  = VOLUMEN INICIAL.

$V_2$  = NUEVO VOLUMEN.

$V_d$  = VOLUMEN DERRUMBADO.

$V_c$  = VOLUMEN CAIDO.

El volumen caído " $V_c$ ", esta relacionado con el volumen derrumbado " $V_d$ ", por la siguiente expresión:

$$V_c = K V_d$$

DONDE:  $K$ , es el coeficiente de abundamiento del material que forma el techo de la cavidad; por lo tanto

$$V_2 = V_1^0 + V_d (1-K)$$

dado que  $1-K$  es siempre un número negativo, resulta -  
 $V_2 < V_1$ .

De lo anteriormente expuesto, se deducen tres hechos evidentes:

- 1.- El derrumbe del túnel acorta la distancia  $Z$  en  $\Delta h$ .
- 2.- El Centro de la cavidad se migra hacia arriba.
- 3.- El volumen del túnel disminuye en

$$V_1 - V_2 = \Delta V = V_d (K-1)$$

DONDE  $\Delta V$  = Diferencia de volúmenes.

Si este proceso se repite, el volumen de la oquedad puede llegar a nulificarse siempre y cuando la suma de los incrementos de la altura del túnel  $\sum \Delta h = H$  resulte menor que  $Z$ . En este caso tenemos que  $V_d (K-1) = V_1^0$ , donde " $V_d$ " - es el volumen desprendido asociado con " $H$ "; es decir,

$$V_d = f(H) = V_1^0 / (K-1)$$

DONDE  $H$  = Altura potencial de la migración.

Mediante esta ecuación, es posible ligar la altura potencial de la cavidad " $H$ ", con su tamaño inicial y con una sola propiedad geotécnica del material de su techo que es el coeficiente de abundamiento del material al colapsarse " $K$ ". Resulta obvio que toda vez conocida " $H$ ", es posible determinar si la oquedad se autosellará mediante el proceso de derrumbes sucesivos ( $Z > H$ ) Paso 3, o bien si se manifestará en la superficie ( $Z < H$ ) Paso N.

La formula  $f(H) = V_1^0 / (K-1)$ , puede también escribirse como:

$$H = A h / (K-1)$$

$A$  = Parametro que depende de la sección transversal del túnel

Y si hacemos  $c = A / (K-1)$

Es posible construir la siguiente tabla, encontrando el valor de  $c$ .

FORMA DE LA SECCION	A \ K	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0
	RECTANGULAR	2.00	10.00	5.00	3.33	2.50
SEMICIRCULAR	1.57	7.85	3.93	2.62	1.96	1.57
PARABOLICA	1.33	6.65	3.33	2.22	1.66	1.33
TRIANGULAR	1.00	5.00	2.50	1.67	1.25	1.00

Por lo tanto; la altura potencial de migración que puede alcanzar una cavidad, queda simplificado de la siguiente forma:

$$H = (h) (C)$$

#### IV.4 COLAPSOS DE BOVEDA.

El riesgo de que se presente el fallamiento de bóvedas es alto, dada la poca profundidad a que se localizan los túneles explotados en la zona poniente de la ciudad de México, asociado por el incremento de esfuerzos provocados por sobrecargas provenientes de la superficie, fuerzas accidentales, o bien por la disminución o pérdida de la resistencia al corte de la sección de la bóveda, y además por efecto de otros agentes externos. Por lo tanto, el grado de peligro aumentará al paso del tiempo y se incrementará paulatinamente si la acción de estos efectos son de forma permanente.

Por lo anterior y dada la complejidad, tiempo y costos, para poder determinar los diferentes factores actuantes, es preciso que los intentos teóricos que se realicen sean sencillos y confiables. Bajo estas consideraciones y partiendo de la hipótesis de que el material constitutivo de la bóveda sea una toba arenosa (suelo conesivo friccionante), homogéneo, isotrópico y semi-infinito, solamente se requiere conocer las secciones del túnel ( $L$  = ancho,  $h$  = altura libre de piso a techo), la resistencia a la compresión simple ( $\sigma$ ) del material de la bóveda y el espesor de esta última ( $b$ ). Con el auxilio de las Figuras Nos. 17, 19 y 21, es posible valo-

rar la carga de servicio actuante por M2., para tres casos típicos, considerando un ancho unitario.

### CASO I.

La bóveda de un túnel tiene una sección vertical correspondiente a una parábola Figura No. 16 y en cuyos apoyos la resistencia a compresión axial, del material de la bóveda, tiene los valores indicados en la Figura No. 17.

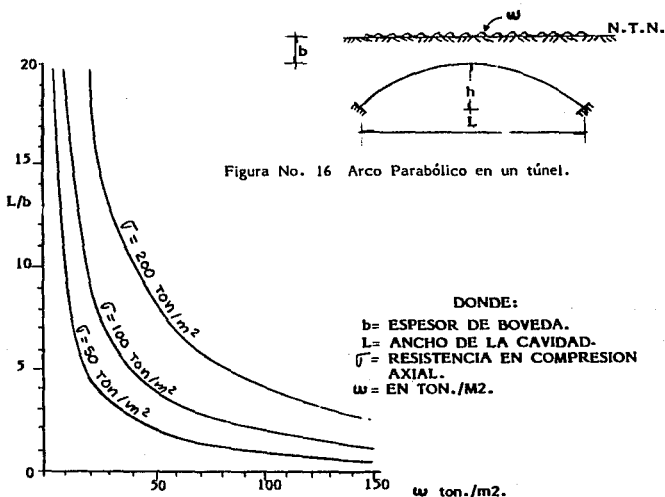


Figura No. 17 Gráfica que correlaciona la resistencia en compresión axial del material de bóveda, considerando un arco parabólico.

## CASO 2.

Se considera que la bóveda se encuentra trabajando como viga sujeta a flexión Figura No. 18, y los valores son los que se indican en la Figura No. 19.

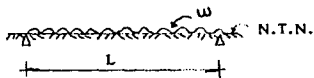


Figura No. 18 Viga sujeta a Flexión.

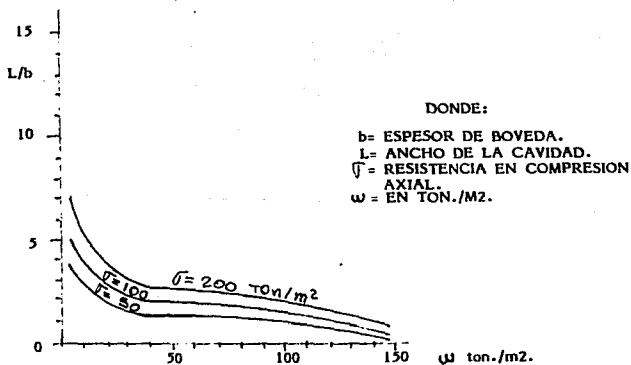


Figura No. 19 Valores obtenidos para una viga sujeta a flexión.



## CASO 3.

Finalmente para una viga trabajando a cortante Figura No. 20, obteniendo los valores que se muestran en la Figura No. 21.

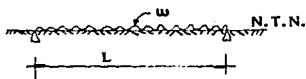
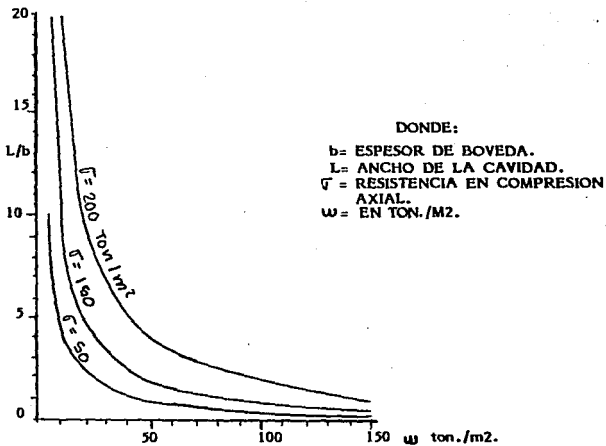


Figura No. 20 Viga trabajando a fuerza cortante.



DONDE:  
 $b$  = ESPESOR DE BOVEDA.  
 $L$  = ANCHO DE LA CAVIDAD.  
 $\sigma$  = RESISTENCIA EN COMPRESION AXIAL.  
 $w$  = EN TON./M<sup>2</sup>.

Figura No. 21 Valores para el caso de una viga sujeta a fuerza cortante.

Observando los tres casos anteriormente comentados, se aprecia que los resultados de las Figuras Nos. 17 y 21 se tornan semejantes, sin embargo es preciso valorar de las tres formas y si existieran infiltraciones o condiciones extremas que favorezcan a la inestabilidad, es conveniente utilizar un factor de seguridad - (F.S) comprendido entre 1.5 y 2.0, con lo cual la carga de servicio actuante decrecerá considerablemente tal y como se muestra en la siguiente tabla.

CASO	L	b	L/b	$\sigma$	W	F.S.	W.m
1	10	5	3	50	33	2.0	16.50
2	10	5	3	50	8	2.0	4.00
3	10	5	3	50	18	2.0	9.00
1	8	4	2	100	50	2.0	25.0
2	8	4	2	100	10	2.0	5.0
3	8	4	2	100	25	2.0	12.50
1	10	2	5	200	83	2.0	41.50
2	10	2	5	200	12	2.0	6.0
3	10	2	5	200	40	2.0	20.0

De los valores registrados en la anterior tabla, se deduce y se confirma que la bóveda de la cavidad fallará a flexión, debido a que el subsuelo no es apto para soportar este tipo de esfuerzos y por ende el colapso de bóveda se presentará cuando la carga de servicio actuante sea rebasada.

## CAPITULO V METODOS DE REGENERACION.

## V METODOS DE REGENERACION.

A CONTINUACION, SE COMENTARAN ALGUNOS DE LOS METODOS COMUN — MENTE APLICABLES, PARA ESTABILIZAR LOS TUNELES DE EXPLOTACIONES-SUBTERRANEAS EN LA ZONA PONIENTE DEL DISTRITO FEDERAL.

### V.1 INTRODUCCION.

La selección del método o métodos que se elijan para estabilizar o regenerar una cavidad, dependen de los resultados obtenidos y desarrollados en el tema anterior, así como de la utilización en superficie del área minada. Por lo tanto es importante realizar una ponderación desde el punto de vista financiero, para evitar -- gastos excesivos y que pudiesen ser muy onerosos, pero que claro esta garanticen -- siempre la estabilidad del subsuelo.

### V.2 CAVIDADES SOMERAS.

Quando los desarrollos de las cavidades presentan un espesor de bóveda reducido "  $z \leq 5 \text{ m.}$ " y las secciones de los mismos son amplias.

#### METODO A. DEMOLICION DE BOVEDAS Y RELLENO COMPACTADO.

Este método es conveniente tratándose de áreas extensas y baldías, contenien do las siguientes etapas.

A.1) Localización topográfica de los ramales en planta. Figura No. 22.

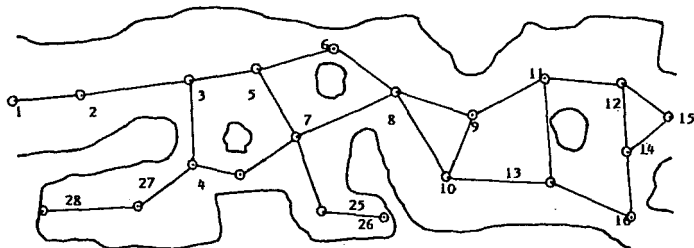


Figura No. 22 Levantamiento topográfico de la cavidad y desarrollo en planta.

A.2) Trazo en la superficie del contorno de la cavidad. (Figura No. 23).

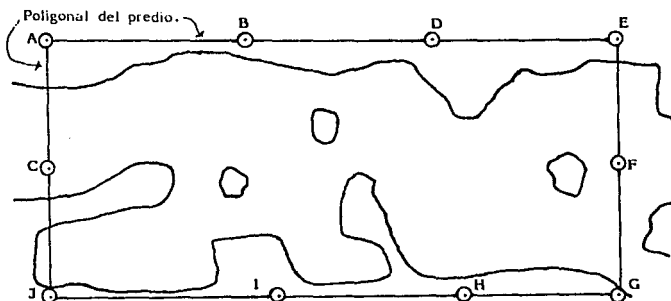


Figura No. 23 Area de influencia de la cavidad con respecto al predio.

A.3) Excavación y demolición de bóveda con auxilio de maquinaria pesada (tractor), colocando el material extraído a un lado del área de cavidades (Figura No. 24) y si es preciso retirarlo del lugar por considerarlo no apto para relleno.

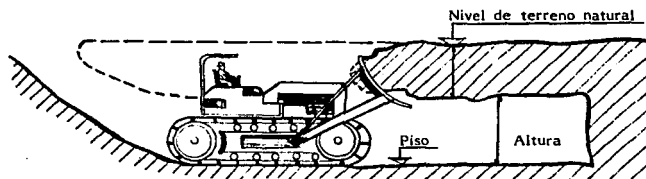


Figura No. 24 Demolición de bóveda, siendo preciso efectuarlo de arriba hacia -- abajo.

- A.4) Colocación de una toba volcánica limo arenosa o arcillo arenosa en capas, dotándola de humedad y compactándose mecánicamente mediante un rodillo liso o bien empleándose alguna otra maquinaria que cumpla con la misma finalidad, repitiéndose lo anterior hasta alcanzar el nivel deseado. (Figura-- No. 25).

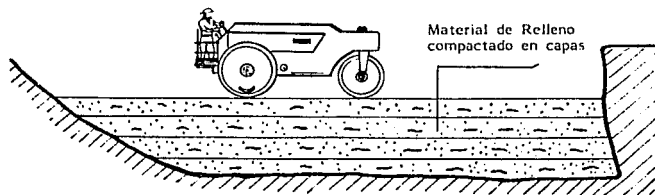


Figura No. 25 Proceso de compactación del material en capas, previa incorporación de agua.

#### **METODO B. DERRUMBE DE BOVEDAS MEDIANTE EXPLOSIVOS.**

Al igual que en el método descrito anteriormente, puede ser aplicable este método en áreas extensas y baldías, contemplando las etapas descritas en A.1 y A.2, así como:

- B.1) Se requiere tramitar la autorización correspondiente ante la Secretaría de la Defensa Nacional para el uso de explosivos, debiendo presentar el proyecto correspondiente indicado en A.1, A.2 y cumplir con los requisitos que solicite dicha Secretaría.
- B.2) Efectuar el estudio correspondiente del número de barrenos y la cantidad de explosivos.
- B.3) Perforar los barrenos a la profundidad que indiquen los resultados del estudio y programar las etapas de detonación.
- B.4) Retirar el material mecánicamente de la forma descrita en A.3), así como

concluir los trabajos tal y como se indica en A.4).

### METODO C. PERFORACION DE LUMBRERAS, RELLENO COMPACTO Y VACIADO DE MEZCLA FLUIDA POR GRAVEDAD.

Este método es aplicable cuando en la superficie se encuentran alojadas diversas edificaciones propias de la urbanización y consiste de:

- C.1) Levantamiento topográfico de la cavidad, predios afectados, áreas construidas, localización de las redes de agua potable, sistema de alcantarillado, - líneas telefónicas y cables de energía eléctrica.
- C.2) Ejecución de los planos correspondientes y perfiles de las galerías, para programar la obra. (Figuras Nos. 26 y 27).

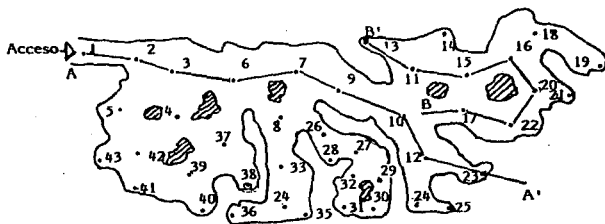


Figura No. 26 Plano general de la cavidad y afectación en superficie de la misma.

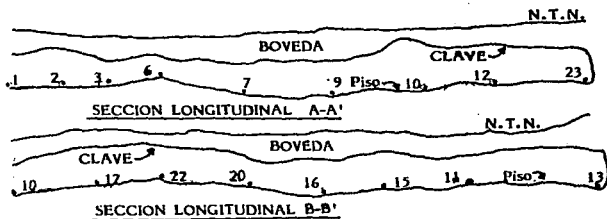


Figura No. 27 Perfiles longitudinales A-A' y B-B'.

- C.3) Perforación de lumbreras en forma manual de 1.00 x 1.00 M. o bien donde sea apropiado en forma mecánica de  $\phi$  0.90 M.
- C.4) Demolición de bloques colapsados de bóveda y colocación lateral del material, así como extracción de basura existente, además en caso de existir - descargas de aguas domiciliarias conectadas a la cavidad, solicitar su correcta evacuación a los interesados o en su defecto obturarlas.
- C.5) Suministro por medio de las lumbreras de material para el relleno, tendido en capas de 20 cm. como máximo, incorporando agua y compactado manualmente, para lograr el grado de compactación requerido; repitiendo este procedimiento hasta obtener el tirante solicitado para el vaciado de mezcla.
- C.6) Confinamiento y limitación de áreas de influencia de lumbreras por rellenar, así como obturación de accesos mediante la construcción de muros de mampostería.
- C.7) Elaboración, transporte, vaciado y conducción de mezcla según especificaciones, la cual deberá cubrir el tirante excedente entre el relleno compactado y el techo de la cavidad.

Lo anterior, deberá llevarse a cabo en todos y cada uno de los ramales levantados para garantizar la estabilidad del subsuelo, así como de las edificaciones e integridad física de sus moradores y transeúntes.

- C.8) Reparación de daños ocasionados por la obra y limpieza general.

#### **METODO D. BOMBEO E INYECCION.**

Estos conceptos incrementan relativamente el costo de la obra, sin embargo, deben considerarse y utilizarse en casos que realmente sean necesarios, y en particular cuando existan grandes distancias por regenerar, siendo imposible abatirlas - por medio de lumbreras intermedias (Figura No. 28); así como también la inyección en el supuesto que se localicen domos que no sea posible su relleno, de las formas descritas con anterioridad, para lo que es preciso perforar barrenos rotatorios de 4"  $\phi$  e inyectar una lechada suelo-cemento-agua (Figura No. 29) conforme a las especificaciones, cuidando que la presión de inyección no exceda - de  $P = T \cdot h$  para evitar daños a las construcciones.

DONDE: P = Presión de inyectado en ( T/M2 o KG/cm2).

T = Espesor de la bóveda.



$\mu$  = Peso volumétrico del material de bóveda.

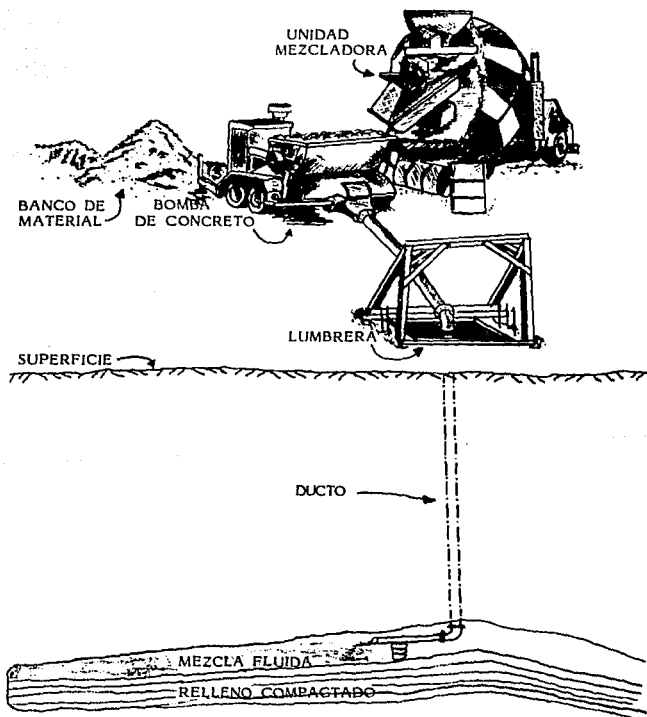


Figura No. 28 Bombeo de Mezcla Fluida mediante ductos, introducidos por lumbreras de acceso, previo a este método, deberá abatirse el tirante de la cavidad a base de relleno compactado.

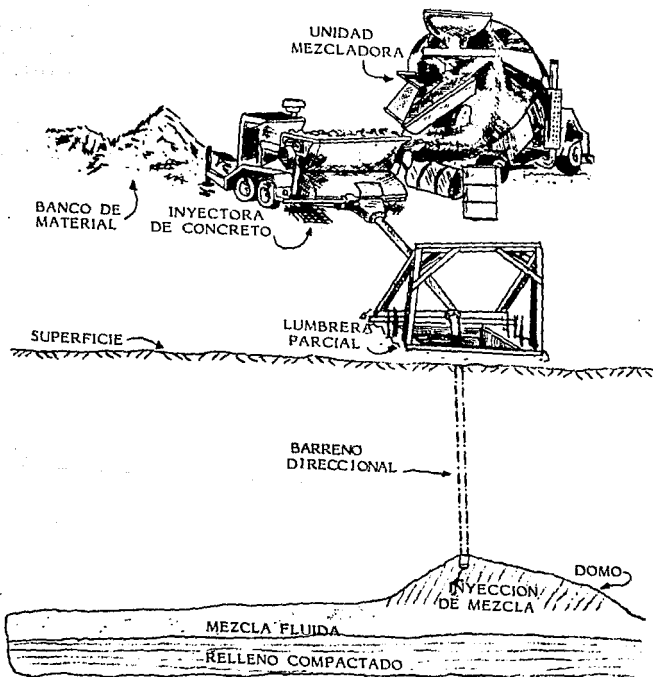


Figura No. 29 Inyección de Mezcla Fluida, para rellenar domos existentes en el desarrollo de la cavidad.

### V.3 CAVIDADES INTERMEDIAS.

En los supuestos que los desarrollos de las cavidades presenten espesores de bóveda comprendidos entre  $5 < z \leq 15$  M, se considera una cavidad intermedia, y dependiendo de sus secciones, y si son amplias y en superficie se localizan áreas baldías y extensas, los métodos A, B, C, y D pueden regir para su regeneración, así mismo, en caso contrario, los procedimientos estabilizadores son:

#### METODO E. MUROS DE CARGA Y BOVEDAS DE CONCRETO.

Tienen por objeto reducir el claro libre de los túneles y salones, para incrementar la capacidad para soportar las cargas transmitidas al subsuelo, impuestas por las estructuras y la propia bóveda.

- E.1) A base de muros de mampostería o tabique, se deberán recubrir los muros y pilares intermedios de la cavidad, y en caso necesario generar ejes centrales de carga, para redistribuir las cargas tributarias actuantes. Durante la construcción de dichos muros, será preciso confinar el espacio excedente entre los muros de la cavidad y los proyectados, a base de material del lugar o en su defecto de una toba arcillo arenosa de suministro, para garantizar un buen contacto entre ambos, evitando así la migración lateral de la cavidad.
- E.2) Bóvedas de concreto precoladas, estas serán soportadas por los muros previamente construidos y a su vez se deberá confinar el volumen excedente entre las bóvedas y clave de la cavidad, (Figura No. 30) garantizando así su trabajo y estabilidad contra los colapsos de bóveda y migración hacia la superficie.
- E.3) Obturación de accesos mediante muros de mampostería, para evitar áreas nocivas a la zona.

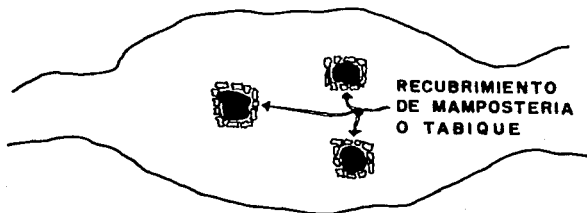
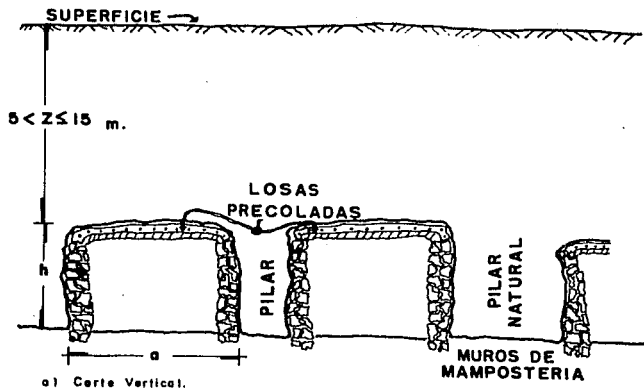


Figura No. 30 Estabilización a base de muros de carga y colocación de losas de concreto precoladas.

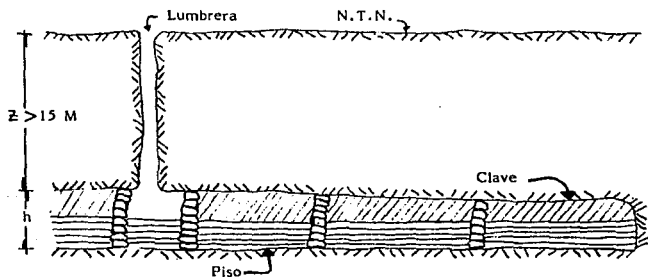
#### V.4 CAVIDADES PROFUNDAS.

Se consideran cavidades profundas, aquellas que presentan un espesor de bóveda mayor a 15 metros, es decir  $z > 15M$ . y dependiendo de sus secciones, si son amplias, podrá utilizarse algún método descrito con antelación, y en caso contrario, se deberá tratar de la siguiente forma:

##### METODO F. RELLENO COMPACTADO.

Se llevará a cabo de acuerdo a la metodología planteada en el método C, a diferencia de que el tirante excedente entre el relleno compactado y el techo de la cavidad, sera cubierto por material de suministro a volteo, confinando a "X" distancias, mediante muros de costales rellenos de toba, (Figura No. 31) para reducir la migración de la cavidad.

F.1) Obturar los accesos mediante muros de mampostería.



##### SIMBOLOGIA




-  RELLENO COMPACTADO
-  RELLENO A VOLTEO
-  COSTALERAS RELLENAS DE TOBA

Figura No. 31 Método de regeneración para cavidades cuyo espesor de bóveda sea mayor de 15 M.

**METODO G. CONCRETO LANZADO.**

Para la utilización de este método, es preciso que las paredes y bóvedas de la cavidad, sean capaces de soportar el impacto del concreto al momento de lanzarlo y que exista espacio suficiente para realizar esta operación, además, un --obstáculo adicional en el empleo de esta solución, lo representan las condiciones de flujo de agua a través del subsuelo en caso de que hubiesen o pudieran presentarse, ya que puede producir arrastre de material o bien una carga adicional por saturación del material que constituye la bóveda.

- G.1) Colocación de malla de acero en muros y techo de la cavidad, debidamente anclada.
- G.2) Barrenado y colocación de drenes.
- G.3) Aplicación del concreto según especificaciones de proyecto.
- G.4) Obturación de accesos mediante muros de mampostería.

## **CAPITULO VI APLICACION A UN CASO REAL.**

## VI APLICACION A UN CASO REAL.

EN EL PRESENTE TEMA, SE ELABORARA UN PRESUPUESTO PARA FINES DE - - CONCURSO, CON LA FINALIDAD DE REGENERAR LA CAVIDAD DENOMINADA - C-OC-16, LOCALIZADA EN LA LOMA DE OLIVAR DEL CONDE, DELEGACION ALVARO OBREGON EN MEXICO DISTRITO FEDERAL.

### VI.1 INTRODUCCION.

De acuerdo a la información recabada de fotografías aéreas, la cavidad en cuestión, fue excavada en la década de los 40's, mediante la modalidad de túneleo, el cual se llevo a cabo manualmente con ayuda de herramienta rudimentaria y su excavación careció de técnica alguna, por lo que sus explotadores identificaron en la ladera el material apto para la industria de la construcción, excavándose túneles de diversas secciones, en los cuales se interrumpía su explotación por encontrarse material -- contaminado con arcillas o limos, motivo por el cual se generaban nuevos frentes de ataque y así sucesivamente hasta crear redes distribuidas caóticamente; al paso del -- tiempo este procedimiento resultó poco lucrativo y la explotación quedó abandonada -- por lo que sus accesos fueron obturados por colapsos de bóveda y material heterógeno a volteo depositado desde la superficie y toda vez que no existieron registros de explotación y dado el crecimiento desmedido de la Ciudad de México, esta área fue -- destinada para uso habitacional, pasando desapercibida o intencionalmente la existencia de cavidades en el subsuelo, mismas que han generado múltiples depresiones, creando pánico en los moradores de la zona poniente de la ciudad

### VI.2 CARACTERISTICAS GEOTECNICAS.

La cavidad en estudio, se encuentra excavada en arenas y gravas de color rosado (riolíticas), y en la totalidad del desarrollo levantado, presenta migración de bóveda y paredes, existiendo salones de gran tamaño y alturas libres de piso a techo de hasta - 6.00 M., sin embargo la altura promedio es de 3.60 M., a su vez, en el desarrollo -- levantado se localizaron 14 ramales obstruidos por derrumbe notando la presencia de -- rellenos heterogéneos, por lo que se infiere que corresponden a depresiones, así mismo, en los ramales comprendidos por las estaciones 33', 33", 34 y 36, se observa el colector principal de aguas residuales de la colonia, el que presenta signos de inestabilidad por no encontrarse debidamente apoyado en terreno sano, finalmente el espesor de bóveda predominante es de 4.00 M., existiendo inferiores como donde se programaron -



L-3, L-9 y L-10, cuyo espesor es de 1.50, así como también alcanzan los 5.00 M., en L-1, L-6 y L-7.

### VI.3 METODOS DE REGENERACION.

Dado que la profundidad de explotación, grandes secciones y alto grado de peligro que representa esta cavidad, además de que se clasifica en el rango de cavidades someras y que en la superficie se encuentra una vialidad principal, se eligieron los -- métodos expuestos en el TEMA V.2 "c", para los cuales se han generado:

#### VI.3.A. ESPECIFICACIONES GENERALES DE CONSTRUCCION.

##### 01. PERFORACION DE LUMBRERAS.

##### 01.1. PERFORACION DE LUMBRERAS DE Ø/ 90 CMS. CON EQUIPO MECANICO.

###### A) EJECUCION:

La Supervisión señalará por una sola vez la localización de puntos e informará la profundidad a perforar de acuerdo con los planos que le sean proporcionados, asumiendo la contratista la responsabilidad total de ejecutar las perforaciones en dichos puntos.

El contratista deberá hacer la señalización necesaria para mantener la ubicación de dichos puntos, procurando que su localización sea adecuada para evitar cualquier tipo de desplazamiento. En caso de destrucción de los señalamientos en el lugar de la obra, su reposición será por cuenta del contratista, verificada por la Supervisión.

Se deberán tomar en cuenta, la red de suministro de agua, de captación de drenaje, de teléfonos, cableados aéreos de líneas telefónicas y eléctricas, así como cualquier obstáculo que dificulte la operación y el acceso -- del equipo a emplear, para lo cual se debe considerar el tipo de equipo de perforación propuesto. Cualquier cambio en la ubicación deberá ser consultado y aprobado por la Supervisión.

Para las lumbreras de Ø 90 cms., se utilizará equipo mecánico tipo - - - CALDWELD o similar a las profundidades indicadas.

En caso de que el material producto de la perforación sea apto para el compactado, se podrá emplear para este objeto, debiendo reponerlo al final para el relleno de la lumbrera, en caso contrario deberá retirarlo al lugar que le sea indicado, a una distancia no mayor de 20 metros.

En el caso de suelos compresibles, se construirán las obras necesarias para evitar derrumbes en las lumbreras, para ello se colocarán los ademes que-

sean necesarios (metálicos, de concreto, madera, etc.), troquelando a presión los paramentos y acuñándose apropiadamente. Salvo indicación en contrario, el contratista propondrá el sistema de ademado y troquelamiento. Estos ademes se pagarán como otro precio por separado.

#### B) MEDICION PARA FINES DE PAGO.

Se hará por metro lineal perforado con aproximación al centímetro.

#### C) CARGOS QUE INCLUYEN EL PRECIO UNITARIO.

La excavación propiamente dicha.

La Renta del equipo, herramientas, maquinaria y accesorios necesarios para la perforación.

Todos los fletes, maniobras y acarreos necesarios del equipo, herramienta y maquinaria a emplear.

Relleno posterior de la lumbrera con material producto de excavación.

El costo de los materiales y mano de obra necesarios para la ejecución del concepto y obras de protección que proponga el contratista y apruebe o indique la Supervisión.

La limpieza y retiro de material sobrante y desperdicio del lugar de la obra.

Todos los cargos indicados en el contrato de obra y que no se mencionan en estas especificaciones.

### 01.2 PERFORACION DE LUMBRERAS EN SECCION DE 1.00 X 1.20 METROS.

#### A) EJECUCION:

La Supervisión hará una sola localización de puntos y profundidad a perforar de acuerdo con los planos que le sean proporcionados, asumiendo la contratista la responsabilidad total de ejecutar las perforaciones en dichos puntos.

El contratista deberá hacer la señalización necesaria para ubicar dichos puntos, procurando que su localización sea adecuada para evitar cualquier tipo de desplazamiento. En caso de destrucción de los señalamientos en el lugar de la obra, su reposición será por cuenta del contratista, verificada por la Supervisión.

Se deberán tomar en cuenta, la red de suministro de agua, de captación de drenaje, de teléfonos, cableados aéreos de líneas telefónicas y eléctricas, así como cualquier obstáculo que dificulte la operación y el acceso del equipo a emplear, para lo cual se debe considerar el tipo de equipo de perforación propuesto. Cualquier cambio en la ubicación deberá ser consultado y aprobado por la Supervisión.

En caso de que el material producto de la perforación sea apto para el --

compactado, se podrá emplear en este concepto, debiendo reponerlo al final para el relleno de la lumbrera, en caso contrario deberá retirarlo al lugar que le sea indicado, a una distancia no mayor de 20 metros.

En el caso de suelos compresibles, se construirán las obras necesarias para evitar derrumbes en las lumbreras, para ello se colocarán los ademes-- que sean necesarios (metálicos, de concreto, madera. etc.), troquelando a presión los paramentos y acuñaándose apropiadamente. Salvo indicación en contrario, el contratista propondrá el sistema de ademado y troquelamiento. Estos ademes se pagarán como otro precio por separado.

La perforación se hará de preferencia con pistola rompedora eléctrica, - portátil, en material de la zona o con pico, cuña y marro.

#### B) MEDICION PARA FINES DE PAGO.

Se hará por metro lineal perforado con aproximación al centímetro.

#### C) CARGOS QUE INCLUYEN EL PRECIO UNITARIO.

La excavación propiamente dicha.

La renta del equipo, herramientas, maquinaria y accesorios necesarios para la perforación.

Todos los fletes, maniobras y acarrees necesarios del equipo, herramienta y maquinaria a emplear.

Relleno posterior de la lumbrera con material producto de excavación.

El costo de los materiales y mano de obra necesarios para la ejecución - del concepto y obras de protección que proponga el contratista y apruebe o indique la Supervisión.

La limpieza y retiro de material sobrante y desperdicio del lugar de la obra.

Todos los cargos indicados en el contrato de obra y que no se mencionan en estas especificaciones.

## 02. RELLENOS.

### 02.1 RELLENO COMPACTADO.

#### A) MATERIALES:

Toba volcánica arcillosa que permita su compactación al 70-80% Proctor - Estándar, disgregada, libre de fragmentos, materia orgánica y basura.

#### B) EJECUCION:

La contratista suministrará el material a pie de lumbreras, vaciándolo di-

rectamente a la misma cuando eso sea posible, de tal forma que no sea bloqueado el cuerpo de la perforación y llegue el material a la parte baja (túnel) de la lumbrera.

El material será acarreado dentro del túnel a las zonas destinadas para este concepto, tendiéndolo en capas de 20 a 30 cms., compactándolo -- con pizón manual hasta obtener el 70-80% Proctor Estándar, dándole al material la humedad necesaria, conformando pendiente hacia cotas previamente señaladas por la Supervisión y canal de 60 cms. de ancho por 40 cms. de profundidad, donde sea señalado por la Dependencia para conducir la mezcla fluída posteriormente. El tirante máximo entre piso terminado del compactado y el techo de la cavidad, será de 1.20 metros.

#### C) MEDICION PARA FINES DE PAGO

La unidad de medida será de metro cúbico compactado alcanzando el por ciento especificado.

#### D) CARGOS QUE INCLUYEN EL PRECIO UNITARIO.

Traspaleo, carga, acarreo libre a 20 metros, descarga, tendido en capas del espesor indicado, el compactado para alcanzar el grado de compactación especificado, conformación de canales, en su caso, el suministro de agua con acarreos o conducciones totales, rampas y escaleras de acceso. Todos los cargos indicados en el contrato de obra y que no se mencionan en estas especificaciones.

Los materiales, mano de obra y herramientas que sean necesarios en la realización del concepto.

### 02.2 RELLENO MASIVO DE COSTALES.

#### A) MATERIALES:

Toba volcánica arcillosa, disgregada, libre de fragmentos, materia orgánica y basura.

Costales sintéticos de uso para proporcionar un volumen de 0.07 m<sup>3</sup>.

#### B) EJECUCION:

Los costales rellenos del material especificado serán colocados traslapados formando muros, diques, columnas, etc. En el caso de muros y diques, deberán garantizar que no existan filtraciones o fugas de mezcla fluída. La forma en que sean colocados deberá ser capaz de soportar empujes y presiones, evitando dejar huecos que produzcan desprendimientos de bóveda y paredes, para lo cual deberán colocarse en contacto y a presión con paredes y techos de los túneles existentes, en todos los casos se considerará - 14.29 piezas por metro cúbico con 0.07 m<sup>3</sup>. por pieza.

**C) MEDIDA PARA FINES DE PAGO.**

La unidad de medida será el metro cúbico colocado en la forma especificada o en su caso en la forma solicitada por la Dependencia.

**D) CARGOS QUE INCLUYEN EL PRECIO UNITARIO.**

Los materiales, mano de obra, herramientas, alumbrado de túneles, -traspaleos, acarreo libre a 20 metros, descarga y colocación de costales en la forma especificada, limpieza de vías de tránsito, rampas o escaleras de acceso.

**02.3. RELLENO DE MEZCLA FLUIDA.**

**A) MATERIALES:**

Los materiales que se emplearán en la fabricación de mezcla fluida -son los siguientes:

Cemento Portland tipo I normal, agregados pétreos, bentonita sódica y agua.

**1) CEMENTO.**

El cemento que se utilice deberá ser de una marca de reconocida calidad, previamente aprobada por la Dependencia, suministrado de preferencia a granel o envasado en sacos de 50 kgs. Ningún cemento podrá emplearse cuando esté hidratado en su envase original.

El lugar destinado para almacenamiento de cemento deberá ser propuesto por el contratista y autorizado por la Dependencia, debiendo reunir las condiciones de seguridad necesarias para garantizar la inalterabilidad del cemento.

**2) AGREGADOS PETREOS.**

El material de agregado para la mezcla fluida consistirá de toba volcánica areno-arcillosa o areno-limosa (tepetate), disgregada, libre de materia orgánica y basura, con fragmentos menores de 10 cms.

El contratista deberá proporcionar muestras del material a utilizar cuando menos ocho días antes de iniciar la fabricación de mezcla.

Deberá almacenarse en plataformas o pisos adecuados construidos expreso para tal fin en el caso de que no exista lugar apropiado. La capa de agregados que quede en contacto con el suelo y por este motivo se contamine, no deberá utilizarse.

**3) BENTONITA.**

Se empleará bentonita sódica envasada sacos de 50 kgs., de marca de

calidad reconocida en el mercado, previamente aprobada por la Dependencia.

El lugar de almacenaje de la bentonita debe reunir las mismas condiciones que para el cemento.

#### 4) AGUA.

El agua para la fabricación de mezcla deberá cumplir con las especificaciones del Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto.

### B) EJECUCION:

#### 1) PROPORCIONAMIENTO.

Se propone la siguiente dosificación:

Tepetate	880 kg.
Cemento	145 kg.
Bentonita	28 kg.
Agua	583 lt.

La dosificación del tepetate estará en función del peso volumétrico seco y suelto promedio, la cantidad tenderá a incrementarse de acuerdo al grado de humedad estimado y calidad del material; el agua podrá variar de acuerdo a la característica anterior para fluir y fraguar - óptimamente.

#### 2) REVENIMIENTO.

El revenimiento será en base a la dosificación y necesidades de flujo de la mezcla para cada zona de vaciado.

Se harán las pruebas necesarias en cada zona para comprobar el flujo y revenimiento de la mezcla.

#### 3) FABRICACION CON MAQUINA.

La fabricación de mezcla deberá elaborarse con planta dosificadora portátil con las siguientes características:

Tolba para agregado y cemento-bentonita con compuertas de operación de preferencia hidráulica o mecánica; básculas de agregado y cemento, esta última en el caso que el cemento sea suministrado a granel, en este caso deberá incluirse silo para el cemento; depósito de agua graduado o medidor de agua, bomba de agua, banda transportadora y planta de energía en el caso de que el lugar no cuente con acometida de energía eléctrica.

La carga de agregados a la tolba, deberá hacerse con cargador frontal-

o equipo similar.

En caso de no contar con toma directa para suministrar el agua, esto se hará con camiones-cisterna, abasteciéndose de la Garza más próxima al lugar de la obra, almacenándola en cisterna construida exprofe-so para este fin, la cual deberá tener un volumen apropiado a las necesidades de la obra. Todo el equipo deberá ser de la capacidad necesaria al volumen y programa de obra.

La contratista deberá obtener la previa autorización de la Dependencia del equipo que pretende emplearse.

Para la mezcla lo primero a dosificar será el 50% de agua, la bentoni-ta batiéndola el tiempo necesario para hidratarla y mezclarla sin dejar grumos de material; posteriormente y a la par, se dosificará el cemen-to, el agregado y el agua restante.

#### 4) MEZCLADO Y TRANSPORTE.

Para el mezclado y transporte se usarán unidades mezcladoras (ollas), montadas en camión, suministrando volúmenes hasta de 5 m<sup>3</sup>.

El tiempo de revoltura será de 5 minutos mínimo a partir de que todos los materiales que intervienen en la mezcla se encuentren en la unidad.

#### 5) VACIADO.

Para efecto de recibir eficientemente la mezcla en la cavidad, se deberá preparar la zona en la parte superior e inferior de la lumbrera -- con canales de costales, de lámina o conformados en el tepetate compactado, además de los diques de costaleras indicados por la Dependencia. En los túneles se deberán efectuar las ranuras en la bóveda que sean necesarias para garantizar el llenado total de los túneles; en el trayecto de la mezcla se deberán evitar derrames fuera de los canales, socavación y obturación de los mismos, acumulación de mezcla en los tramos iniciales e intermedios de las zonas de vaciado. Se vigilará en el lugar el flujo, velocidad, continuidad y limpieza de canales para - que la mezcla llegue al final de las zonas de vaciado.

Previo al inicio a que se refiere este concepto y cada vez que sea solicitado por la Dependencia, se verificará a satisfacción de la misma - la dosificación de materiales y su volumetría.

La Dependencia solicitará el muestreo de la mezcla en cilindros de prueba por lo menos tres veces durante el desarrollo de la obra, quedando a criterio de la Dependencia el momento de realizarlo. El contratista - efectuará las pruebas que se soliciten a las muestras colectadas y en - base a estos resultados de podrán efectuar modificaciones a la dosifica-ción propuesta.

Por ningún motivo se permitirá el vaciado en las zonas que no estén - debidamente preparadas para este fin, así como en donde se estén obturando las líneas de flujo de la mezcla, en este caso, previo a reiniciar el vaciado, deberán limpiarse las zonas obturadas o tendientes a obturarse.

El vaciado de la unidad mezcladora a la lumbreira se efectuará a la mayor velocidad posible, cuidando que no se derrame en superficie, - en este caso deberá palearse el material derramado hacia la lumbreira. De acuerdo al ciclo de trabajo, deberá tenerse continuidad en el vaciado.

#### C) MEDICION PARA FINES DE PAGO.

La mezcla se cuantificará por metro cúbico suministrado en la obra - con la dosificación requerida.

#### D) CARGOS QUE INCLUYEN EL PRECIO UNITARIO.

El costo del cemento, la bentonita, el agregado y el agua que interviene en la fabricación de la mezcla y las pruebas de laboratorio.

La renta del equipo, herramienta, maquinaria y accesorios necesarios - para dosificar, elaborar, probar, transportar y vaciar la mezcla de - - acuerdo con los señalamientos de estas especificaciones.

Todos los fletes, maniobras y acarreos necesarios, tanto de materiales como de equipo, herramientas y maquinaria.

La obra de protección necesaria, alumbrado en cavidades, escaleras, - rampas y andamios que proponga la contratista y apruebe o indique la Dependencia.

La mano de obra necesaria para dosificar, elaborar, transportar, vaciar y conducir la mezcla de acuerdo a las normas que señalan estas especificaciones.

La limpieza y retiro de materiales sobrantes y desperdicios del lugar de obra y planta.

Todos los cargos indicados en el contrato de obras y que no se mencionan en estas especificaciones

### 03. ACARREOS.

#### 03.1 ACARREOS DENTRO DE LA OBRA.

##### A) EJECUCION.

Acarreo de tepetate arcilloso en carretilla a distancias subsiguientes de 20 metros en túneles de cavidad.

##### B) MEDICION PARA FINES DE PAGO.

La unidad de medida será el metro cúbico en material compactado o colado en costales.



#### 04 CONSTRUCCION DE MUROS.

- 04.1 Construcción de muros de mampostería de 40 cm. de espesor, junteados con mortero cemento-arena 1:7, desplantado a 50 cm. de profundidad, cuya altura será la de la bocamina, quedando sellado perimetralmente para evitar - fuga de mezcla.

#### PARA TODOS LOS TRABAJOS A EJECUTAR, SE DEBEN CONSIDERAR:

Las condiciones climatológicas durante el tiempo propuesto de obra, así como las condiciones físicas iniciales de las áreas de trabajo.

#### VI.3.B NORMAS DE CALIDAD DE LOS MATERIALES.

- Cemento.-** Se utilizará Cemento Portland Tipo 1 Normal, de las marcas conocidas dentro del mercado de materiales para construcción, cuya -- presentación será a granel.
- Bentonita.-** Se empleará bentonita sódica envasada en sacos de 50 kgs. de marcas conocidas dentro del mercado de materiales, la cual se deberá hidratar previamente a la dosificación de agregados.
- Agua.-** Deberá cumplir las especificaciones del Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto.
- Toba.-** 1) El material para relleno fluido consistirá en una toba volcánica arenolimsa o arenarcillosa, con un peso volumétrico seco y suelto-promedio de 1.374 t/m<sup>3</sup>., cuyo tamaño máximo de agregado sea de (3/4") y el material que pase la malla 200, debe cumplir con:
- |                    |              |
|--------------------|--------------|
| Contracción Lineal | Menor de 6%  |
| Límite Líquido     | Menor de 50% |
| Índice Plástico    | Menor de 20% |
- Este material deberá estar disgregado, libre de materia orgánica así como también de basura.
- 2) El material para los rellenos de compactación y en costaleras, deberá ser una toba volcánica tal que permita una compactación al 70-80 Proctor estándar, debiendo estar disgregado, libre de fragmentos de-roca, materia orgánica y basura.
- Costales.-** Se deberá utilizar costales sintéticos de recuperación, cuyas dimensiones sean suficientes para proporcionar el volumen especificado.
- Piedra de Brasa.-** Deberán satisfacer los siguientes requisitos:

- Resistencia mínima a la compresión, 100 kg/cm<sup>2</sup>.
- Absorción máxima 4%.
- Por lo menos el 70% del volumen de los muros estará constituido por piedras con un peso mínimo de 30 kgs. cada una.
- Se deberá evitar en lo posible el empleo de piedras en forma redondeada y de cantos rodados.

Mezcla de mortero.- Se utilizará en el mamposteo y cumplirá los siguientes requisitos.

- La relación volumétrica entre la arena y suma de cementantes se encontrará entre 2.25 y 5.
- La resistencia mínima a la compresión será de 15 kgs./cm<sup>2</sup>.

**VI.4 INVESTIGACION DE MERCADO Y CALCULO DEL FACTOR DE SALARIO REAL.****VI.4.1 LISTA DE MATERIALES Y COSTOS PUESTOS EN OBRA SIN I.V.A.****MATERIALES:**

a).- CEMENTO A GRANEL	345,000 TON.
b).- BENTONITA	310,000 TON.
c).- TOBA PARA LA DOSIFICACION DE MEZCLA	45,000 M3.
d).- TOBA PARA EL RELLENO COMPACTADO	28,000 M3.
e).- TOBA PARA EL RELLENO DE COSTALERAS	28,000 M3.
f).- AGUA	20,000 M3.
g).- COSTAL SINTETICO	650 PZA.
h).- ALAMBRE RECOCIDO No. 14	2,500 KG.
i).- COMBUSTIBLE PARA MOTOR DIESEL	582 LT.
j).- LUBRICANTE PARA MOTOR DIESEL	4,818 LT.

## VI.4.2 TABULADOR DE SALARIOS.

<u>C A T E G O R I A</u>	<u>S. BASE</u>	<u>F. S. R.</u>	<u>S. REAL</u>
a) Operador de maquinaria pesada	20,460	1,610	32,941
b) " " " "	19,915	1,610	32,063
c) " " " "	19,195	1,610	30,904
d) Cabo	19,825	1,610	31,918
e) Oficial Albañil	19,825	1,610	31,918
f) Ayudante General	16,397	1,610	26,399
g) Peón	13,330	1,674	22,314

TESIS PROFESIONAL		ANEXO: CALCULO DEL FACTOR DE SALARIO REAL		FORMA	HOJA: DE:
		DEPENDENCIA CONVOCANTE: _____	CONCURSANTE: _____		
JAVIER GONZALEZ S.		CONCURSO N° _____	FIRMA: _____		
		OBRA: _____	NOMBRE: _____		
		FECHA: _____	CARGO: _____		
SALARIO MINIMO GENERAL EN EL D.F. \$ 13,330					
CLAVES OPERATIVAS	CONCEPTO Y GENERADOR	PARA SALARIO MAYOR AL MINIMO Y HASTA 10 VECES ESTE	PARA SALARIO MINIMO		
(DICAL)	DIAS CALENDARIO	365.25	365.25		
(DIAGI)	DIAS DE AGUINALDO	15.00	15.00		
(PIVAC)	DIAS POR PRIMA VACACIONAL * 6 DIAS X 25%	1.50	1.50		
(DIPER)	DIAS DE PERCEPCION PAGADOS AL AÑO <span style="float: right;">SUMA</span>	381.75	381.75		
(DIDOM)	DIAS DOMINGO	52.00	52.00		
(DIVAC)	DIAS DE VACACIONES	6.00	6.00		
(DIFE0)	DIAS FESTIVOS OFICIALES (POR LEY)	7.00	7.00		
(DIPEC)	DIAS PERDIDOS POR CONDICIONES CLIMA (LLUVIA Y OTROS)	5.00	5.00		
(DICOL)	DIAS NO LABORABLES POR COSTUMBRE LOCAL	6.00	6.00		
(DINLA)	DIAS NO LABORADOS AL AÑO <span style="float: right;">SUMA</span>	76.00	76.00		
(DICLA)	DIAS CALENDARIO LABORADOS AL AÑO (DICAL)-(DINLA) + $\frac{DIPER}{1-76}$ *	289.25	289.25		
(DIS3C)	DIAS EQUIVALENTES POR SEGURO SOCIAL CUOTAS ( $20.0025^{0.25}$ y $24.8425^{0.25}$ ) (DIPER) *	76.36	94.68		
(DIS30)	DIAS EQUIVALENTES POR SEGURO SOCIAL GUARDERIAS 1% (DIPER) * 0.01 x 381.75	3.82	3.82		
(DIREP)	DIAS EQUIVALENTES POR IMPUESTOS SOBRE REMUNERACIONES PAGADAS 1% (DIPER) * 0.01 x 381.75	3.82	3.82		
(DIPRE)	DIAS EQUIVALENTES DE PRESTACIONES AL AÑO <span style="float: right;">SUMA</span>	84.00	102.32		
(COSAN)	DIAS EQUIVALENTES DE COSTO ANUAL (DIPER) + (DIPRE) = 381.75 + 84.00 381.75 + 102.32	465.75	484.07		
NOTAS: SIN INFONAVIT SIN DESGRABACION DEL I.S.R.					
(FASAR)	FACTORES DE COSTO REAL (COSAN) / (DICLA) =	$\frac{465.75}{289.25}$ $\frac{484.07}{289.25}$ (con tras dscimden)	1.610	1.674	

**VI.4.3 RELACION DE EQUIPO QUE SE EMPLEARA EN OBRA Y ANALISIS DE COSTOS HORARIO.****DESCRIPCION:**

- a). PERFORADORA MONTADA SOBRE CAMION.
- b). TRACTO CAMION REVOLVEDORA BICONICA.
- c). CARGADOR FRONTAL.
- d). PLANTA DE ENERGIA ELECTRICA.
- e). MARTILLO DEMOLEDOR.
- f). PLANTA DOSIFICADORA.

<b>TESIS PROFESIONAL</b>  <b>JAVIER GONZALEZ S.</b>	<b>ANEXO ANALISIS DE COSTO HORA MAQUINA</b>		FORMA "3"	NOJA DE:
	DEPENDENCIA CONVOCANTE : _____	CONCURSANTE : _____		
	CONCURSO No: _____	FIRMA: _____		
	ORRA: _____	NOMBRE: _____		
FECHA: _____	CARGO: _____			
<b>DESCRIPCION DE LA MAQUINA:</b> Perforadora montada sobre camión, con equipo tipo Cadweld de 90 cm. de diámetro. <span style="float: right;">MODELO: 1992.</span>				

### DATOS GENERALES

(Pn) Precio de la maquina \$ 336'000,000.00	(Fo) Factor de operacion 0,80
(Vii) Valor de las llantas \$ 5'000,000.00	(Hop) Potencia de operacion 32 HP
(Va) Valor de adquisicion \$ 310'000,000.00	(Hvii) Vida de las llantas 1,000 Horas
(Vr) Valor de rescate 20 % Va \$ 62'000,000.00	(I) Cambio de lubricante 200 Horas
(Vd) Valor a depreciar \$ 248'000,000.00	(C) Capacidad del carter 4 Lts.
(Ve) Vida economica 10,000 Horas	(C') Factor de combustible: 0,1514 Diesel; 0,2271 Gasolina
(I) Tasa de inversion anual 12 %	(al) Factor de lubricante: 0,00358 Diesel; 0,00307 Gasolina
(Ha) Horas efectivas por año 2,000 Horas	(Pc) Precio de combustible: 582 Diesel; - Gasolina
(s) Prima de seguro 2 % Anual	(Pl) Precio de lubricante: 4,818 Diesel; - Gasolina
(Q) Mantenimiento 70 % Anual	(Din) Dias laborados al año 289,75 Dias
(lp) Motor <u>DIESSEL</u> Potencia Nominal 40 Hp	(H) Horas de la jornada 6,91 Horas

### CARGOS FIJOS

			COSTO
DEPRECIACION	$D = (V_a - V_r) / V_e = (310'000 - 62'000) / 10,000$		24,800
INVERSION	$I = (V_a + V_r) / 2 Ha = (310'000 + 62'000) 0,12 / 4,000$		11,160
SEGUROS	$S = (V_a + V_r) s / 2 Ha = (310'000 + 62'000) 0,02 / 4,000$		1,860
MANTENIMIENTO	$T = Q * D = (0,70) (24,800)$		17,360
		SUMA	\$ 55,180

### CONSUMOS

COMBUSTIBLE	$CDM = C' * A Hop * Pc = (0,1514) (32) (582)$	2,820	
ACEITE DE MOTOR	$AMD = ((C'/I) * (al * Hop)) Pl = (0,13456) (4,818)$	648	
OTRAS FUENTES DE ENERGIA			
LLANTAS	$Vii / HVii = (5'000 / 1,000)$	5,000	
		SUMA	\$ 8,468

### OPERACION

CATEGORIA	SALARIO REAL	CANTIDAD	IMPORTE	
a) Operador	32,941	1	32,941	
b) Ayudante General	26,399	4	105,596	
c) Cabo	31,918	0,25	25,534	

### CARGOS

SI Ha > 1600 Hrs:	$S = So (CRA) / Ha = (164,071) (289,75) / 2,000$	23,729	
SI Ha ≤ 1600 Hrs:	$S = So / H$		
		SUMA	\$ 23,729

<b>COSTO DIRECTO POR HORA ACTIVA</b>	TOTAL	\$ 87,377
<b>COSTO DIRECTO POR HORA INACTIVA</b>	TOTAL	\$ 61,549

TESIS PROFESIONAL	ANEXO ANALISIS DE COSTO HORA MAQUINA "b"	
	JAVIER GONZALEZ S.	DEPENDENCIA CONVOCANTE : _____
	CONCURSO No. : _____	FIRMA : _____
	OBRA : _____	NOMBRE : _____
	FECHA : _____	CARGO : _____
DESCRIPCION DE LA MAQUINA : Tracto Camión Revolvedora Bicicapa		MODELO : 1992

DATOS GENERALES	
(Pm) Precio de la maquina \$ 280'000,000.00	(Fa) Factor de operacion 0.80
(Vb) Valor de las llantas \$ 5'000,000.00	(Hap) Potencia de operacion 128 HP
(Va) Valor de adquisicion \$ 275'000,000.00	(Hvll) Vida de las llantas 1,000 Horas
(Vr) Valor de rescate 10 % Va \$ 27'500,000.00	(I) Cambio de lubricante 200 Horas
(Vd) Valor a depreciar \$ 247'500,000.00	(C) Capacidad del Carter 11 Lts.
(Ve) Vida economica 10,000 Horas	(c') Factor de combustible: 0.15/4 Diesel; 0.22/1 Gasolina
(I) Tasa de inversion anual 12 %	(a1) Factor de lubricante : 0.00358 Diesel/0.00307 Gasolina
(Ha) Horas efectivas por año 2,000 Horas	(Fc) Precio de combustible: 582 Diesel; Gasolina
(s) Prima de seguro 2 % Anual	(Pl) Precio de lubricante: 4,818 Diesel; Gasolina
(Q) Mantenimiento 80 %	(Dh) Dias laborados al año 289.25 Dias
(Hp) Motor DIESEL Potencia Nominal 160 Hp	(H) Horas de la jornada 6.91 Horas

CARGOS	FIJOS	COSTO
DEPRECIACION $D = (Va - Vr) / Ve = (275'000 - 27'500) / 10,000$		24,750
INVERSION $I = (Va + Vr) / 2 Ha = (275'000 + 27'500) / 2,000$		9,075
SEGUROS $S = (Va + Vr) * / 2 Ha = (275'000 + 27'500) * 0.02 / 2,000$		1,512
MANTENIMIENTO $T = Q * D = (0.80) (24,750)$		19,800
	SUMA	\$ 55,137

CONSUMOS		
COMBUSTIBLE $CCM = c' * Hap * Pc = (0.15/4) (128) (582)$		11,279
ACEITE DE MOTOR $AMO = ((C/t) + (a1 * Hap)) Pl = (0.31324) (6,818)$		2,673
OTRAS FUENTES DE ENERGIA		
LLANTAS $Vll / Hvll = (5'000 / 1,000)$		5,000
	SUMA	\$ 18,752

OPERACION			
CATEGORIA	SALARIO REAL	CANTIDAD	IMPORTE
a) Operador	32,941	1	32,941
b) Ayudante General	26,399	2	52,798
c) Cabo	31,918	0.15	4,788
	CARGOS	SUMA So. \$	90,527
$SI Ha > 1600$ $Hh = S * So (CLM) / Ha = (90,527) (289.25) / 2,000$			13,092
$SI Ha \leq 1600$ $Hh = S * So / H =$			
	SUMA		\$ 13,092

COSTO DIRECTO POR HORA ACTIVA	TOTAL	\$ 86,981
COSTO DIRECTO POR HORA INACTIVA	TOTAL	\$ 48,429



<b>TESIS PROFESIONAL</b>  <b>JAVIER GONZALEZ S.</b>	<b>ANEXO ANALISIS DE COSTO HORA MAQUINA</b> "C"		FORMA No.:
	DEPENDENCIA CONVOCANTE :	CONCURSANTE :	
	CONCURSO No.:	FIRMA:	
	OBRA:	NOMBRE:	
	FECHA:	CARGO:	
DESCRIPCION DE LA MAQUINA: <u>Cargador Frontal Caterpillar</u>			MODELO: <u>1992.</u>
Cat. 910			

DATOS		GENERALES	
(Pm) Precio de la maquina	\$ 220,000,000.00	(Fo) Factor de operacion	0.25
(Vii) Valor de las llantas	\$ 5,500,000.00	(Hop) Potencia de operacion	49 HP
(Va) Valor de adquisicion	\$ 214,500,000.00	(Hvii) Vida de las llantas	1,000 Horas
(Vr) Valor de rescate 10 % Va	\$ 21,450,000.00	(f) Cambio de lubricante	200 Horas
(Vd) Valor a depreciar	\$ 193,050,000.00	(c) Capacidad del cster	11 Lts.
(Ve) Vida economica	10,000 Horas	(c') Factor de combustible: 0.1514 Diesel; 0.2271 Gasolina	
(i) Tasa de inversion anual	12 %	(al) Factor de lubricante: 0.00358 Diesel; 0.00307 Gasolina	
(Ha) Horas efectivas por año	2,000 Horas	(Pc) Precio de combustible: 582 Diesel; Gasolina	
(s) Prima de seguro	2 % Anual	(Pl) Precio de lubricante: 4,818 Diesel; Gasolina	
(Q) Mantenimiento	70 %	(Di) Dias laborados al año	289.25 Dias
(Hp) Motor <u>DIESEL</u> Potencia Nominal <u>65</u> Hp		(H) Horas de la jornada	6.91 Horas

CARGOS	FIJOS	COSTO
DEPRECIACION	$D = (Va - W) / Ve = (214,500 - 21,450) / 10,000$	19,305
INVERSION	$I = (Va + Vr) i / 2 Ha = (214,500 + 21,450) 0.12 / 2,000$	7,078
SEGUROS	$S = (Va + Vr) s / 2 Ha = (214,500 + 21,450) 0.02 / 2,000$	1,180
MANTENIMIENTO	$T = Q \cdot F \cdot D = (0.70) (19,305)$	13,513
	<b>SUMA</b>	<b>\$ 41,076</b>

CONSUMOS		
COMBUSTIBLE	$CGM = c' \cdot A \cdot Hop \cdot Pc = 10.1514 (49) (582)$	4,318
ACEITE DE MOTOR	$AMD = (c/f) + (al \cdot Hop) \cdot Pl = 0.23042 (4,818)$	1,110
OTRAS FUENTES DE ENERGIA		
LLANTAS	$Vii / Hvii = (5,500) / 1,000$	5,500
	<b>SUMA</b>	<b>\$ 10,928</b>

OPERACION			
CATEGORIA	SALARIO REAL	CANTIDAD	IMPORTE
a) Operador	32,941	1	32,941
b) Ayudante General	26,399	1	26,399
c) Cabo	31,918	0.10	3,192
	<b>CARGOS</b>	<b>SUMA So. =</b>	<b>\$ 62,532</b>
$Si \cdot Ha > 1600 \cdot H_{aj}$	$S = S_0 (D.R.A.) / Ha = (62,532) (289.25) / 2,000$		9,044
$Si \cdot Ha \leq 1600 \cdot H_{aj}$	$S = S_0 / H_{aj}$		
	<b>SUMA</b>		<b>\$ 9,044</b>

<b>COSTO DIRECTO POR HORA ACTIVA</b>	<b>TOTAL</b>	<b>\$ 61,048</b>
<b>COSTO DIRECTO POR HORA INACTIVA</b>	<b>TOTAL</b>	<b>\$ 36,607</b>

ANEXO ANALISIS DE COSTO HORA MAQUINA "d"		FORMA	HOJA DE
TESIS PROFESIONAL	DEPENDENCIA CONVOCANTE : _____	CONCURSANTE : _____	
	CONCURSO No: _____	FIRMA: _____	
	OBRA: _____	NOMBRE: _____	
	FECHA: _____	CARGO: _____	
DESCRIPCION DE LA MAQUINA: Planta de Energía Eléctrica.			MODELO: 125 KW

## DATOS GENERALES

(Pm) Precio de la maquina \$ 90'000,000.00	(Fo) Factor de operacion 0.80
(VII) Valor de las llantas \$	(Hop) Potencia de operacion 166 HP
(Va) Valor de adquisicion \$ 90'000,000.00	(Hvll) Vida de las llantas 7 Horas
(Vr) Valor de rescate 10 % Va \$ 9'000,000.00	(l) Cambio de lubricante 200 Horas
(Vd) Valor a depreciar \$ 81'000,000.00	(C) Capacidad del crter 4 Lts.
(Ve) Vida economica 10,000 Horas	(c') Factor de combustible: 0.1514 Diesel; 0.2271 Gasolina
(i) Tasa de inversion anual 12 %	(al) Factor de lubricante: 0.00358 Diesel; 0.00307 Gasolina
(Ha) Horas efectivas por año 2,000 Horas	(Pc) Precio de combustible: 582 Diesel; Gasolina
(s) Prima de seguro 2 % Anual	(Pl) Precio de lubricante: 4,818 Diesel; Gasolina
(Q) Mantenimiento 80 %	(Dih) Dias laborados al año 289.25 Dias
(Hp) Motor DIESEL Potencia Nominal 207 Hp	(H) Horas de la jornada 6.91 Horas

## CARGOS

## FIJOS

## COSTO

DEPRECIACION	$D = (Va - Vr) / Ve = (90'000 - 9'000) / 10,000$	\$ 8.100
INVERSION	$I = (Va + Vr) i / 2 Ha = (90'000 + 9'000) 0.12 / 4,000$	2,920
SEGUROS	$S = (Va + Vr) s / 2 Ha = (90'000 + 9'000) 0.02 / 4,000$	495
MANTENIMIENTO	$T = Q * D = (0.80) (8.100)$	6,480
SUMA		\$ 17,995

## CONSUMOS

COMBUSTIBLE	$CCM = c' * A * Hop * Pc = (0.1514) (166) (582)$	14,627
ACEITE DE MOTOR	$AMO = [(C/I) * (al * Hop)] * Pl = (0.61428) (4,818)$	2,960
OTRAS FUENTES DE ENERGIA		
LLANTAS	$= VII / HVll *$	
SUMA		\$ 17,587

## OPERACION

CATEGORIA	SALARIO REAL	CANTIDAD	IMPORTE
a) Operador	32,063	1	32,063
b) Ayudante General	26,399	1	52,798
c) Cabo	31,918	0.10	3,192
CARGOS			
SUMA So			\$ 93,347
Si Ha > 1600 Hrs :	$S = So (LILA) / Ha = (93,347) (289.25) / 2,000$		13,500
Si Ha ≤ 1600 Hrs :	$S = So / H$		
SUMA			\$ 13,500

## COSTO DIRECTO POR HORA ACTIVA

TOTAL \$ 49,084

## COSTO DIRECTO POR HORA INACTIVA

TOTAL \$ 25,015

TESIS PROFESIONAL  JAVIER GONZALEZ S.	ANEXO ANALISIS DE COSTO HORA MAQUINA		FORMA "a"	NOVA 07
	DEPENDENCIA CONVOCANTE : _____	CONCURSANTE : _____		
	CONCURSO No. : _____	FIRMA : _____		
	OBRA : _____	NOMBRE : _____		
FECHA : _____	CARGO : _____			
DESCRIPCION DE LA MAQUINA : Martillo Demoledor con Extensión				MODELO : 1134

## DATOS GENERALES

(I) Precio de la maquina \$ 7.500,000.00	(Fa) Factor de operacion 0.75
(VII) Valor de las llantas \$ -	(Hop) Potencia de operacion - HP
(Va) Valor de adquisicion \$ 7.500,000.00	(Hvii) Vida de las llantas - Horas
(Vr) Valor de rescate 10 % Va \$ 750,000.00	(I) Cambio de lubricante - Horas
(Vd) Valor a depreciar \$ 6.750,000.00	(C) Capacidad del ciler - Lts.
(Ve) Vida economica 4,000 Horas	(C') Factor de combustible : 0.1514 Diesel, 0.2271 Gasolina
(I) Tasa de inversion anual 12 %	(al) Factor de lubricante : 0.00358 Diesel, 0.00307 Gasolina
(Ha) Horas efectivas por año 1,000 Horas	(Pc) Precio de combustible : Diesel, Gasolina
(s) Prima de seguro 2 % Anual	(Pl) Precio de lubricante : Diesel, Gasolina
(Q) Mantenimiento 90 %	(Din) Dias laborados al año 289.25 Dias
(Hp) Motor Eléctrico Potencia Nominal - Hp	(H) Horas de la jornada 6.91 Horas

## CARGOS

## FIJOS

## COSTO

DEPRECIACION	$D = (Va - Vr) / Ve = (7.500,000 - 750,000) / 4,000$	2,062
INVERSION	$I = (Va + Vr) / 2 Ha = (7.500,000 + 750,000) / 2,000$	495
SEGUROS	$S = (Va + Vr) s / 2 Ha = (7.500,000 + 750,000) 0,02 / 2,000$	82
MANTENIMIENTO	$T = Q \cdot F \cdot D = (0.90) (2,062)$	1,856
	<b>SUMA</b>	<b>4,495</b>

## CONSUMOS

COMBUSTIBLE	$CCM = c' \cdot A \cdot Hop \cdot Pc =$	
ACEITE DE MOTOR	$AMD = ((C/I) + (al \cdot Hop)) Pl =$	
OTRAS FUENTES DE ENERGIA		
LLANTAS	$= VII / HVII =$	
	<b>SUMA</b>	

## OPERACION

CATEGORIA	SALARIO REAL	CANTIDAD	IMPORTE
a) Operador	30,904	1	30,904
b) Ayudante General	26,399	1	26,399
c) Cabo	31,918	0.10	3,192
	<b>CARGOS</b>	<b>SUMA So.</b>	<b>60,495</b>
Si $Ha > 1600$ Hra : $S = So (CILA) / Ha =$			
Si $Ha \leq 1600$ Hra : $S = So / H =$	(60,495/6.91)		8,755
	<b>SUMA</b>		<b>8,755</b>

COSTO DIRECTO POR HORA ACTIVA	TOTAL	13,250
COSTO DIRECTO POR HORA INACTIVA	TOTAL	11,394

TESIS PROFESIONAL	ANEXO ANALISIS DE COSTO MAQUINA		FOLIA	HORA
	DEPENDENCIA CONVOCANTE : _____		CONCURSANTE : _____	
	CONCURSO No. : _____		FIRMA : _____	
	OBRA : _____		NOMBRE : _____	
JAVIER GONZALEZ S.	FECHA : _____		CARGO : _____	
DESCRIPCION DE LA MAQUINA : <u>Planta Dosificadora</u>				
MODELO :				

## DATOS GENERALES

(Pn) Precio de la maquina \$ 235'000,000.00	(Fo) Factor de operacion 0.80
(Vii) Valor de las llantas \$ _____	(Hop) Potencia de operacion 52 HP
(Va) Valor de adquisicion \$ 235'000,000.00	(Hvii) Vida de las llantas _____ Horas
(Vr) Valor de rescate 10 % Vn \$ 23'500,000.00	(l) Cambio de lubricante _____ Horas
(Vd) Valor a depreciar \$ 211'500,000.00	(C) Capacidad del carter _____ Lts.
(Ve) Vida economica 8,000 Horas	(c') Factor de combustible : 0.1514 Diesel; 0.2271 Gasolina
(i) Tasa de inversion anual 12 %	(al) Factor de lubricante : 0.00358 Diesel; 0.00307 Gasolina
(Ha) Horas efectivas por año 2,000 Horas	(Pc) Precio de combustible : _____ Diesel; _____ Gasolina
(s) Prima de seguro 2 % Anual	(Pl) Precio de lubricante : _____ Diesel; _____ Gasolina
(Q) Mantenimiento 80 %	(Din) Dias laborados al año 289.25 Dias
(Hp) Motor <u>Eléctrico</u> Potencia Nominal 65 Hp	(H) Horas de la jornada 6.91 Horas

## CARGOS

## FIJOS

## COSTO

DEPRECIACION	$D = (V_a - V_r) / V_e = (235'000 - 23'500) / 8,000$	26.937
INVERSION	$I = (V_a + V_r) / 2 H_a = (235'000 + 23'500) / 0.12 / 4,000$	7,755
SEGUROS	$S = (V_a + V_r) s / 2 H_a = (235'000 + 23'500) 0.02 / 4,000$	1,292
MANTENIMIENTO	$T = Q \cdot P \cdot D = (0.80) (26,437)$	21,150
	SUMA	56,634

## CONSUMOS

COMBUSTIBLE	$CCM = c' \cdot X \cdot Hop \cdot Pc =$	
ACEITE DE MOTOR	$AMO = [(C/1) + (al \cdot Hop)] Pl =$	
OTRAS FUENTES DE ENERGIA		
LLANTAS	$VII / HVII =$	
	SUMA	\$

## OPERACION

CATEGORIA	SALARIO REAL	CANTIDAD	IMPORTE	
a) Operador	32,063	1	32,063	
b) Ayudante General	26,399	4	105,596	
c) Cabo	31,918	0.25	7,979	
		SUMA Sols	\$ 145,638	
$S_1 H_a > 1600 H_a :$	$S = S_1 (LILA) / H_a =$	$(145,638) (289.25) / 2,000$	21,063	
$S_1 H_a \leq 1600 H_a :$	$S = S_2 / H =$			
	SUMA		\$ 21,063	

COSTO DIRECTO POR HORA ACTIVA	TOTAL	\$ 77,697
COSTO DIRECTO POR HORA INACTIVA	TOTAL	\$ 56,547

**VI.5 INTEGRACION DE PRECIOS UNITARIOS.****01 PERFORACION DE LUMBRERAS.**

01.1 PERFORACION MECANICA DE LUMBRERAS Ø 90 CM.

01.2 PERFORACION MANUAL DE LUMBRERAS 1.00 X 1.20 M.

**02 RELLENOS.**

02.1 RELLENO COMPACTADO 70-80% P.E. "R.C."

02.2 RELLENO MASIVO CON COSTALERAS "R.M.C."

02.3 SUMINISTROS, DOSIFICACION, TRANSPORTE Y VACIADO DE MEZCLA.

**03 ACARREOS.**

03.1 ACARREO DE MATERIAL PARA EL "R.C."

03.2 ACARREO DE MATERIAL PARA EL "R.M.C."

**04 CONSTRUCCION DE MUROS.**

04.1 CONSTRUCCION DE MURO DE MAMPOSTERIA.

TESIS PROFESIONAL  JAVIER GONZALEZ S.	ANEXO: ANALISIS DE PRECIO UNITARIO "01.1"		FORMA _____	ROJA: _____ DE: _____
	DEPENDENCIA CONVOCANTE: _____		CONCURSANTE: _____	
	CONCURSO N° _____		FIRMA _____	
	OBRA _____		NOMBRE _____	
	FECHA _____		CARGO _____	

**CONCEPTO** Perforación Mecánica de Ø 90 cm. **UNIDAD** M.L.

MATERIALES	RENDIMIENTO	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO	IMPORTE
Agua	-	L.T	50	20	1,000

**SUMA DE MATERIALES**      \$ 1,000

MANO DE OBRA	RENDIMIENTO	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO	IMPORTE
Peón	1.00	Jor.	1	22,314	22,314
Cabo	1.00	Jor.	0.03	31,918	1,596

**SUMA DE MANO DE OBRA**      \$ 23,910

MAQUINARIA, EQUIPO Y HERRAMIENTA	RENDIMIENTO	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO	IMPORTE
Máquina Perforadora	0.50	Hora	2.0	87,377	174,754
Herramienta 3% M.O.		0/0	0.03	23,910	717

**SUMA DE MAQ., EQUIPO Y HERRAMIENTA**      \$ 175,471

**OBSERVACIONES**

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

RESUMEN		
COSTO DIRECTO		\$ 200,381
COSTO INDIRECTO 21 %		\$ 42,080
FINANCIAMIENTO 0 %		\$ 000
UTILIDAD 10 %		\$ 20,038
PRECIO UNITARIO		\$ 262,499

<b>TESIS PROFESIONAL</b>  <b>JAVIER GONZALEZ S.</b>	<b>ANEXO: ANALISIS DE PRECIO UNITARIO "01.2"</b>		<b>FORMA</b>	<b>HOJA:</b>
	DEPENDENCIA CONVOCANTE: _____		CONCURSANTE: _____	
	CONCURSO N° _____		FIRMA _____	
	OBRA _____		NOMBRE _____	
	FECHA _____		CARGO _____	

**CONCEPTO** Perforación Manual de 1.00 X 1.20 M. **UNIDAD** M.L.

MATERIALES	DESPERDIO	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO	IMPORTE
Agua	-	LT	80	20	1,600

**SUMA DE MATERIALES** \$ 1,600

MANO DE OBRA	RENDIMIENTO	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO	IMPORTE
Oficial Albañil	1.00	Jor	1	31,918	31,918
Ayudante General	1.00	Jor	1	26,399	26,399
Peón	0.25	Jor	4	22,314	89,256
Cabo	1.00	Jor	0.30	31,918	9,575

**SUMA DE MANO DE OBRA** \$ 157,148

MAQUINARIA, EQUIPO Y HERRAMIENTA	RENDIMIENTO	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO	IMPORTE
Martillo Demoledor	0.25	Hora	4	17,750	71,000
Herramienta Menor 3% M.O.		%	0.03	157,148	4,714
Equipo de Seguridad 3% M.O.		%	0.03	157,148	4,714

**SUMA DE MAQ., EQUIPO Y HERRAMIENTA** \$ 62,428

**OBSERVACIONES**


RESUMEN	
COSTO DIRECTO	\$ 221,176
COSTO INDIRECTO 21 %	\$ 46,447
FINANCIAMIENTO 0 %	\$ 000
UTILIDAD 10 %	\$ 22,118
PRECIO UNITARIO	\$ 289,741





<b>TESIS PROFESIONAL</b>  <b>JAVIER GONZALEZ S.</b>	<b>ANEXO: ANALISIS DE PRECIO UNITARIO "02.2"</b>		<b>FORMA</b>	<b>HOJA:</b> <b>DE:</b>
	<b>DEPENDENCIA CONVOCANTE:</b> _____		<b>CONCURSANTE:</b> _____	
	<b>CONCURSO N°</b> _____		<b>FIRMA</b>	
	<b>OBRA</b> _____		<b>NOMBRE</b> _____	
	<b>FECHA</b> _____		<b>CARGO</b> _____	

**CONCEPTO** Relleno Masivo con Costaleras **UNIDAD** M3.

MATERIALES	DESPENDEO	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO	IMPORTE
Toba	3%	M3.	1.10	28,000	30,800
Agua	-	LT.	20	20	400
Costal	-	Pza	14.29	650	9,285
Alambre Recocido	-	Kg.	0.575	2,500	187

**SUMA DE MATERIALES** \$ 40,675

MANO DE OBRA	RENDIMIENTO	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO	IMPORTE
Oficial Albañil	6	Jor.	0.167	31,918	5,330
Ayudante General	6	Jor.	0.167	26,399	4,409
Peón	6	Jor.	0.333	22,314	7,431
Cabo	6	Jor.	0.200	31,918	6,384

**SUMA DE MANO DE OBRA** \$ 23,554

MAQUINARIA, EQUIPO Y HERRAMIENTA	RENDIMIENTO	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO	IMPORTE
Iluminación y Equipo de Seguridad %M.C	-	%	0.05	23,554	1,178
Herramienta 3% M.O.	-	%	0.03	23,554	707

**SUMA DE MAQ., EQUIPO Y HERRAMIENTA** \$ 1,885

**OBSERVACIONES**


**RESUMEN**

<b>COSTO DIRECTO</b>	\$	66,114
<b>COSTO INDIRECTO 21%</b>	\$	13,883
<b>FINANCIAMIENTO 0%</b>	\$	000
<b>UTILIDAD 10%</b>	\$	6,611
<b>PRECIO UNITARIO</b>	\$	86,608

<b>TESIS PROFESIONAL</b>  <b>JAVIER GONZALEZ S.</b>	<b>ANEXO: ANALISIS DE PRECIO UNITARIO</b> "02.3"		FORMA _____	INICIAL DEL _____
	DEPENDENCIA CONVOCANTE: _____		CONCURSANTE: _____	
	CONCURSO N° _____		FIRMA _____	
	OBRA _____		NOMBRE _____	
	FECHA _____		CARGO _____	

**CONCEPTO** Elaboración, Transporte y Vaciado de Mezcla **UNIDAD** M3.

MATERIALES	DESPENSA	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO	IMPORTE
Agua	-	LT.	583	20	11,660
Cemento	5%	Kg.	149	345	51,405
Bentonita	5%	Kg.	30	310	9,300
Toba	5%	M3.	0.673	45,000	30,285

**SUMA DE MATERIALES** \$ 102,650

MANO DE OBRA	RENDIMIENTO	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO	IMPORTE
Ayudante General	56	Jor.	0.036	26,399	950
Peón	56	Jor.	0.071	22,314	1,584
Cabo	56	Jor.	0.300	31,918	9,575

**SUMA DE MANO DE OBRA** \$ 12,109

MAQUINARIA, EQUIPO Y HERRAMIENTA	RENDIMIENTO	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO	IMPORTE
Planta Dosificadora	8	Hora	0.125	77,697	9,712
Cargador Frontal	8	Hora	0.125	61,048	7,631
Planta de Energía Eléctrica	8	Hora	0.125	49,084	6,133
Tracto Camión Revolveradora Biconica	8	Hora	0.125	86,137	10,767
Iluminación y Equipo de Seguridad %M.O.	-	%	0.03	5,949	297
Herramienta 3% M.O.	-	%	0.03	3,949	178

**SUMA DE MAQ., EQUIPO Y HERRAMIENTA** \$ 34,720

**OBSERVACIONES**


RESUMEN		
COSTO DIRECTO		\$ 149,479
COSTO INDIRECTO	21%	\$ 31,391
FINANCIAMIENTO	0%	\$ 000
UTILIDAD	10%	\$ 14,948
PRECIO UNITARIO		\$ 195,818

<b>TESIS PROFESIONAL</b>  <b>JAVIER GONZALEZ S.</b>	<b>ANEXO: ANALISIS DE PRECIO UNITARIO</b>		FORMA "03.1"	HOJA: _____
	DEPENDENCIA CONVOCANTE: _____		CONCURSANTE: _____	
	CONCURSO N° _____		FIRMA _____	
	OBRA _____		NOMBRE _____	
	FECHA _____		CARGO _____	

**CONCEPTO** Acarreo en Carretilla Est. Subsecuentes **RC** **UNIDAD** M3.

MATERIALES	RENDIMIENTO	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO	IMPORTE
<b>SUMA DE MATERIALES</b>					<b>\$</b>
MANO DE OBRA	RENDIMIENTO	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO	IMPORTE
Peón	7.7	Jor.	0.286	22,314	6,382
Cabo	0.05	Jor.	0.190	31,918	3,192
<b>SUMA DE MANO DE OBRA</b>					<b>\$ 9,574</b>
MAQUINARIA, EQUIPO Y HERRAMIENTA	RENDIMIENTO	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO	IMPORTE
Herramienta 3% M.O.	-	%	0.03	9,574	287
Iluminación y Eq. de Seguridad 5% M.O.	-	%	0.05	9,574	479
<b>SUMA DE MAQ., EQUIPO Y HERRAMIENTA</b>					<b>\$ 766</b>
<b>OBSERVACIONES</b>	<b>R E S U M E N</b>				
	COSTO DIRECTO			\$	10,340
	COSTO INDIRECTO	21%		\$	2,171
	FINANCIAMIENTO	0%		\$	000
	UTILIDAD	10%		\$	1,034
	PRECIO UNITARIO			\$	13,545

<b>TESIS PROFESIONAL</b>  <b>JAVIER GONZALEZ S.</b>	<b>ANEXO: ANALISIS DE PRECIO UNITARIO</b> "03.2"		<b>FORMA</b>	<b>HOJA:</b>
	DEPENDENCIA CONVOCANTE: _____		CONCURSANTE: _____	
	CONCURSO N° _____		FIRMA	
	OBRA _____		NOMBRE _____	
	FECHA _____		CARGO _____	

**CONCEPTO** Acarreo en Carretilla Est. Subsecuentes R.M.C. **UNIDAD** M3.

MATERIALES	DESPENSO	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO	IMPORTE

**SUMA DE MATERIALES**

\$

MANO DE OBRA	RENDIMIENTO	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO	IMPORTE
Peón	8.0	Jor.	0.250	22,314	5,579
Cabo	0.05	Jor.	0.100	31,918	3,192

**SUMA DE MANO DE OBRA**

\$

8,771

MAQUINARIA, EQUIPO Y HERRAMIENTA	RENDIMIENTO	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO	IMPORTE
Herramienta 3% M.O.	-	%	0.03	8,771	263
Iluminación y Eq. de Seg. 5% M.O.	-	%	0.05	8,771	439

**SUMA DE MAQ., EQUIPO Y HERRAMIENTA**

\$

702

**OBSERVACIONES**


**RESUMEN**

COSTO DIRECTO	\$	9,473
COSTO INDIRECTO 21 %	\$	1,989
FINANCIAMIENTO %	\$	000
UTILIDAD 10 %	\$	947
PRECIO UNITARIO	\$	12,409

<b>TESIS PROFESIONAL</b>  <b>JAVIER GONZALEZ S.</b>	<b>ANEXO: ANALISIS DE PRECIO UNITARIO</b> "04.1"		<b>FORMA</b>	<b>HOJA:</b>
	<b>DEPENDENCIA CONVOCANTE:</b> _____		<b>CONCURSANTE:</b> _____	
	<b>CONCURSO N°</b> _____		<b>FIRMA</b>	
	<b>OBRA</b> _____		<b>NOMBRE</b> _____	
	<b>FECHA</b> _____		<b>CARGO</b> _____	

**CONCEPTO** Construcción de Muro de Mampostería **UNIDAD** M3

MATERIALES	DESPENSO	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO	IMPORTE
Piedra Brasa	50%	M3.	1.5	60,000	90,000
Cemento	5%	Kg.	57	345	30,015
Arena	3%	M3.	0.426	50,000	21,300
Agua	3%	LT.	57	20	1,740

**SUMA DE MATERIALES** \$ 143,055

MANO DE OBRA	RENDIMIENTO	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO	IMPORTE
Oficial Albañil	1.5	Jor.	0.667	31,918	21,289
Ayudante	1.5	Jor.	0.667	26,399	17,608
Peón	1.5	Jor.	2.667	22,314	59,511
Cabo	1.5	Jor.	0.200	31,918	6,384

**SUMA DE MANO DE OBRA** \$ 104,792

MAQUINARIA, EQUIPO Y HERRAMIENTA	RENDIMIENTO	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO	IMPORTE
Herramienta 3% M.O.	-	%	0.03	104,792	3,144
Iluminación y Eq. de Seg. 5% M.O.	-	%	0.05	104,792	5,240

**SUMA DE MAQ., EQUIPO Y HERRAMIENTA** \$ 8,384

**OBSERVACIONES**


**RESUMEN**

<b>COSTO DIRECTO</b>	\$	256,231
<b>COSTO INDIRECTO 21 %</b>	\$	53,808
<b>FINANCIAMIENTO 0 %</b>	\$	000
<b>UTILIDAD 10 %</b>	\$	25,623
<b>PRECIO UNITARIO</b>	\$	335,662

**VI.6 CATALOGO DE CONCEPTOS, INTEGRACION DEL  
PRESUPUESTO Y PLANO "PLANTA DE LA CAVIDAD".**

ESTA TESIS NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA

79

<p><b>TESIS PROFESIONAL</b></p> <p><b>JAVIER GONZALEZ SANCHEZ.</b></p>	<p><b>ANEXO: CATALOGO DE CONCEPTOS "1/2"</b></p> <p>FORMA: _____</p> <p>FECHA: _____</p>
<p>DEPENDENCIA CONVOCANTE: _____</p> <p>CONCURSOS: _____</p> <p>OBRA: _____</p> <p>FECHA: _____</p>	<p>CONCURSANTE: _____</p> <p>FIRMA: _____</p> <p>NOMBRE: _____</p> <p>CARGO: _____</p>

CLAVE	CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	IMPORTE
01	PERFORACION DE LUMBRERAS				
01.1	Perforación de Lumbreras de Ø 90 cms., incluye relleno posterior con material producto de excavación.	M.L.	20	262,499	5'499,980.00
01.2	Perforación de lumbreras de 1.0 x 1.2 M., en forma manual, empleando rompedora de concreto portátil o similar.	M.L.	23	289,741	6'664,643.00
02	RELLENOS.				
02.1	Relleno compactado al 70-80% P.F., empleando tuba y pison manual, tendido en capas de 15 a 20 cms., previamente humedecido, incluyen traspaleos, carga, descarga y acarreo libre a 20 M.	M3.	2,800	72,605	203'294,900.00
02.2	Relleno masivo de costaleras con topetate, incluye suministro, traspaleos, amarres, carga, descarga, acarreo libre a 20 M., y confinamiento.	M3.	180	86,668	15'589,440.00
02.3	Suministros, dosificación, mezclada, transporte, vaciado y conducción de mezcla.	M3.	1,335	195,818	261'417,939.00
OBSERVACIONES: Los conceptos son según especificaciones					
<b>IMPORTE TOTAL CON LETRA:</b>					<b>TOTAL \$ 492'214,493.00</b>





## **CAPITULO VII CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.**

## VII CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

### VII.1 INTRODUCCION.

Mediante el desarrollo de los capítulos anteriormente expuestos, se puede poner de relieve la importancia del presente trabajo, así como la problemática y grado de peligro a la que se encuentran expuestas las diversas edificaciones desplantadas en la zona poniente de la Ciudad de México y por ende a sus moradores y transeúntes.

Por tal motivo y dado que se torna difícil de predecir la incidencia del fallamiento de las bóvedas y pilares de las cavidades, mismas que se incrementan en gran escala con la presencia de agua y diversos agentes atmosféricos, así como -- también de las cargas transmitidas por las estructuras y del tránsito de vehículos, es de vital importancia tomar las acciones pertinentes para estudiar y estabilizar -- el subsuelo en esas zonas, con lo cual se evitarán a futuro pérdidas de vidas humanas y daños materiales.

### VII.2 CONCLUSIONES.

Dadas las características geotécnicas, ubicación topográfica y espesor reducido de bóveda que presenta la cavidad contemplada en el presente trabajo, me permití elegir el Método "C", con el cual se estabiliza totalmente y en forma permanente el subsuelo, estructuras desplantadas en la superficie, obras de servicios públicos, moradores del área de influencia del desarrollo de la cavidad y por ende a los -- transeúntes de la zona, sin embargo, para poder lograr todo esto, se requiere de una fuerte inversión financiera, misma que esta plenamente justificada tomando en cuenta que es para siempre, por tal motivo, este método no es el más barato pero si el más económico, ya que otros métodos requieren de mantenimiento constante -- y por lo tanto a futuro pudiese rebasar o igualar la inversión del Método "C" y -- además persistirá la oquedad en el subsuelo.

### VII.3 RECOMENDACIONES.

De acuerdo a lo anteriormente expuesto y a el alto grado de peligro que representan las cavidades explotadas en la zona poniente de la Ciudad de México, así como sus circunvecinas en el Estado de México, es de suma importancia efectuar --

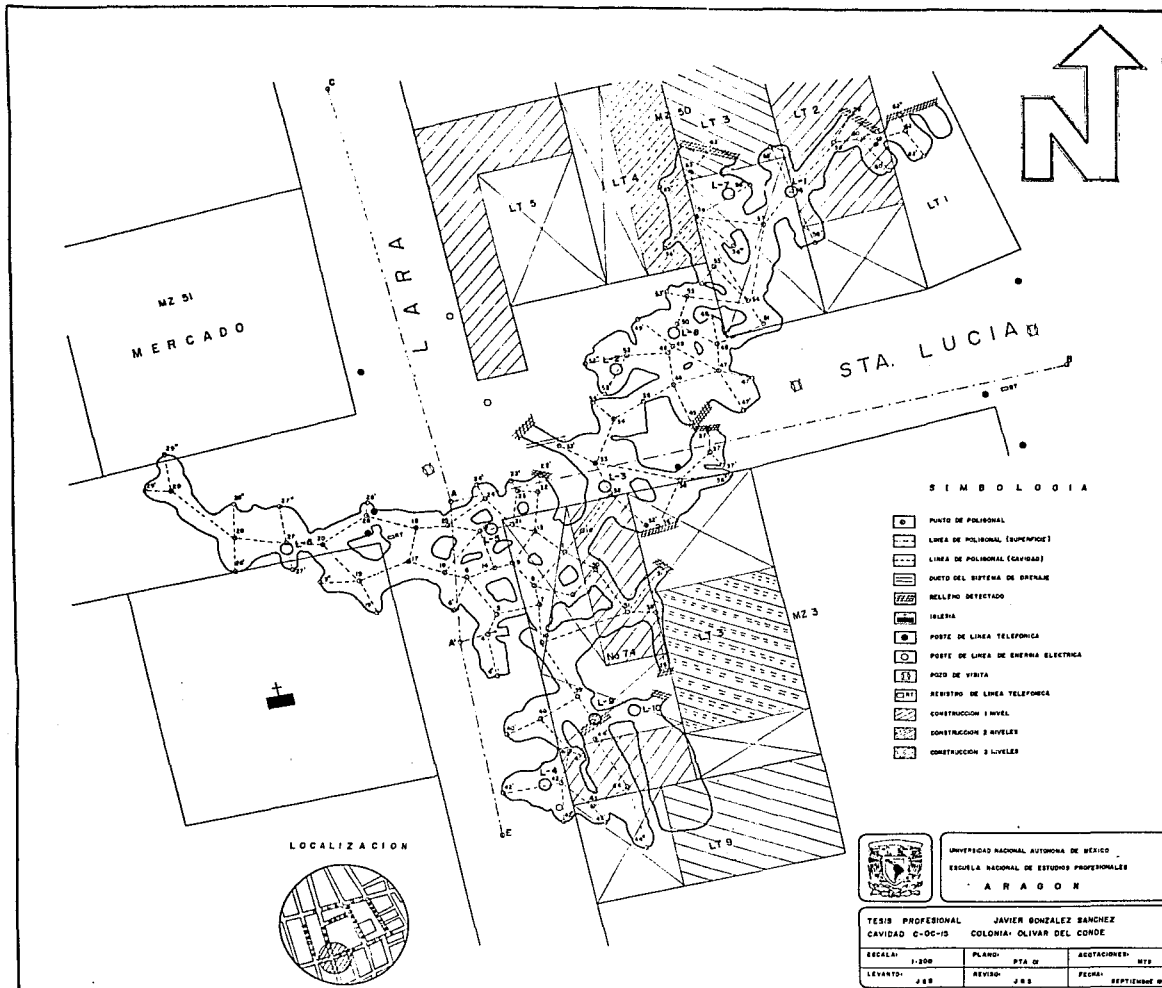
los estudios pertinentes a cada caso y programar su estabilización acordes al mismo, con la finalidad de eliminar las inestabilidades que a futuro pudiesen presentarse en áreas ya construídas, así como también llevar a cabo dichos estudios en zonas próximas a edificarse con el mismo propósito y las que no cumplan con los mismos, restringirles la licencia de construcción respectiva y en su caso cancelar selas hasta no cumplir con el Reglamento de Construcciones del Distrito Federal vigente, acción que involucra directamente a las delegaciones políticas respectivas, colegio de Ingenieros Civiles y al colegio de Arquitectos, facultados para -- tal fin.

Finalmente, el presente trabajo esta enfocado para crear conciencia en el medio ingenieril, con la firme intención de evitar hacer caso omiso de la presencia de cavidades en el subsuelo y que a la postre repercutirá directamente en la estabilidad de las edificaciones desplantadas en la superficie, además otro aspecto muy importante que cabe hacer mención es el de los rellenos tanto heterogéneos como sanitarios, mismos que se tornan con igual similitud al de cavidades, pero que estos tienden a fallar en masa, para lo cual se deberá impedir incondicionalmente el uso habitacional.

**ANEXO I "PLANOS".**







SIMBOLOGIA

- PUNTO DE POLIGONAL
- LINEA DE POLIGONAL (SUPERFICIE)
- LINEA DE POLIGONAL (CERVIDA)
- DIBUJO DEL SISTEMA DE DRENALJE
- ▨ BIELLO DE INTERVADO
- ISLETA
- POSTE DE LINEA TELEFONICA
- POSTE DE LINEA DE ENERGIA ELECTRICA
- POLD DE VIRTA
- REGISTRO DE LINEA TELEFONICA
- ▨ CONSTRUCCION 1 NIVEL
- ▨ CONSTRUCCION 2 NIVELES
- ▨ CONSTRUCCION 3 NIVELES



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
 ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES  
 ARAGÓN

TESIS PROFESIONAL		JAVIER GONZALEZ BANCHEZ	
CAVIDAD C-00-015		COLONIA OLIVAR DEL CONDO	
ESCALA:	1:500	PLANO:	STA 01
LEVANTO:	1988	REVISO:	1988
		ADSTACION:	MTZ
		FECHA:	SEPTIEMBRE 89

## **A N E X O II " REPORTE FOTOGRAFICO ".**





Foto 01; Se aprecia la altura alcanzada por la explotación subterránea, así como al fondo, un ramal de pequeñas dimensiones al cual concurren los flujos de aguas residuales.

Foto 02; Notesé las dimensiones del túnel excavado, así como la magnitud del bloque colapsado de la bóveda rodado de una zona próxima.



Foto 03; En este ramal se han presentado los fenómenos de migración y desprendimiento de bóveda en bloques.

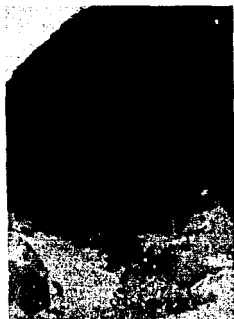


Foto 04: Caverna que presenta dos niveles de explotación, donde se han presentado la migración y colapsos parciales de bóveda.



Foto 05: Al igual que en la fotografía descrita anteriormente se ha sucedido el fenómeno de migración.



Foto 06; Levantamiento topográfico que se lleva a cabo, registrando además las características geotécnicas y rasgos geológicos.

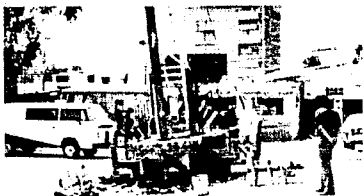


Foto 07; Maquinaria y equipo de perforación en proceso de una lumbreira programada de acuerdo al proyecto.



Foto 08; Lumbreira concluída, por donde se suministrarán los materiales para la regeneración en función de los métodos elegidos.



Foto 09; Suministro de toba con tiro directo en la lumbreira, para el relleno compactado.



Foto 10; Verificación del relleno com  
pactado.



Foto 11; Vaciado de mezcla en  
forma directa por una lumbrera,  
localizada y programada en una  
lateral de una vialidad principal  
de la zona.



Foto 12; Unidad mezcladora descargan  
do directamente por la lumbrera.



Foto 13; Conducción de mezcla hacia la lumbrera, - misma que fue perforada en el interior de un predio.

Foto 14; Verificación del comportamiento de mezcla, en uno de los ramales que concurren a la lumbrera - donde se vacía la mezcla y fluye de acuerdo a lo programado.



Foto 15; Confinamiento de zonas y verificación del relleno de mezcla, donde el tirante mínimo excedente será cubierto por donde se esta supervisando.



Foto 16; Introducción de la tubería que será utilizada para bombear la mezcla; método utilizado por no ser posible evitar este concepto.

Foto 17; Trabajos requeridos para -- garantizar el relleno de túneles dis- tantes y topográficamente altos, -- donde fue preciso utilizar el bombeo.



Foto 18; Ranuración de bóveda, so- porte de la tubería y confinamiento- "tapón" para cubrir totalmente los ti- rantes altos y que presentan pendien- tes inversas al flujo de mezcla.



Foto 19; Flujo de mezcla a través de la tubería de la bomba, se apreciaba además la limitación de la zona mediante la colocación de muros.



Foto 20; Verificación del cubrimiento paulatino de un ramal.



Foto 21; Desbordamiento de mezcla bombeada desde la superficie.

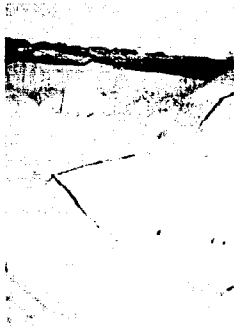


Foto 22; Muestra fiel de que se ha cubierto totalmente el tirante de la cavidad.

Foto 23; Supervisión de la primer etapa de confinamiento de zonas.



Foto 24; Obturación de un barreno de inyección, el cual no logró el objetivo de regeneración, llevado a cabo en la década de los 70's.





Foto 25; Otro barreno que no funcionó debido a la deficiencia del método utilizado en el pasado.

Foto 26; Flujo de mezcla proveniente de un barreno donde fue inyectada la mezcla dosificada y que al obtenerse no se logró el objetivo trazado.



Foto 27; Detalle del escurrimiento de mezcla inyectada, y comentada desde la fotografía número 24, con lo cual se comprobó que el método no fue el apropiado y que a la postre se regeneró de forma idéntica al presentado en el Capítulo VI en el año de 1991.

## G L O S A R I O .

**ABANICO VOLCANICO;** Depósito de material que tiene forma de abánico.

**ACUÑAMIENTO;** Efecto de acuñarse el filón o la capa del terreno, o sea, irse estrechando, a veces hasta desaparecer según su longitud o profundidad.

**ADEME;** Tubo de recubrimiento para sustentar una excavación.

**AGLOMERADO;** Roca compuesta de elementos de distinta naturaleza y tamaño, por lo general redondeados y unidos por un cementante calizo o arcilloso.

**ALUVION;** Material producto de la intemperización de las rocas, el cual ha sido transportado del lugar de origen.

**ANDESITA;** Roca ígnea de grano fino sin cuarzo o sin ortoclasa, color gris azulado, y puede variar su tonalidad según su composición intermedia. Es importante en la formación de lavas, posiblemente derivado de un magma basáltico por cristalización fraccionada.

**ARCILLA;** Geologicamente son silicatos hidratados finamente cristalinos, que se forman como resultado del intemperismo de los silicatos minerales. Atendiendo a su granulometría, su tamaño está del orden de  $1/256$  mm.

**AVALANCHA;** Masa que arroja lo que encuentra a su paso.

**BARRENO;** Orificio hecho mecánicamente con una perforadora cuyo diámetro sea mayor o igual a 4".

**BASALTO;** Roca ígnea de color oscuro, con vesículas y textura anafíptica, formada por minerales ferromagnesianos, feldespatos y olivino.

**BOCAMINA;** Acceso a una explotación subterránea, la cual por lo general se localiza en laderas.

**BOVEDA;** Espacio comprendido entre dos o más muros o pilares.

**BRECHA;** Roca sedimentaria clástica formada por fragmentos angulares de tamaño tal que un porcentaje apreciable del volumen de la roca, consiste de partículas de granulo a más grandes.

**CALDERA;** Depresión volcánica burdamente circular, de paredes interiores --

abruptas, cuyo diámetro es cuando menos 3 ó 4 veces mayor que su profundidad. Comunmente esta en la cima de un volcán.

**CALICHE;** Acumulación blanquecina de carbonato de calcio en el perfil del suelo.

**CAMELLON;** Bordo longitudinal de tierra en estado suelto.

**CAVERNA;** Concavidad subterránea y profunda, originada por el flujo de gases y altas presiones de forma natural, generalmente se encuentra conformada -- por basalto y espuma volcánica.

**CAVIDAD;** Escavación subterránea hecha por el hombre.

**CEMENTACION;** Acción y efecto de cementarse los huecos de una roca clásica con una sustancia que los une y trabaja, cuando se consolida y lapidifica el conjunto.

**CENIZA;** Fragmentos en forma de escama de 0.25 a 25 milímetros, formados cuando el magma es arrojado al aire durante una erupción.

**CENIZA VOLCANICA;** Partícula piroclástica del tamaño de polvo, cuyo volumen es igual o inferior al de una esfera de 0.06 milímetros de diámetro.

**CLASTICA;** Roca formada por elementos más o menos grandes y aún como arena, procedentes de la destrucción de rocas más antiguas.

**CLAVE;** Parte central del arco de una bóveda.

**CONSOLIDACION;** Sinónimo de compactación con la diferencia que las fuerzas son debido al peso propio del material constitutivo.

**COLAPSO;** Caer, desprenderse.

**COLAPSO DE BOVEDA;** Desprendimiento en bloques del material constitutivo de una bóveda.

**COMPACTACION;** Reducción de volumen de un material, mediante la aplicación de fuerzas artificiales externas, para extraer el aire contenido en este.

**CONFINAR;** Limitación de áreas de influencia de dos o más zonas de ataque.

**CONGLOMERADO;** Roca sedimentaria detrítica formada de fragmentos más o menos redondeados de tamaño tal que un porcentaje apreciable del volumen de la roca, consiste de partículas del tamaño de gramo o más grande.

**CRATER;** Depresión o cuenca volcánica de paredes abruptas, burdamente circular, cuyo diámetro es menor que tres veces su profundidad. Comunmente ocupa la cima de un volcán. Contrasta con la caldera, en cuanto a su diámetro.

**CUARCITA;** Roca silicea, granujienta, astillosa y de lustre graso.

**DACITA;** Roca Cuarcifera.

**DELEZnable;** Poco durable, sin consistencia.

**DEPOSITO;** Roca que contiene minerales metálicos o no metálicos, en cantidad suficiente para ser explotados.

**DEPRESION;** Sinónimo de hundimiento.

**DERRUMBE;** Caer la roca de las paredes o los materiales de relleno.

**DESARROLLO;** Acción y efecto de desarrollarse, continuar.

**DESECACION;** Pérdida de agua por los poros de los sedimentos, debida a la consolidación, o a la evaporación causada por la exposición al aire.

**DETECTAR;** Hallar lo ignorado o escondido.

**DETRITICO;** Compuesto de detritos.

**DETRITOS;** Los restos que quedan del deterioro de rocas y vegetales.

**DISGREGAR;** Separar lo unido.

**ELECTRODO;** Cada uno de los elementos terminales de un circuito eléctrico, que sirven para introducir la corriente en el medio donde se ha de utilizar y para recogerla a la salida del mismo, siendo el anodo el que da la entrada y el catodo la salida.

**ENDORREICA;** Que no desagua al mar sino en lagunas interiores.

**EROSION;** Conjunto de procesos por medio de los cuales las rocas o suelos son disgregados, disueltos y transportados a otro lugar.

**ERUPCION VOLCANICA;** Emisión explosiva o quieta, de lava, materiales piroclásticos o gases volcánicos de 0 a la superficie de la tierra, generalmente por un volcán y rara vez por fisuras.

**EQUIDISTANCIA;** Igualdad de longitud entre varios puntos u objetivos.

**ESTRATIFICACION;** Disposición de las capas o estratos de un terreno.

**ESTRATIFORME;** Dispuesto en estratos.

**ESTRATIGRAFIA;** Parte de la geología que estudia la disposición y caracteres de las rocas estratificadas.

**ESTRATO;** Masa mineral en forma de capa, de espesor aproximadamente uníforme, que constituye los terrenos sedimentarios.

**EXPLORAR;** Reconocer, registrar, inquirir o averiguar un lugar.

**FALLA;** Superficie de ruptura de una roca, a lo largo de la cual ha habido movimiento diferencial.

**FELDESPATO;** Mineral de color blanco, amarillento o rojizo, con brillo resinoso o anacarado, poco menos duro que el cuarzo, y forma parte principal de muchas rocas.

**FENOCRISTAL;** Cada uno de los mayores cristales visibles a simple vista en las rocas porfídicas.

**FENOMENO;** Acontecimiento o proceso natural.

**FERROMAGNESIANO;** Nombre con el cual se denominan a las rocas, donde predominan los minerales de hierro y de magnesio. Constituyen una de las principales divisiones de las rocas, en cuanto a su distribución en la corteza terrestre.

**FILON;** Masa pétreo o metálica que rellena una antigua fractura de las diferentes rocas que están en contacto y a consecuencia de los fenómenos de metamorfismo que entre ellas tiene lugar.

**FORMACION;** Conjunto de rocas o terrenos, que son afines por datar de la misma época o por haberse formado en condiciones idénticas, y cuyos límites su-

perior e inferior, pueden reconocerse fácilmente.

**FOTOGRAMETRIA;** Conjunto de métodos que permiten hallar la forma, posición y dimensiones de un lugar, a partir de pares consecutivos de fotografías - áreas.

**GALERIA;** Camino subterráneo de las minas, el cual se hace por explotación subterránea.

**GEOFISICA;** Ciencia que basada en la física terrestre y en métodos matemáticos, estudia en cantidad y calidad fenómenos magnéticos y sísmicos y la estructura interior del planeta.

**GEOLOGÍA;** Ciencia que trata de la forma y composición exterior e interior del globo terrestre, y su evolución desde sus orígenes.

**GLOSARIO;** Catálogo o vocabulario de palabras desusadas o poco comunes.

**HIBRIDO;** Sinónimo de lahar; Depósito de material que contiene elementos de distinta naturaleza.

**HIPOGENICO, CA;** Se dice de los terrenos y rocas formados en el interior de la tierra.

**HIPOTESIS;** Suposición de una cosa.

**HORADAR;** Perforación subterránea.

**HORIZONTE;** Cada uno de los estratos que presentan iguales características litológicas y paleontológicas.

**HUNDIMIENTO;** Acción y efecto de hundirse.

**IGNEA;** Proceso petrogénico u otro fenómeno telurico producido con intervención de temperaturas elevadas.

**IGNIMBRITAS;** Roca formada por nubes ardientes a solidificarse sus cenizas volcánicas a altas temperaturas.

**INESTABILIDAD;** Calidad de inestable.

**INESTABLE;** No estable.

**INFILTRACION;** Absorción en el terreno, del agua que esta en la superficie.

**INFRAYACE;** Estrato localizado por debajo de otro superior..

**INTEMPERISMO;** Es la alteración de los materiales rocosos expuestos al aire, humedad, y a los efectos de la materia orgánica, así como a los cambios climatológicos.

**ISORESISTIVIDAD;** Material que presenta la misma resistencia.

**ISOTROPICO;** Cuerpo o material que presenta las mismas propiedades, sea - cualquiera la dirección en que se le considere.

**JUNTA;** Ruptura de una masa de roca en la que no ha habido movimiento relativo de las rocas colocadas en lados opuestos a la ruptura.

**LACUSTRE;** Perteneciente a los lagos.

**LADERA;** Declive de un monte o de una altura por sus lados.

**LAHAR;** Sinónimo de híbrido.

**LAPIDIFICACION;** Acción y efecto de lapidificarse o lapidificar.

**LAPIDIFICAR;** Convertir en piedra.

**LAVA;** Magma que ha escurrido sobre la superficie terrestre, o roca que se ha solidificado a partir del material original que es el magma, evacuado mediante una erupción volcánica.

**LENTICULAR;** Se dice de la capa de mineral cuyo espesor, relativamente pequeño, va menguando hacia los bordes.

**LITIFICACION;** Proceso mediante el cual los materiales rocosos sin consolidar adquieren un estado de consolidación o coherencia.

**LITOLOGIA;** Parte de la geología que estudia las rocas.

**LUMBRERA;** Pozo auxiliar o excavación de pequeñas dimensiones que sirve - en las minas para suministro de materiales, ventilación y acceso.

**MAGMA;** Masa mineral fluida a altísima temperatura, se haya en el seno de la corteza terrestre y del que se derivan las rocas hipogénicas.



**MANTO;** Veta o capa horizontal de un material de poco espesor.

**MATRIZ;** Roca en cuyo interior se ha formado un mineral.

**MENGUAR;** Disminuirse o irse consumiendo.

**METEORIZACION;** Proceso debido a la lluvia, por medio del cual las rocas que contienen feldespatos, cambian su composición a minerales arcillosos.

**METODO;** Modo de hacer o decir con orden una cosa.

**MIGRACION;** Movimiento de partículas que caen de la bóveda o muros de una cavidad.

**MINA;** Excavación subterránea que se hace para explotar un material.

**MORFOLOGIA;** Tratado o estudio de las formas del relieve del suelo.

**OBTURAR;** Tapar o cerrar una abertura.

**OQUEDAD;** Espacio que en un cuerpo sólido queda vacío.

**POMEZ;** Roca de color claro con gran cantidad de vesículas, ya que es formada por espuma volcánica, cuyo peso volumétrico es muy bajo, la cual no desarrolla ningún cristal debido a que se compone de vidrio volcánico.

**PORFIDITICO;** Término que se aplica a las rocas ígneas en las que los cristales más grandes, llamados fenocristales, quedan dispuestos en una matriz más fina que puede ser cristalina, vítrea o ambas.

**PROSPECCION;** Conjunto de observaciones y estudios que conducen al conocimiento de un mineral.

**PROSPECCION GEOFISICA;** Levantamiento de la estructura de las rocas por métodos de física experimental. Incluye mediciones de campo magnético, de la fuerza de gravedad, de las propiedades eléctricas, de la fuerza y velocidad de las ondas sísmicas, de la radiactividad y del flujo de calor.

**PEDALFER;** Suelo que se caracteriza por la acumulación de sales de hierro y aluminio en el horizonte. Las variedades de los pedalferes incluyen los suelos de color rojo y amarillo.

**PEDOCAL;** Suelo calcico propio de los climas áridos, de color negro y castaño, en el cual perduran los carbonatos por insuficiencia de precipitaciones propias para disolverlos y arrastrarlos.

**PEDALOGIA;** Ciencia que trata de los suelos, su origen, carácter y utilización.

**PERCOLACION;** Acción de colar o filtrar un líquido en forma líneal, a través de espacios interconectados de un material saturado.

**PERFORAR;** Sinónimo de horadar.

**PETREO;** De piedra o de la misma naturaleza.

**PILAR;** Porción de terreno que se deja en las obras subterráneas, para su sostén y seguridad.

**RAMAL;** Parte que arranca de la línea principal de una cavidad.

**REGENERAR;** Restablecer o mejorar una cosa.

**REHABILITAR;** Sinónimo de regenerar: habilitar de nuevo o restituir a su estado inicial.

**RESISTIVIDAD;** Producto de la resistencia de un conductor (dependiente de la materia que lo constituye y de su temperatura.)

**RIOLITICA;** Roca color claro, sin vesículas, de textura anafínica y porfídica con fenocristales y feldespatos.

**ROCA;** Agregado de minerales de diferentes clases, en proporciones variables.

**ROTATORIO;** Que tiene movimiento de rotación.

**RUMBO;** Dirección de la línea que se forma por la intersección de la superficie de una roca con el plano horizontal.

**SALON;** Excavación subterránea de grandes dimensiones, del cual se derivan diversos túneles o ramales.

**SOBREYACE;** Estrato localizado por encima de otro.

**SONDEO;** Perforación puntual que se hace en el suelo para reconocer el sub-

suelo.

**SUBSUELO;** Capa situada debajo del suelo.

**SUBYACE;** Estrato localizado por debajo de otro: sinónimo de infrayace.

**SUELO;** Material que se forma en la superficie de la tierra, como resultado de procesos orgánicos e inorgánicos, pudiendo ser residual "eluvión" y transportado "aluvión".

**SUPERPOSICION;** Acción y efecto de superponerse o superponer.

**TELURICO;** Movimiento perteneciente o relativo a la tierra como planeta, - producido por el desplazamiento de las placas constitutivas de las masas continentales.

**TOBA;** Ceniza volcánica consolidada.

**TOBA VOLCANICA;** Suelo que se forma cuando el polvo de la ceniza volcánica se consolida.

**TUNEL;** Excavación subterránea para extraer material explotable: sinónimo de galería.

**VOLCAN;** Forma terrestre desarrollada por la acumulación de productos magmáticos cerca de un conducto central.

## BIBLIOGRAFIA .

**BIBLIOGRAFIA .****CIMENTACIONES EN ZONAS MINADAS  
DE LA CIUDAD DE MEXICO.**

Sociedad Mexicana de Mecánica de Suelos.  
Simposio 1976.

**COSTOS Y TIEMPOS EN EDIFICACION.**

Carlos Suárez  
1987.

**EL SUBSUELO Y LA INGENIERIA DE CIMENTACIONES  
EN EL AREA URBANA DEL VALLE DE MEXICO.**

Sociedad Mexicana de Mecánica de Suelos.  
Simposio 1978.

**EXPEDIENTES Y ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS,  
PRACTICADOS EN ZONAS MINADAS DEL DISTRITO FEDERAL.**

Archivo de la Unidad Departamental de  
Estudios de Zonas Minadas, D.D.F.

**FUNDAMENTOS DE GEOLOGIA FISICA.**

Leet y Judson  
1980.

**GEOLOGIA APLICADA A LA GEOTECNIA.**

Sociedad Mexicana de Mecánica de Suelos.  
Reunión Técnica 1985.

**MANUALES DE DISEÑO DE OBRAS CIVILES "GEOTECNIA".**

Comisión Federal de Electricidad.  
1988.

**MANUAL DE EXPLORACION GEOTECNICA.**

Secretaría General de Obras del Departamento  
del Distrito Federal.  
1988.

**MECANICA DE SUELOS, TOMO I, II Y III.**

Juárez Badillo - Rico Rodríguez.  
1984.

**MEMORIA DE LAS OBRAS DEL SISTEMA DEL DRENAJE PROFUNDO DEL D.F.**

Departamento del Distrito Federal.  
1975.

**METODOS PLANTEAMIENTO Y EQUIPOS DE CONSTRUCCION.**

R.L. Peurifoy  
1979.

**MOVIMIENTO DE TIERRAS (MANUAL DE EXCAVACIONES)**

Herbert L. Nichols, Jr.  
Abril de 1980.

**APUNTES DE LAS MATERIAS IMPARTIDAS EN LA ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES ARAGON "U.N.A.M."****CONSTRUCCION I, II Y III.**

Federico Leiva.  
José A. Quiles.  
José J. Camacho.

**PRACTICAS DE LABORATORIO DE CONSTRUCCION.**

David Govea.

**CONSTRUCCION PESADA.**

Miguel Contreras.

**TOPOGRAFIA GENERAL Y PRACTICAS.**

Benjamín Peña.  
Armando Vargas.

**GEOLOGIA APLICADA.**

Javier Castillo.

**COMPORTAMIENTO DE SUELOS.**

Raúl Carranza.

**MECANICA DE SUELOS TEORICA, APLICADA Y PRACTICAS DE LABORATORIO.**

Gabriel García.  
José L. Rodríguez.  
Rubén Frías.

**PAVIMENTOS Y PRACTICAS DE LABORATORIO.**

Fernando Olivera.

**CIMENTACIONES.**

Javier Castillo - Rubén Frías.

Finalmente, a continuación haré un listado de los estudios y programas de regeneración en que he participado, en la Subdirección de Yacimientos Pétreos- Unidad Departamental de Estudios de Zonas Minadas, del Departamento del -- Distrito Federal.

**PROGRAMA JALALPA EL GRANDE ETAPA I, II, III Y IV.**

1986, 1987, 1988 y 1989.

**PROGRAMA COC-23.**

1988.

**PROGRAMA F-6**

1989.

**PROGRAMA B-1, B-2 Y AJ-1.**

1989.

**PROGRAMA BN-17.**

1990.

**PROGRAMA AAG-16, ETAPA I Y II.**

1990.

**PROGRAMA VI-1.**

1990.

**PROGRAMA OLIVAR DEL CONDE ETAPA I, II Y III.**

1991.

**PROGRAMA LA PALMITA-LA CAÑADA.**

1992.