

4



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

LOCALIZACION Y CONTROL DE CAVIDADES SUBTERRANEAS EN LA DELEGACION ALVARO ABREGON

T E S I S  
PARA OBTENER EL TITULO DE:  
INGENIERO TOPOGRAFO Y GEODESTA  
P R E S E N T A :  
RUBEN LEYVA RAMIREZ



ASESOR DE TESIS: ING. ADOLFO REYEZ PIZANO

CIUDAD UNIVERSITARIA

2000

277813  
218472



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



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

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

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

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



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AVENIDA DE  
MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA  
DIRECCION  
FING/DCTG/SEAC/UTIT/174/98

Señor  
RUBEN LEYVA RAMIREZ  
Presente

En atención a su solicitud me es grato hacer de su conocimiento el tema que propuso el profesor ING. ADOLFO REYES PIZANO, que aprobó esta Dirección, para que lo desarrolle usted como tesis de su examen profesional de INGENIERO TOPOGRAFO Y GEODESTA.

**"LOCALIZACION Y CONTROL DE CAVIDADES SUBTERRANEAS EN  
LA DELEGACION ALVARO OBREGON"**

- I. GENERALIDADES
- II. LOCALIZACION DE CAVIDADES
- III. METODOS PARA EL CONTROL TOPOGRAFICO
- IV. LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO SUPERFICIAL Y SUBTERRANEO
- V. REGENERACION MATERIAL SUBTERRANEO
- VI. CONCLUSIONES

Ruego a usted cumplir con la disposición de la Dirección General de la Administración Escolar en el sentido de que se imprima en lugar visible de cada ejemplar de la tesis el Título de ésta.

Asimismo le recuerdo que la Ley de Profesiones estipula que deberá prestar servicio social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito para sustentar Examen Profesional.

Atentamente  
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"  
Cd. Universitaria a 3 de marzo de 2000.  
EL DIRECTOR

M.C. GERARDO FERRANDO BRAVO  
GFB/GMP/mstg

---

## **AGRADECIMIENTOS**

Al Ing. Adolfo Reyes Pizano, por haber compartido sus conocimientos a lo largo de toda la carrera y depositado su confianza, dedicación y paciencia en el desarrollo de esta tesis.

Uno debe esforzarse en obtener lo que le gusta  
para no exponerse a que le guste  
lo que otros tienen.

-Bernard shaw-

A DIOS:

Por permitirme que este sueño se convierta en realidad.

A TI MAMA:

Por todos los sacrificios y esfuerzos que has realizado por mis hermanos y por mí, nos has enseñado a nunca darnos por vencidos.

A MIS HERMANOS:

Por todos los momentos de alegría y tristeza que hemos compartido juntos. Gracias por su cariño y confianza

A VIANNEY :

Yanecita, gracias por tu apoyo y confianza que me has dado durante muchos años aun en los peores momentos, demostrándome tú cariño y comprensión. Gracias por ayudarme a que este sueño y muchos más se hicieran realidad.

"me quieres ver grande, a pesar de lo débil que soy  
y si caigo hasta el fondo, me sacas de nuevo.  
por eso te quiero"

A LA Sra. CATALINA LOPEZ Y A LAS NIÑAS ESTHER Y LILÍ:

Por su amistad, confianza y apoyo que me han brindado durante muchos años, siempre teniendo para mí palabras de cariño y motivación.

A LA UNIVERSIDAD:

A mí alma mater, que me ha permitido ser uno más de sus hijos.

“Para ser universitario hay que tener la piel dorada y la sangre azul.”

A LA FACULTAD DE INGENIERIA:

Por la formación académica que me ha dado, dejándome ser uno más de sus pilares.

A TODOS MIS AMIGOS Y COMPAÑERO:

Por brindarme su amistad, alentándome siempre a la superación.

“A TODOS ELLOS MUCHAS GRACIAS”

- El éxito, no es de aquellos que lo desean , si no de aquellos que se esfuerza en obtenerlo.

# TABLA DE CONTENIDO

	<b>Pag.</b>
<b>INTRODUCCION</b>	1
<b>CAPITULO I. GENERALIDADES.</b>	5
I.1. Antecedentes.	7
I.2. Localización geográfica.	11
I.3. Estratigrafía.	13
<b>CAPITULO II. LOCALIZACIÓN DE CAVIDADES</b>	18
II.1. Fotointerpretación.	21
II.2. Reconocimiento superficial.	22
II.3. Métodos para determinar las características físicas de la cavidad.	26
<b>CAPITULO III. MÉTODOS PARA EL CONTROL TOPOGRAFICO.</b>	31
III.1. Conceptos de control horizontal y vertical.	32
III.2. Normas para el control.	33
III.3. Control topográfico de superficie.	37
III.3.1. Control Horizontal.	37
III.3.2. Control Vertical.	39
III.4. Control topográfico subterráneo.	41
III.4.1. Control Horizontal.	41
III.4.2. Control Vertical.	45

---

<b>CAPITULO IV. LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO SUPERFICIAL Y SUBTERRANEO.</b>	47
IV.1. Detección de cavidad.	50
IV.2. Levantamiento topográfico.	57
IV.2.1. Levantamiento topográfico superficial.	58
IV.2.1.1. Levantamiento horizontal.	58
IV.2.1.2. Levantamiento vertical.	62
IV.2.1.3. Orientación astronómica.	66
IV.2.2. Control topográfico subterráneo.	80
IV.2.2.1. Levantamiento horizontal.	81
IV.2.2.2. levantamiento vertical.	81
<b>CAPITULO V. REGENERACIÓN MATERIAL SUBTERRANEA.</b>	90
V.1. Clasificación de la zona.	91
V.2. Selección del método de regeneración.	93
V.3. Actividades para la regeneración.	95
<b>CAPITULO VI. CONCLUSIONES.</b>	103
<b>ANEXO I. PLANOS TOPOGRAFICOS PLANTA Y PERFIL DE LA CAVIDAD C-JT-01.</b>	107
<b>ANEXO II. MEMORIA FOTOGRAFICA.</b>	110
<b>GLOSARIO.</b>	122
<b>BIBLIOGRAFÍA.</b>	126

## INTRODUCCION

La importancia del siguiente trabajo se relaciona directamente con la problemática que presentan un gran número de colonias a causa de las zonas minadas localizadas en el poniente del Distrito Federal, en la llamada zona de lomas; específicamente hablaremos de los graves problemas que afronta la delegación Alvaro Obregón, donde se tienen registrados los mayores volúmenes de explotación a cielo abierto y sobre la base de túneles, las extracciones de materiales fueron realizados desde 1940 y hasta mediados de los años 70's, siendo las explotaciones subterráneas la que mayores problemas a ocasionado a esta delegación, razón por la cual la presente investigación se fundamenta en estos acontecimientos.

No obstante, de ser la mejor de las zonas en las que se ha dividido el subsuelo de la Ciudad de México, dada la ausencia de formaciones arcillosas lacustres de alta compresibilidad y baja resistencia al corte, la delegación Alvaro Obregón dista mucho de la realidad, a consecuencia de la presencia de cavidades subterráneas cuyos ramales se desarrollan al azar, formando una basta red de galerías y salones.

La delegación Alvaro Obregón se encuentra ubicada entre los paralelos 19° 23' 46" de Latitud Norte, 19° 13' 10" de Latitud Sur; 99° 10' 19" de Longitud Este y 99° 19' 28" de Longitud Oeste del Meridiano de Greenwich y a una altura promedio de 2317 metros sobre el nivel medio del mar; sus lomas y barrancas de fueron sometidas a la extracción de material pétreo en la década de 40's a causa de la facilidad que tuvo el hombre para extraer los materiales granulares, generalmente pumíticos propicio que un sin número de explotaciones se desarrollaran por doquier sin que se llevara un control y previsión de las excavaciones que se realizaron.

Durante años las explotaciones subterráneas fueron olvidadas; sin embargo, la perdida de la consistencia en el subsuelo se manifestó cuando los túneles perdieron su estabilidad y verticalidad, provocando depresiones y hundimientos, propiciadas principalmente por la construcción de cientos de casas que se edificaron en estas zonas, razón por la cual a fines de 1971, el entonces Departamento del Distrito Federal, comenzó a realizar estudios y levantamientos topográficos para ubicar y determinar las zonas por donde se desarrollan las oquedades.

El crecimiento demográfico que ha sufrido la Ciudad de México, propicio que los asentamientos irregulares avanzaron más rápidamente y en mayor medida que los estudios del subsuelo, por lo que los socavones por los cuales se realizaban las explotaciones sobre las barrancas y cortes, fueron desapareciendo rápidamente, al mismo tiempo que la urbanización y las edificaciones se apoderaron y siguen haciéndolo de cualquier espacio libre para edificar sus casas por pequeño o peligroso que éste sea.

Pocos años después de haberse suspendido la extracción de material pétreos, las lomas y barrancas del área poniente se observan urbanizadas casi en su totalidad, cubriendo con rellenos sin compactar el acceso a las cavidades, barrancas y cortes, que se generaron durante la explotación, es como sin con esto quisieran ocultar el peligro en el que viven, peligro que reclama y deja ver la incompetencia de todas aquellas personas que pudieron haber evitado este gran problema que se suma a los ya existentes en la Ciudad de México y que ponen en riesgo la integridad física y económica de cientos de familias, que no se imaginaron que al edificar sus casas estaban cimentando inseguridad, sufrimientos y desvelos.

Este problema ya no es solamente de aquellas personas que se asentaron irregularmente al pie de las obras mineras por ser de escasos recursos, por ignorancia o porque así les convenía a sus intereses; este problema ha crecido tanto que ya es parte de la Ciudad de México.

No es tiempo de culpar a las autoridades por haber permitido que un sin número de colonias proliferaran por doquier sin importar las condiciones del subsuelo, no se debe perder el tiempo juzgando quien tuvo la culpa, se le debe dar una solución definitiva y evitar que estos acontecimientos y problemas se presenten en alguna otra delegación o estado.

Los esfuerzos encaminados a resolver esta problemática no han sido vanos, la Facultad de Ingeniería a realizado diversos estudios al subsuelo, en coordinación con el Gobierno del Distrito Federal, la delegación Alvaro Obregón y este trabajo pretende contribuir a todas estas investigaciones para poder dar solución a este acontecimiento, a través de un planteamiento de estudio teórico y práctico, estableciendo una metodología de análisis, estudio y regeneración de las diversas cavidades que se albergan en la delegación Alvaro Obregón.

Para llevar a cabo la regeneración de los muchos túneles que existen en las diversas lomas y barrancas que componen la zona poniente del Distrito Federal, es indispensable realizar un buen control topográfico, tanto superficial como subterráneo, estableciendo el desarrollo, dirección y área de afectación de la cavidad; a demás de establecer las zonas críticas de los túneles y ubicar los puntos de perforación.

Se deberá establecer la mejor técnica a emplear, para devolver la estabilidad del subsuelo que tenía antes de la extracción de los materiales pétreos, y para ello, se emplearan diversos métodos de regeneración, entre los cuales podemos destacar la perforación de lumbreras, relleno compactado y vaciado de mezcla fluida por gravedad, bombeo e inyección, muros de carga y bóvedas de concreto, relleno compactado manual o mecánico, entre otros; a demás se cuantificara el volumen de material que se empleara en el proyecto de rehabilitación de la mina.

Cualquiera que fuese el método seleccionado, deberá garantizar la estabilidad del subsuelo con los menores costos y en los tiempos establecidos para la realización de los trabajos.

Cabe hacer la aclaración que las zonas minadas no solo comprenden a los túneles o socavones, también se debe tomar en cuenta los cortes, terraplenes y taludes que se generaron durante y posterior a la extracción de material.

# **CAPITULO I**

## **GENERALIDADES**

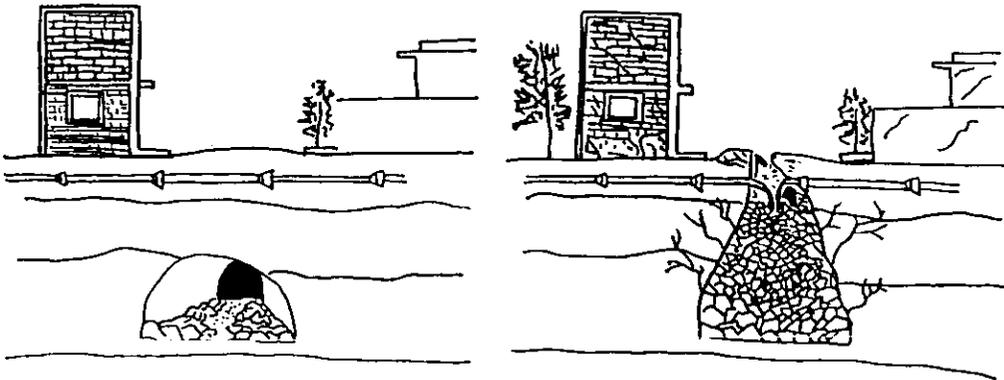
Uno de los problemas actuales más serios e importantes que afronta la Ciudad de México y parte de su área conurbada, lo constituye la inestabilidad que existe en el subsuelo, a causa de los terrenos minados localizados en las lomas y barrancas de la delegación Alvaro Obregón y en el Municipio de Tecamachalco en el Estado de México.

El poniente del Distrito Federal, no obstante de ser la mejor de las tres zonas en las que se ha clasificado el subsuelo de la Ciudad de México, dada la ausencia de formaciones arcillosas lacustres de alta compresibilidad y baja resistencia al corte, dista mucho de la realidad, a consecuencia de la presencia de antiguas minas subterráneas que dejó el hombre al extraer materiales para la construcción en la década del 40's, intensificándose los trabajos de explotación a mediados del año de 1960.

El desarrollo de los innumerables asentamientos irregulares que se realizan en las lomas y barrancas, trae consigo la urbanización y con el avance de ambos, se ocultan y destruyen parcial y en algunos casos totalmente los accesos e indicios de las antiguas obras de explotación.

En un principio los habitantes de estas zonas no contaban con los servicios básicos municipales, por lo que depositaban sus drenajes en forma directa a las cavidades, lo mismo que sus desechos sólidos tales como basura y cascajo, que eran utilizados como relleno de cortes y barrancas, incluso se depositaron en esta delegación, los escombros del temblor de 1985, tratando de ganar así los terrenos perdidos durante la explotación minera; con el paso de los años las alteraciones producidas a las rocas por la constante descarga de drenajes e infiltraciones de aguas pluviales, modifican el equilibrio de los túneles, provocando la pérdida de la estabilidad y migración hacia la superficie de los mismos.

Las sobre cargas aportadas por las construcciones que en algunos casos alcanzan hasta los 5 o 6 niveles y a las vibraciones provocadas por el constante tránsito vehicular, aceleran este fenómeno por lo que sobrevienen hundimientos, que en algunos casos alcanzan los 20 metros de profundidad.



a) Los túneles no han presentado alteraciones o pérdida de su estabilidad por lo que no existe la migración.

b) Una de causas principales que originan la migración de los túneles, es el arrastre de material, a causa de las fugas de agua potable o drenaje.

FIGURA. 1. 1.- Proceso de migración.

Tan solo en el Distrito Federal se estima que más de 100 kilómetros cuadrados presentan anomalías en el subsuelo, como resultado de los grandes volúmenes que fueron extraídos en forma clandestina a través de una basta red de galerías y salones de varios niveles, los cuales fueron realizados sin control o previsión alguna y que en cierta forma se puede afirmar que sin responsabilidad, por lo que esta problemática se ha convertido en una parábola que hoy día afecta al propio hombre.

Los esfuerzos encaminados a resolver esta problemática no han sido vanos, los estudios de mecánica de suelo y mecánica de rocas, los análisis del comportamiento de obras subterráneas abandonadas, los vuelos fotogramétricos, los reconocimientos e inspecciones de campo, los levantamientos y el control topográfico de las minas, además de los trabajos especiales que se han realizado en la estabilización de los taludes y el estudio de su comportamiento, así como la determinación de los asentamientos diferenciales en zonas de relleno, son algunos de los estudios, métodos y esfuerzos que se realizan para dar solución a esta contingencia y poner fin a la inseguridad del subsuelo provocada por las zonas minadas.

## **I.1 ANTECEDENTES.**

A fines del siglo pasado estando en pleno auge el crecimiento de la Ciudad de México, los materiales para la industria de la construcción se explotaron en forma desmedida, debido principalmente a la fuerte demanda que existía por este material.

Los frentes de ataque de las explotaciones carecieron de técnica alguna, limitándose a excavar únicamente 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 le denominaba "Alegría o tepetate ligero".

La explotación sin control que se llevo a cabo en las lomas y barrancas de la Ciudad de México se incrementaron rápidamente, sobre todo las excavaciones a base de túneles, a tal grado de crearse un verdadero enjambre de ramales en el subsuelo, mismo que en aquella época no representaban ningún grado de peligro, dado los límites que guardaba la ciudad con respecto a estas zonas.

Sin embargo, en pocos años el crecimiento de la mancha urbana a rebasado estos límites y por ende las lomas y barrancas presentan alteraciones de su forma original, las cuales se reflejan en la pérdida de la estabilidad de los túneles como consecuencia del ataque de diversos fenómenos atmosféricos, cargas muertas y dinámicas, migración lateral y de techo de cavidad, lo cual da origen a la formación de fracturas de grandes magnitudes y que a la postre dan como resultado los colapsos de bóveda, lo que representa un alto riesgo para los transeúntes y moradores que edificaron su casa en estos lugares, sin que midieran el riesgo y peligro que esto representaba para sus familias.

La zona poniente comenzó a poblarse a mediados de 1950, con viviendas que constituían apenas chozas de lamina y cartón, la necesidad de vivienda para los habitantes de escasos recursos, estimuló los asentamientos irregulares en áreas semiabandonadas o abandonadas por la explotación, dando lugar a la deforestación y avance de la urbanización.

Los antiguos caminos construidos para el transporte del material producto de la explotación, fueron dando configuración a las incipientes colonias, sirviendo de caminos vecinales y por los cuales poco a poco se fueron estableciendo cientos de familias, primero en la cima de las lomas, después descendiendo sobre las laderas de las barrancas, hasta llegar al cauce de los arroyos.

Para que tales asentamientos fueran posibles, se utilizaron rellenos a volteo sin compactar, depositados sobre los antiguos tajos, colapsos de obras subterráneas y pendientes pronunciadas. Las construcciones se desplantaron sobre cavidades abandonadas, al pie o sobre los hombros de los taludes, careciendo de orden y sin antes asegurar la estabilidad del terreno, éste proceso ocasionó que los accesos fueran obstruidos y cubiertos, dificultando con ello la inspección, reconocimiento y por consiguiente la regeneración de los túneles.



**FIGURA 1. 2.-** Se observan las construcciones desplantadas en base de cortes y terraplenes, sin importar la existencia de socavones.

Par los ojos de los habitantes de la Ciudad de México en la década de los 60's, la zona poniente era un sitio propicio para el asentamiento de las personas de escasos recursos, el problema que empezó como asentamientos irregulares se fueron entonces multiplicando, la construcción del anillo periférico, las diferentes líneas del metro y de más importantes vías de comunicación, han propiciado que no solamente las personas de escasos recursos busquen edificar sus casas en esta zona; desde mediados de 1980 numerosos conjuntos residenciales se han dado a la tarea de fraccionar las lomas y barrancas de la delegación Alvaro Obregón, sin importarles la inestabilidad del subsuelo producto de la existencia de socavones y rellenos.

La existencia de excavaciones subterráneas, no limitó el crecimiento de las colonias y por tal motivo la delegación Alvaro Obregón, es catalogada como de alto riesgo producto de la inestabilidad e incertidumbre que existe en el subsuelo a causa de las explotaciones subterráneas y a cielo abierto, a los rellenos masivos de material heterogéneo que se han depositado en las barrancas y cortes, lo que ha provocado que muchos accesos sean cubiertos o desaparezcan antes de poder realizar el control topográfico correspondiente.

Desde 1971, fecha en la que se empezaron a realizar los levantamientos de cavidades en ésta delegación, se han cuantificado cerca de 60 kilómetros cuadrados afectados por la presencia de minas en un total de 137 colonias, de las cuales solo en 11 de ellas no se observan obras subterráneas y de las 126 restantes 49 se indican con un alto grado de peligro.

Las colonias de la delegación Alvaro Obregón que son clasificadas con mayor riesgo por la existencia de cavidades son:

- Arturo Martínez, las Aguilas, Ampliación Presidentes, Belem de las Flores, Barrio Norte, Golondrinas Jalapa, Liberales, Olivar del Conde, Presidentes, Presidente Adolfo López Mateos, Santa Lucía, Tarango, Tepeaca

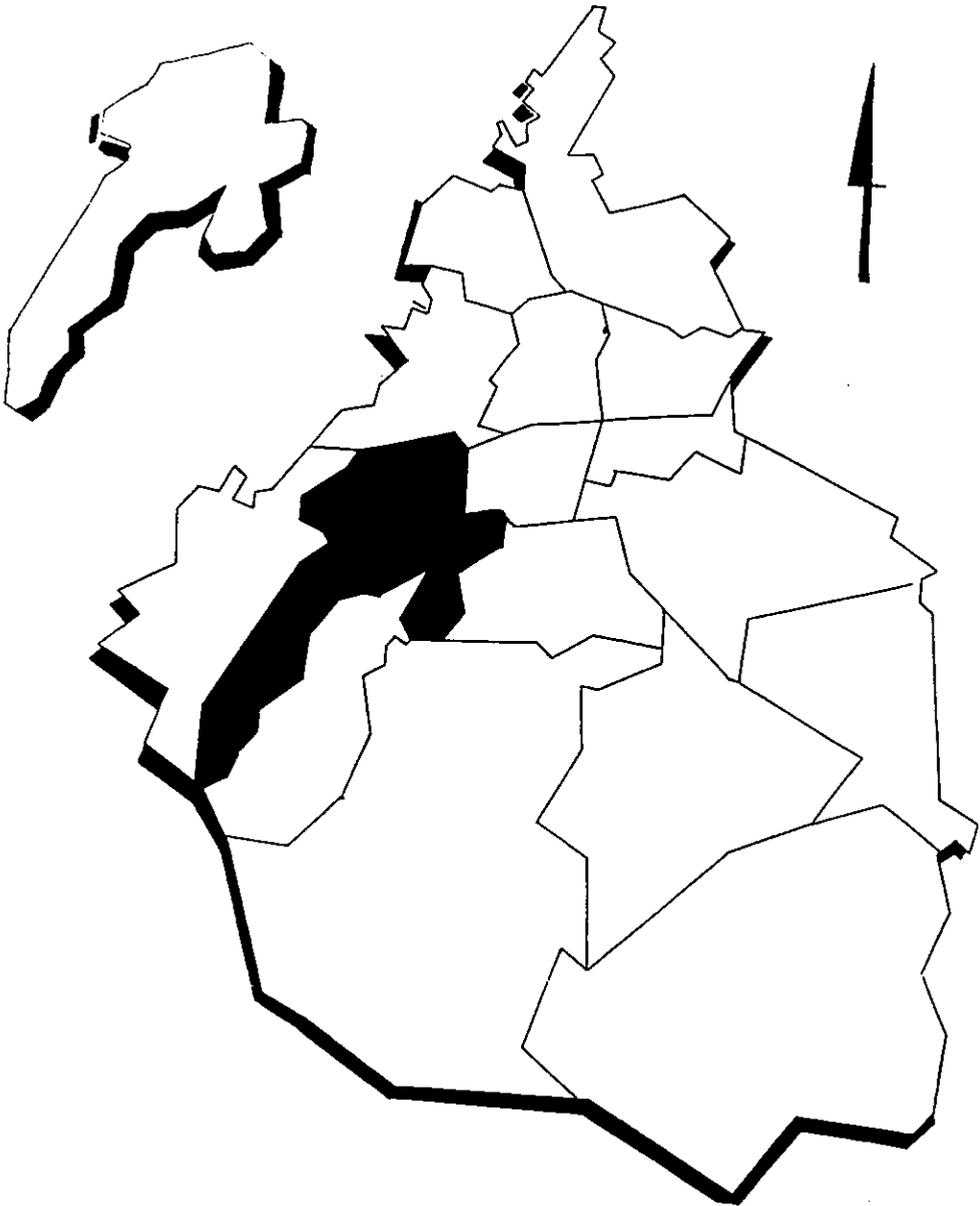
## **I.2. LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA.**

Regionalmente la Ciudad de México se encuentra situada en el borde oriental de la mesa central, dentro del antiplano Mexicano, en el cual se alberga en su extremo Sur la cuenca endorreica del Valle de México, ubicada aproximadamente a 2,240 metros sobre el nivel medio del mar y teniendo una forma semejante a una elipsoide cuyo eje mayor de Noreste a Sureste mide cerca de 110 kilómetros, y su eje menor de Oriente a Poniente cuenta con una longitud de 80 kilómetros.

La cuenca está cerrada por una cadena de altas montañas que constituye un muro que lo rodea y tiene las siguientes colindancias: Al Sureste se encuentra la Sierra Nevada, la cual se liga al Sur con la Sierra del Chichinautzin y la Sierra del Ajusco, proyectándose al Suroeste con la Sierra de las Cruces, Monte Alto y Monte Bajo, siguiendo al Noroeste con la Sierra de Tepotztlan, cerrando al Norte con la Sierra de Tizayuca, así como la Sierra de Pachuca.

La delegación Alvaro Obregón, se ubica precisamente al pie de éstas prominencias orográficas en el poniente de la Ciudad de México, en la llamada zona de lomas, las cuales son producto de las erupciones piroclásticas provocadas por los distintos ciclos de erupción.

Situada entre los Paralelos  $19^{\circ} 23' 46''$  de Latitud Norte,  $19^{\circ} 13' 10''$  de Latitud Sur;  $99^{\circ} 10' 19''$  de Longitud Este y  $99^{\circ} 19' 28''$  de Longitud Oeste del Meridiano de Greenwich, y a una altura promedio de 2,317 metros sobre el nivel medio del mar, la delegación Alvaro Obregón tiene una área aproximada de 94.50 kilómetros cuadrados, lo que representa el 6.3% de la superficie total del Distrito Federal.



**FIGURA. 1. 3.- Localización geográfica de la delegación Alvaro Obregón.**

### **1.3. ESTRATIGRAFIA.**

Las lomas que se encuentran al poniente de la Ciudad de México constituyen los abanicos volcánicos de las Sierra de las Cruces, comprendiendo la potente acumulación de materiales piroclásticos que se depositaron al pie de los aparatos volcánicos durante la vida activa de estos.

En 1948 los depósitos de las lomas se estudiaron por vez primera con cierto detalle definiendo a la formación Tarango, para lo cual se basaron en materiales que procedían precisamente de la Barranca Tarango, situada al oeste del Distrito Federal, donde existían las clásicas minas de explotación de arena azul; aquí fue descrito el afloramiento típico con división en tres formaciones principales, las cuales en años subsecuentes se modificaron, simplificándolos en tres unidades estratigráficas.

El conjunto del afloramiento se interpretó subsecuentemente como parte de la Formación Tarango Sensulato, la cual representa la suma de los productos piroclásticos depositados a los pies de las sierras mayores, eliminándose las formaciones Tacubaya y Becerra.

Para una mayor comprensión definiremos a la Formación Tarango como la superficie de 200 a 300 metros de espesor, estando comprendida por gravas, arcillas, pómez, limos y fragmentos de mayor tamaño mezclados como los lahares, por lo que se considera como Formación Tarango a los estratos de material constituidos por:

- a) Piroclásticos: Fragmentos de material arrojados por los volcanes.
- b) Lahares: Depósitos de lodo volcánico que contienen materiales de todos tamaños.
- c) Limos: Materiales que forman el relieve de las lomas y barrancas.

### COLUMNA ESTRATIGRAFICA DE LA FORMACION TARANGO

ESPEJOR PROMEDIO	ESPEJOR COLUMNA	ESTRATO	DESCRIPCION
VARIABLE	0.5m	1	Suelo Totolsingo color obscuro con alto contenido de material orgánico.
VARIABLE	0.2m	2	Suelo Tacubaya, color café claro con bandas de caliche.
0.5	3.0 m	3	Arena pumítica de grano grueso muy arcilloso e intemperizada.
VARIABLE		4	Estos suelos son residuos de tobas areno arcillosas
2.5-10.0	0.3m	5	Lahares compuestos por aglomerados bien compactados de clastos andesíticos principalmente y subredondeados a subángulosos emplazados en una matriz muy escasa, sin embargo, en las inmediaciones de los aparatos volcánicos estos depósitos presentan una matriz arenosa
10.0	1.7m	6	Agglomerados de clastos generalmente subángulosos de composición dacítica, emplazados en una matriz arenolimsa de la misma composición.
0.7	0.3m	7	Toba arcillo limosa con clastos dacíticos.
1.5	2.3m	8	Arena pumítica de grano grueso de color crema y solo en su base presenta matriz arcillosa.
10.0	0.2m	9	Toba arcillolimsa con clastos pumíticos y fósiles.
2.5	0.8m	10	Arena pumítica de grano medio bien clasificada con intercalaciones de arcilla, sin matriz y espesor muy considerable.
1.5	0.2m	11	Toba arcillolimsa mal clasificada con clastos pumíticos.
1.3	0.8m	12	Arena pumítica con matriz arcillosa y regularmente clasificada.
15.0	0.2m	13	Toba arenolimsa mal clasificada, con clastos de andesitas, y la composición de la matriz es ácida, color rosado.
1.0	0.3m	14	Arena pumítica mal clasificada acuñaible frecuentemente
20.0	Mayor a 5m	15	Agglomerados volcánicos mal clasificados con clastos subángulosos y subredondeados de composición volcánica variable y bien compactados.

De la columna estratigráfica anterior, los estratos marcados con los números 8, 10, 13 y 14, se identifican como los materiales explotables, y dentro de este grupo los números 10 y 14 se extrajeron con mayor frecuencia, debido a que los horizontes identificados fácilmente y el material es deleznable.

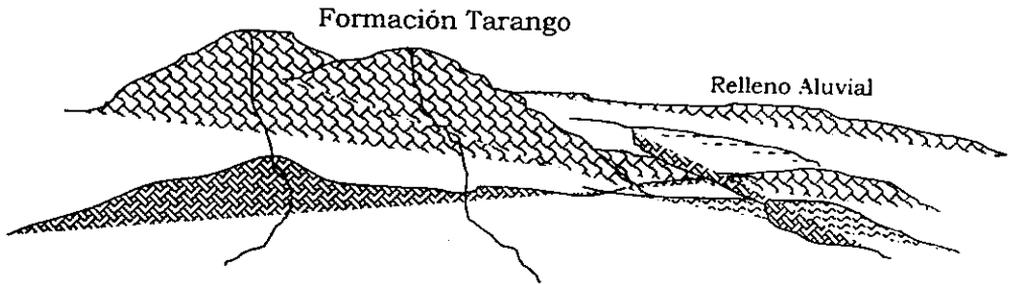


FIGURA.I.3.- Sección W-E de la posición de la formación Tarango respecto a formaciones anteriores y posteriores.

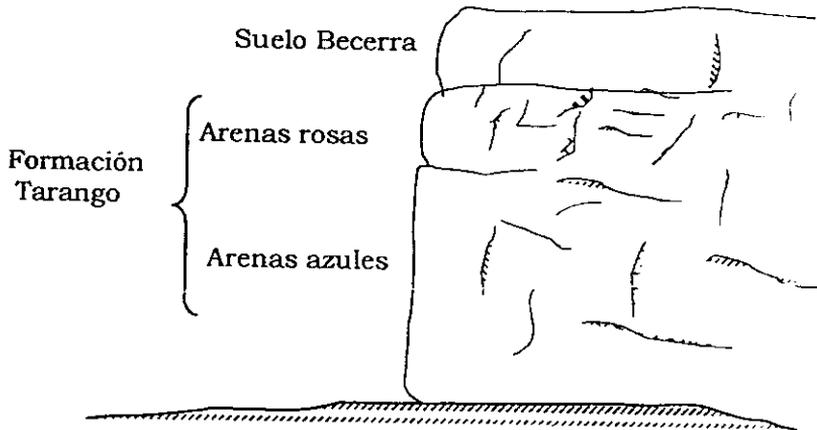
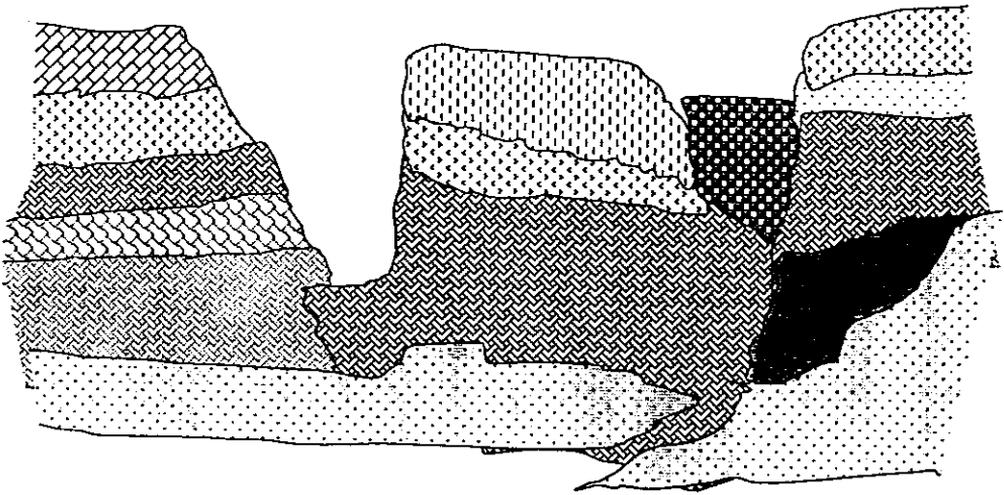


FIGURA.I.4.- Perfil estratigráfico: formación Tarango, suelos Tacubaya y Becerra superpuestos.

Como una nota de referencia, debemos de tener presente que la gran mayoría de las minas que se explotaron en el Poniente de la Ciudad de México, se excavaron en los lahares de la parte alta de la superposición de estratos, siendo los materiales de mayor extracción las "arenas azules", también conocidas como arenas volcánicas de grano fino, medio y grueso.

**SIMBOLOGÍA**

TOBAS		LAHAR	
SUELO		LAHAR PUMITICO	



**FIGURA.15.-** Perfil estratigráfico de la zona poniente en la ciudad de México. Barranca erosionada en la Formación Tarango y rellena por un lahar de Arenas Azules del tipo Santa Fe.

**COLUMNA ESTRATIGRAFICA DE LA ZONA PONIENTE DE LA CIUDAD DE MEXICO**

ESPESOR PROMEDIO			DESCRIPCION
VARIABLE	S-To		
VARIABLE	S-To		Suelo Tacubaya
0.50m	Ap-Gg		Arena pumitica de grano grueso suelo residual de tobas arena arcillosas
VARIABLE	S-Ta		Suelo residual de tobas arena arcillosas Lahares
2.5m - 10.0m	Lh		Lahares
10.0m	Ag-D		Aglomerados
0.70m	Ar-d		A Toba arcillolimosa con clastos dasiticos
1.50m	Ap-G		Arena pumitica de grano grueso
1.0m	Ar-p		Toba arcillo limosa con clastos pumiticos y fósiles
2.50m	Ap-M		Arena pumitica de grano medio
1.50m	To		Toba arenolimosa
1.30m	Ap-Ar		Arena pumitica arcillosa
15.0m	To		Toba arenolimosa "arenas rosas"
1.0m	Ap-inf		Arenas pumiticas mal clasificadas
20.0m	Ag-V		Aglomerado volcánicos mal clasificados

## **CAPITULO II**

### **LOCALIZACIÓN DE CAVIDADES**

Antes de seleccionar los métodos de exploración que se realizan para localizar las minas abandonadas en el Distrito Federal, es importante tener en cuenta que las cavidades se encuentran excavadas en formaciones volcánicas, los socavones realizados por el hombre deberían permitir en un principio el fácil acceso de los trabajadores, para poder explotar los estratos de arenas y gravas que se encontraban en diferentes horizontes y a distintas cotas altimétricas.

Las diversas explotaciones que por más de 20 años se han llevado a cabo en las lomas y barrancas del área poniente, han dejado como resultado diversas excavaciones, desde un túnel sencillo hasta una red compleja de túneles y socavones.

Sabemos que las explotaciones generalmente se iniciaban en laderas o cortes, en donde el hombre pudo reconocer fácilmente los horizontes de materiales que le eran útiles, tales como grava, arena, pómez, etc., estos materiales eran extraídos con gran facilidad sin que se realizará el proceso de trituración y selección.

Todavía a fines de 1970, los accesos a las minas eran identificados con gran facilidad, sin embargo debido a los rellenos masivos que se depositaron en las lomas y barrancas a demás de los posteriores asentamientos humanos que se han llevado a cabo desde 1960, los accesos a las cavidades han desaparecido paulatinamente y otros son ocultados por los habitantes de estas colonias con el falso temor a ser desalojados o reubicados, por lo que las exploraciones e inspecciones se vuelven una tarea larga y cansada que en muchas ocasiones no se obtiene los resultados esperados.

Año de 1942

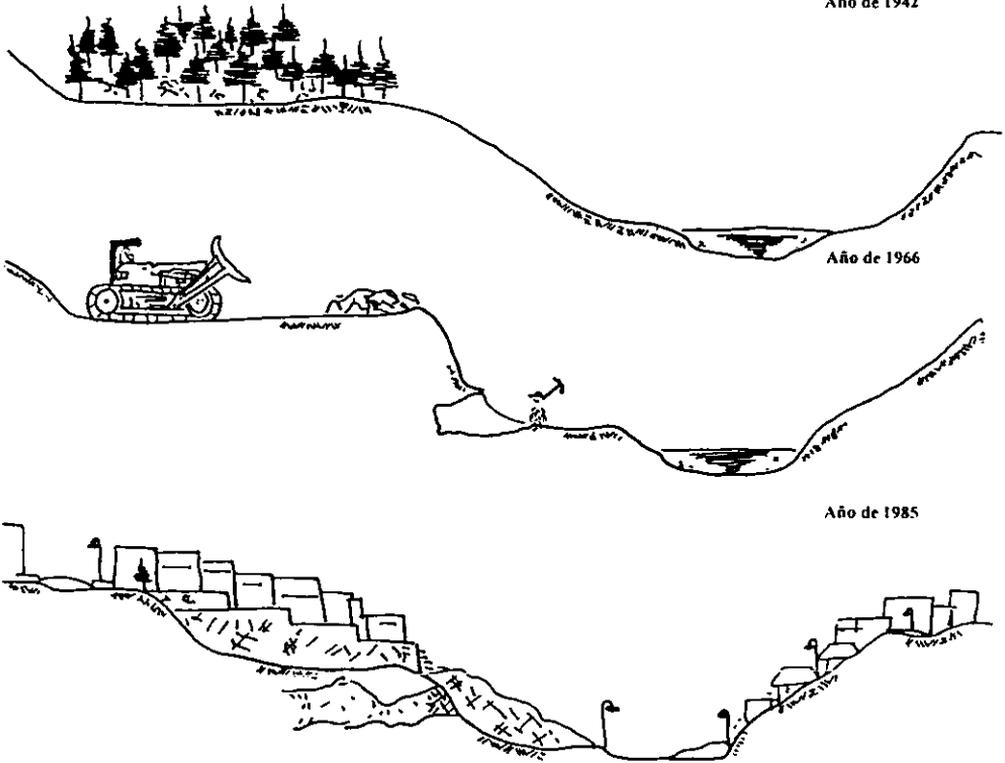


FIGURA.II.1.- Cambios topográficos que se han realizado en las lomas y barrancas de la delegación Alvaro Obregón.

La problemática que acusa la delegación Alvaro Obregón, se debe a la falta de previsión de todas aquellas personas que en un inicio se asentaron en las proximidades de las obras mineras que estaban en pleno auge, y que al dejar de explotarse dio paso a pequeñas comunidades aisladas, para posteriormente transformarse en colonias populares que día con día crecen, sin tomar en cuenta las condiciones del subsuelo.

No existe algún método que sea absolutamente resolutivo para la localización y delimitación de las cavidades, se deben de emplear una serie de métodos y técnicas que generalmente se complementan, con objeto de dar los mejores resultados posibles.

Han sido diferentes instituciones privadas y de gobierno, que han tratado de dar solución a esta problemática; la Universidad Nacional Autónoma de México, a través de la Facultad de Ingeniería y El Gobierno del Distrito Federal, a través de la Dirección General de Regularización Territorial Yacimientos Pétreos y Zonas Minadas, realiza constantes estudios del subsuelo, para poder determinar su estabilidad de acuerdo a las características propias de la zona.

Existen diferentes técnicas que pueden ser empleadas para la localización de cavidades en zonas urbanas, basándonos en los métodos directos o indirectos, los cuales están en función de los recursos e información con la que se cuente.

El estudio de cavidades se deberá iniciar con una recopilación de información y análisis de fotointerpretación de la zona, seguido de un reconocimiento superficial físico de campo, para poder establecer si existen cavidades en la zona de estudio; en el caso de la existencia de socavones se realizará la exploración de cada uno de los túneles hasta que las características de los mismos lo permitan, posteriormente se realizara el levantamiento topográfico de control superficial y subterráneo, para finalizar vaciando todos los datos recabados en los planos correspondientes, que servirán de base en la realización del dictamen y proyecto de regeneración, donde se deberá incluir el grado de peligro, además de las recomendaciones técnicas para la estabilización del subsuelo.

## **II.1. FOTOINTERPRETACIÓN.**

El proceso de fotointerpretación consiste en realizar un análisis de la secuencia de fotografías aéreas, tomados en diferentes épocas, para reconstruir la historia y los diversos procesos de ataque a las cuales pudieron haber estado sometidas las lomas y barrancas antes de haber sido pobladas, se deberán observar los cambios morfológicos y socioeconómicos que se han realizado hasta nuestros días.

En caso de que se cuenten con los recursos y material disponible, se formaran mosaicos fotográficos, los cuales darán una visión más amplia de los diferentes eventos y modificaciones que se han realizado en la zona de estudio.

Para el proyecto y estudio de cavidades, la experiencia del observador resulta de suma importancia para poder detectar las anomalías que existen en las barrancas, cañadas, cortes, etc., y poder correlacionar los signos de inestabilidad observados físicamente en campo, corroborando la información emitida por las brigadas de supervisión, estableciendo los accesos a las galerías, los avances de las explotaciones a cielo abierto y la configuración original de las zonas, en donde actualmente se han depositado rellenos heterogéneos con espesores variados, dando como resultado que muchas de las entradas a las minas no sean localizadas.

A partir de una buena fotointerpretación, se podrá realizar una cronología de las épocas en las que se iniciaron y suspendieron las explotaciones, además de los diversos cambios morfológicos que se han realizado en las diferentes barrancas, los cuales están asociados a la urbanización de las diferentes colonias.

El estudio de fotointerpretación debe complementarse con la inspección física de las laderas y barrancas, realizando de ser posible una clasificación geotécnica y geológica del afloramiento, además de identificar los estratos de material depositado y explotados en estos lugares.

## **II.2. RECONOCIMIENTO SUPERFICIAL.**

La fase inicial de todo estudio del subsuelo, consiste en un minucioso reconocimiento superficial del área donde se localiza el predio o colonia de interés, definiendo las características del subsuelo para que se puedan establecer u observar los estratos de material depositado y la topografía que presenta la zona.

El reconocimiento superficial consiste en un recorrido detallado de las barrancas, lomas y cañadas que se encuentran próximas a la zona, con la finalidad de localizar bocaminas, rellenos o bien alguna construcción que pudiese ocultarlas, teniendo presente que por lo general los accesos a las cavidades se localizan sobre las laderas en forma de socavones; sin embargo, debido a los hundimientos y depresiones, los accesos a los túneles se pueden presentar en forma de tiros verticales o inclinados que comunican a una compleja red de túneles, que alguna vez tuvieron grandes accesos y que por diversas causas se encuentran hoy día obturados.

Se deben localizarán, observar y analizar cuidadosamente a todas aquellas construcciones que presenten problemas de agrietamiento en los muros, pérdida de la verticalidad de sus elementos estructurales y hundimientos determinando cuales son las causas que los originan.

En las barrancas y cortes se pueden observar los horizontes de material, anotando los espesores y rumbo del echado para poder realizar un perfil estratigráfico e identificar sobre que cotas se realizaron las explotaciones.

En caso de encontrar algún socavón, cuyo acceso este libre al paso, se realizara la inspección de la cavidad, determinando su desarrollo, área de influencia, las condiciones que guardan los túneles con relación a posibles fallas, agrietamientos, filtraciones, zonas de bloques, ramales obturados, etc.; Todos los pasos que se siguen en la inspección subterránea se explican detalladamente en el próximo inciso.

Uno de los problemas comúnmente asociados a la existencia de minas subterráneas, son las fallas que presentan los elementos estructurales de las construcciones, hundimientos de la carpeta asfáltica, constantes problemas en el abasto de agua potable y desalojo de aguas residuales a causa de fugas o problemas en la tubería, la cual tienen fugas constantes, lo que provoca el arrastre de material lo que acelera el proceso de migración de las cavidades a la superficie, incluso en calles las que no se tiene registro o indicios de su existencia.

Con base en la fotointerpretación y a las inspecciones físicas, se pueden ubicar las zonas de cavidades, taludes y áreas donde se han depositado rellenos; ésta labor no es nada fácil, se tendrán que recorrer e inspeccionar las cañadas, laderas, escurrimientos y barrancas, preguntando a los colonos si conocen de la existencia de algún socavón, túnel o depresión, siendo de gran importancia la información que se recabe para actualizar o bien verificar la información recopilada.

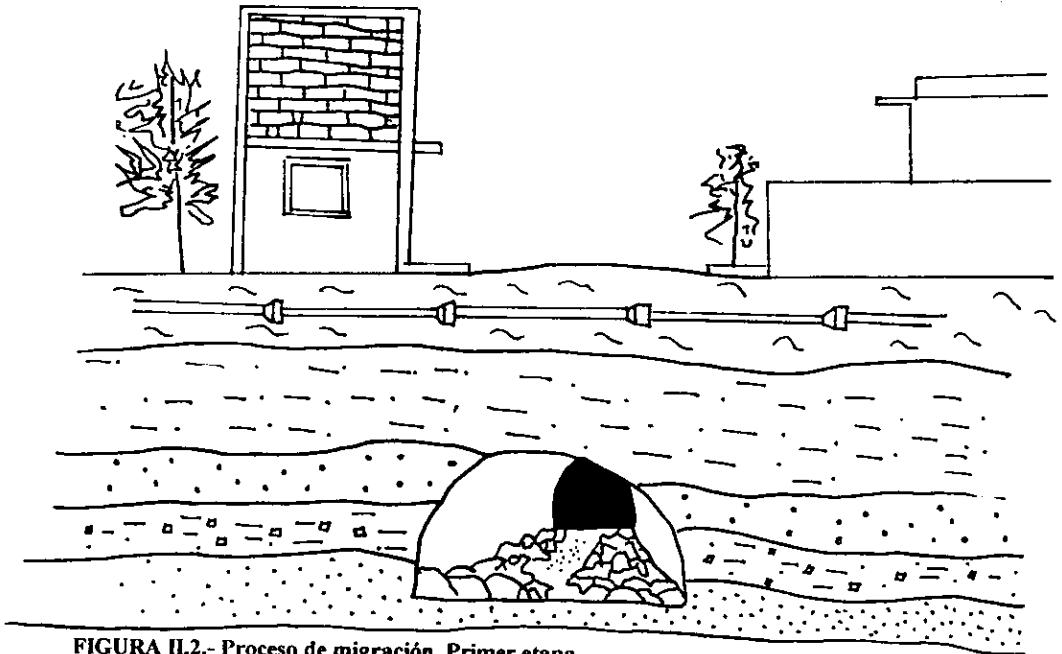
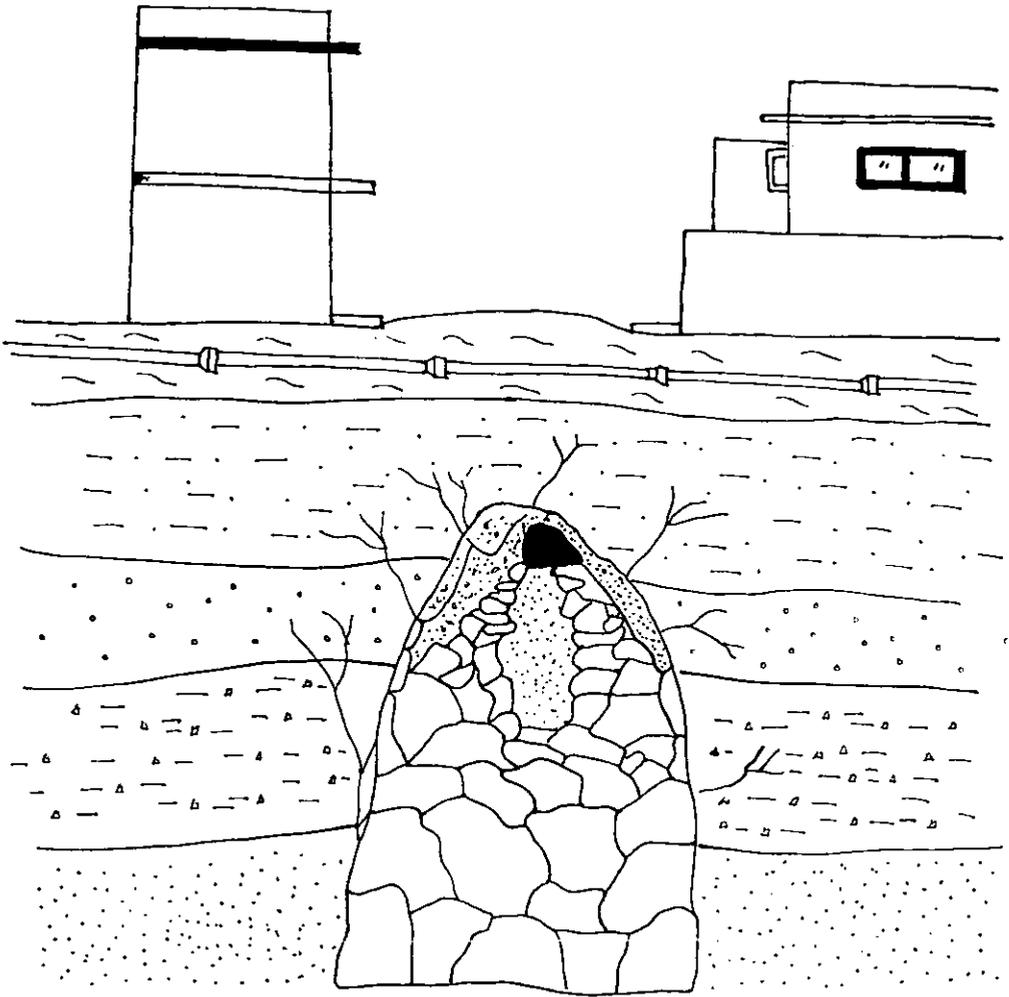
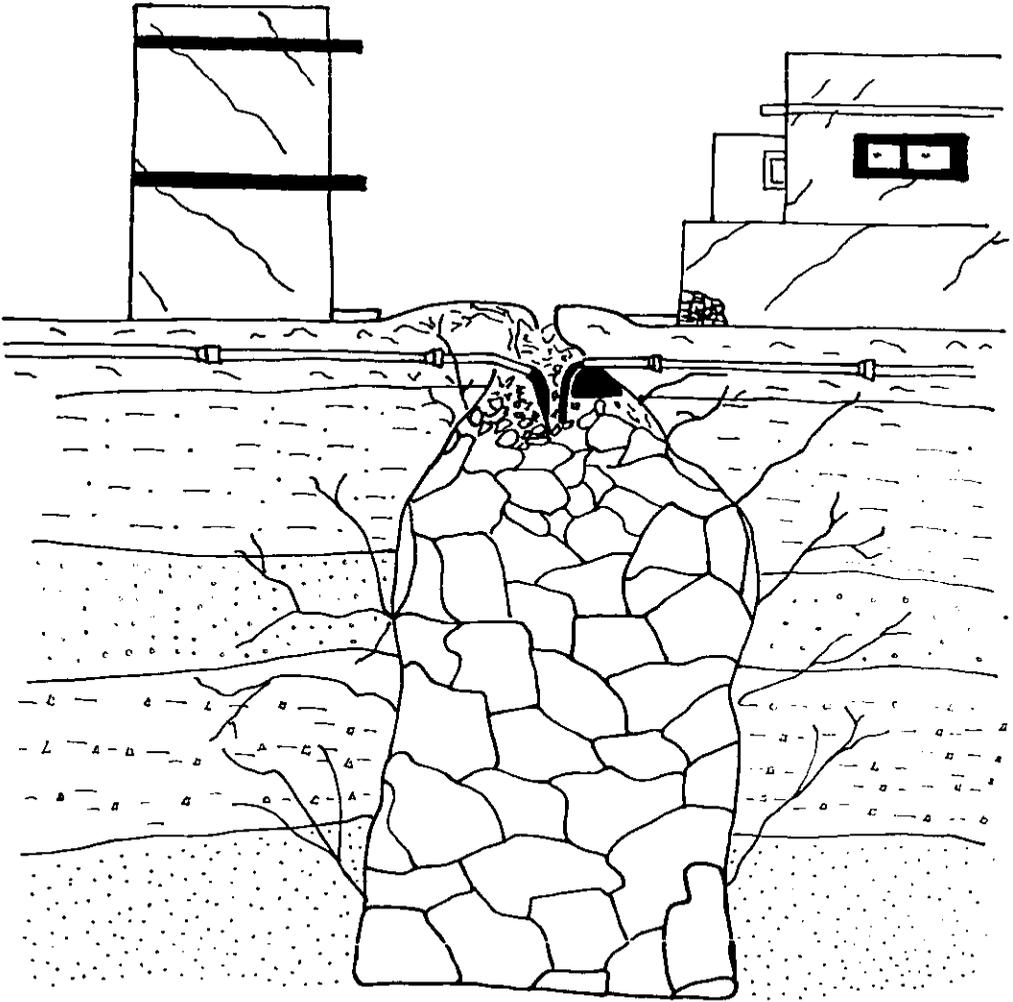


FIGURA II.2.- Proceso de migración. Primer etapa.

No existen alteraciones o pérdida de la estabilidad de los túneles.



**FIGURA.II.3.-** Proceso de migración. Segunda etapa.  
El sobre peso de las construcciones, origina empujes hidrostáticos que origina la pérdida de la estabilidad de los túneles.



**FIGURA II.2.-** Proceso de migración. Tercer etapa.  
Al romperse la red de abasto de agua potable o la red de drenaje, acelera el proceso de migración, el cual se refleja en hundimientos y depresiones.

### **II.3. METODOS PARA DETERMINAR LAS CARACTERISTICAS FISICAS DE LAS CAVIDADES.**

A partir de los datos recopilados en la fotointerpretación y en el reconocimiento superficial, se lleva a cabo el estudio correspondiente de los socavones que se localicen en la zona de estudio, para conocer el desarrollo parcial o total de los túneles, estableciendo e investigando los puntos de mayor interés, tales como:

**a) Libre acceso de las brigadas de trabajo.**

Muchos de los socavones se encuentran saturados de basura o inundados, por lo que será necesario retirar ó desazolvar los túneles y poder tener un paso libre; por otra parte un gran número de túneles tiene la inconveniencia de tener como único acceso tiros verticales o depresiones, por lo que se dificulta el cómo bajar al túnel, ya que esto solo se podrá realizar a través de una escalera marina o una cuerda, en la que su longitud estará en función de las dimensiones del tiro que puede llegar a tener una altura promedio que varia entre los 5 a los 18 metros.

**b) Clasificación geológica de la cavidad.**

Se establecerá una columna estratigráfica, determinando los espesores de los estratos de material, su rumbo y echado, por lo que la geología tendrá un papel muy importante en el establecimiento y clasificación de los lentes de material explotado.

**c) Determinación de las técnicas utilizadas en la explotación.**

Se establecerán las técnicas y patrones que se siguieron para la extracción del material, esto se observa por lo general en la geometría que presentan las secciones de los túneles, en los cuales se puede apreciar si durante la explotación se utilizó equipo pesado o rudimentario.

Al establecer el tipo de equipo empleado, se podrá tener una idea de la magnitud de la obra y el período en el que se realizó la extracción de material, cotejando la información con las fotografías aéreas de la zona de ese año y buscar otros accesos que puedan comunicarse con el túnel.

**d) Grado de intemperismo que presenta la cavidad.**

El intemperismo se presenta generalmente en las paredes y techos de los túneles ya sea por descarga de aguas domiciliarias al interior de la mina, cargas diferenciales y vectoriales que se presentan en la superficie, las cuales se identifican en la cavidad con fisuras o fracturas en el techo, zonas de derrumbes, entre otros; o bien, por la introducción constante de personas o animales a los túneles y al mismo paso del tiempo que esta asociado a los factores ya mencionados.

**e) Ubicación de las zonas de interés que pudiesen repercutir o manifestarse en la superficie.**

La aparición de agrietamientos en losas y muros de carga, así como la pérdida de la verticalidad de las construcciones provoca la alarma de sus habitantes, por lo que es necesario realizar un estudio minucioso de todos estos fenómenos que se presenten, para establecer y determinar cuales son las causas de fondo que provocan estos daños, y para ello se deberá efectuar un reconocimiento superficial de la zona de estudio realizando una planeación adecuada de los procedimientos que habrán de emplearse en la rehabilitación del subsuelo.

El estudio de las cavidades se puede dividir en dos procedimientos; los Métodos Directos, basados en observaciones y mediciones realizados en el interior de la mina, y los Métodos Indirectos, que como su nombre lo dice emplean diversas técnicas para la localización y estudio de las características de los túneles.

## **METODOS DIRECTOS.**

Están basados en observaciones y mediciones hechas en el interior de la galería, es indispensable para la aplicación de estos procedimientos la localización de las bocaminas o accesos, para poder realizar un recorrido general de la cavidad, analizando las características del material explotado, el grado de intemperismo y fracturas en las paredes y techo del túnel, para posteriormente realizar el levantamiento topográfico de la mina.

El levantamiento topográfico de la cavidad, deberá ser lo más preciso posible, localizando y refiriendo con la superficie del terreno el desarrollo de los túneles. Además se deberán analizar algunas características del material explotado para determinar el grado de alteración y fracturas en las paredes, piso y techo de la cavidad.

La desventaja que presenta este procedimiento, es de que si no se conoce en forma precisa la ubicación del acceso de los túneles no se podrá realizar el estudio de la cavidad.

## **METODOS INDIRECTOS.**

La aplicación de los métodos indirectos para la localización de cavidades en zonas urbanas, es de gran importancia y muy empleados en aquellos lugares en donde no se tienen registros o evidencias superficiales de la existencia de túneles; o bien, en áreas en las que no se pueden realizar la exploración directa de la mina, por las diversas circunstancias que puede presentar el terreno, o la negativa de algún propietario.

La mayor ventaja que presentan los métodos indirectos en comparación con los directos es de que sus estudios se pueden extender sobre áreas más o menos grande, debido a que sus resultados no son puntales como las perforaciones.

Los métodos indirectos más empleados son los siguientes:

**a) Métodos eléctricos de resistividad.**

Son considerados como un conjunto de técnicas que son muy resolutivas para el problema en cuestión. Sin embargo, también es importante señalar que son relativamente lentos en el trabajo de campo, lo cual provoca que el costo de estos trabajos se incrementen.

**b) Métodos gravimétricos.**

En el caso de los métodos gravimétricos ha sido ampliamente utilizado, obteniéndose buenos resultados con la desventaja de que es uno de los métodos más lentos y costosos que se pueden utilizar. Además la instrumentación debe ser más específica que en otras técnicas.

**c) Método magnetométrico.**

Es uno de los que menor información nos puede proporcionar debido en parte a la manera en la que funciona y por otro lado, por las dimensiones de las cavidades y la resolución de los instrumentos de medición. Además se deberá realizar igual que en el caso gravimétrico, un procesado de la información muy importante con objeto de resaltar las anomalías producidas por las cavidades.

**d) Métodos de refracción y reflexión.**

Otros métodos que pueden ser utilizados con buenos resultados son los de sísmica en sus modalidades de refracción y reflexión somera y/o de alta resolución. En el caso de refracción es más rápido y menos costoso que los métodos de reflexión, principalmente por el procesado de la información y además se puede obtener otro tipo de resultados respecto de la cavidad y el material que se tenga en el subsuelo; con ambos métodos se obtienen buenos resultados.

**e) Métodos electromagnéticos.**

Presentan posibilidades de utilizarse en la detección de cavidades a pesar de que su mayor utilidad está en la definición de irregularidades cercanas a la superficie. Estos métodos son muy rápidos (dependiendo de la modalidad utilizada) y relativamente económicos.

**f) Radar de penetración terrestre.**

Es uno de los métodos que se presenta con muchas posibilidades de aplicación, se considera como el método de mayor resolución en prácticamente todo tipo de terreno, para investigaciones a profundidades someras, además de ser una técnica sumamente rápida. Se estima que para investigaciones a menos de 30 o 40 metros de profundidad es el más recomendado.

La aplicación de estos métodos esta influenciada por una serie de factores como son las construcciones, tuberías y drenajes, la presencia de líneas de alta tensión, la topografía abrupta del terreno, ductos de pémex, línea telefónica, entre otros.

La obtención de los datos se debe realizar de la mejor manera posible, con los equipos y dispositivos más apropiados para contar con información de calidad y con un alto grado de confianza, erradicando la incertidumbre.

Los trabajos de investigación de fotointerpretación, los recorridos de barrancas, cañadas y cortes, los estudios geofísicos y el control topográfico, serán los fundamentos para establecer si existen o no cavidades en las diversas colonias de la delegación Alvaro Obregón, en donde se tienen indicios de su existencia pero no se puede establecer con precisión el desarrollo, las características y condiciones de los túneles, a demás de área que afectan.

## **CAPITULO III**

# **METODOS PARA EL CONTROL TOPOGRAFICO**

Los estudios del subsuelo y los proyectos de regeneración de las minas abandonadas en el poniente del Distrito Federal, están en función de la topografía de la zona.

Para cualquier análisis o estudio, se deberá establecer un sistema local de coordenadas bajo un estricto control topográfico, mismo que servirá de apoyo para el tendido de redes geoelectricas, ubicación de puntos de perforación, lumbreras, socavones, depresiones y cortes.

Sobre la base de un buen control topográfico, se podrán llevar a cabo los estudios del subsuelo y para efectos de la regeneración de las minas, se realizará en los tiempos y presupuestos estimados, de ahí la importancia de un buen levantamiento topográfico que contenga los puntos de control primario y secundario sobre el área de interés.

El sistema local de coordenadas superficiales se transporta al interior de la mina empleando poligonales cerradas o abiertas, la aplicación de estos métodos esta en función de la morfología y topografía que presente la zona, por lo que se deberá tener siempre presente, que cada una de las minas que se localizan en la zona poniente tienen características diferentes, por lo que los métodos y

técnicas a emplear varían con respecto a las condiciones y características que tengan cada uno de los túneles.

Los sistemas locales de coordenadas estarán orientados astronómicamente, sirviendo de apoyo a los levantamientos topográficos y geológicos, mismos que serán de gran utilidad en la localización de barrenos, túneles de antiguas minas, puntos de perforación, etc.

### **III.1. CONCEPTOS DE CONTROL HORIZONTAL Y VERTICAL.**

Los levantamientos de control establecen con precisión la posición horizontal y vertical de cada uno de los vértices, por lo que los podemos clasificar en dos tipos:

#### **a) CONTROL HORIZONTAL.**

Establece coordenadas rectangulares de la posición planimétrica de los puntos de control, los cuales se localizan por medio de: trilateración, triangulación, intersección, resección ó poligonación, y pueden emplearse en el establecimiento del control primario y secundario de regiones clasificadas como lomerios, zonas urbanas o montañosas.

La clase de terrenos, los requisitos del proyecto, el equipo disponible y las consideraciones económicas determinan normalmente el tipo de sistema a seleccionar.

#### **b) CONTROL VERTICAL.**

El objetivo del control vertical, es la delimitación del área por servir, estableciendo los puntos de partida y de cierre de las operaciones de nivelación de las brigadas de topografía; cuando se realizan estos trabajos de deberán establecer bancos de nivel de cota conocida o supuesta; dejando marcas permanentes para la localización de detalles, los cuales servirán de referencia durante los trabajos subsecuentes de los proyectos a realizar.

El control vertical generalmente es realizado por medio de la nivelación diferencial, sin embargo, en áreas pequeñas, terrenos abruptos y en los túneles donde se presenten tirantes reducidos, el control vertical se establece frecuentemente con una nivelación trigonométrica, que se realiza en forma conjunta con el levantamiento planimétrico.

### **III.2. NORMAS PARA EL CONTROL.**

El control horizontal empleado en la regeneración de las minas abandonadas en el Distrito Federal, se realiza por medio de una poligonal envolvente, auxiliándose de poligonales secundarias que cubran callejones o calles que se encuentren dentro del polígono principal.

Para el control vertical, se pueden emplear diversos procedimientos, entre los que destacan el levantamiento tridimensional con estadía, el cual puede ser adecuado para el establecimiento del control en una zona pequeña, en donde la equidistancia entre curvas de nivel exceda de 1 metro o 5 pies y sea satisfactoria una precisión relativa de menos 1 parte en 500 o 600; o bien, se puede emplear el levantamiento trigonométrico, el cual tiene la ventaja que se realiza al mismo tiempo que el control horizontal midiendo distancia inclinadas, altura de aparato y el ángulo vertical.

La precisión requerida en el caso de un levantamiento de control, depende principalmente de su objetivo, algunos factores que afectan la precisión, son el tipo y condiciones del equipo utilizado, procedimientos de campo adoptados y a la aptitud del personal disponible para guiar los trabajos topográficos.

Las normas y las especificaciones, establecen las siguientes normas de precisión para los levantamientos Horizontal y Vertical.

## NORMAS DE PRECISION PARA LEVANTAMIENTOS DE CONTROL HORIZONTAL

M	W	K	FORMULA PRACTICA	ORDE N	P=D PARA 1Km	P=D PARA 1Km
0.25	0.01	0.001	$T = \sqrt{P(0.00000001P + 0.00002) + 0.0001D}$	Precisa	2.2	0.28
0.5	0.02	0.003	$T = \sqrt{P(0.00000001P + 0.00002) + 0.0001D}$	Primero	5.3	0.65
1	0.03	0.0005	$T = \sqrt{P(0.00000001P + 0.00002) + 0.0001D}$	Segundo	9.5	1.10
1.5	0.05	0.001	$T = \sqrt{P(0.00000001P + 0.00002) + 0.0001D}$	Tercero	16.8	1.98

T= tolerancia o error máximo admisible en el cierre de una poligonal.

P= Desarrollo de una poligonal en metros.

D= Distancia entre los puntos inicial y final de la poligonal.

M= Error medio del ángulo observado.

W= Error medio de una puesta de cinta.

Simplificando las formulas anteriores podemos escribir:

ORDEN	POLIGONAL CERRADA	POLIGONAL ABIERTA	PARA 20 Km		PARA 50 Km	
			CERRADA	ABIERTA	CERRADA	ABIERTA
PRECISA	0.000 11P	0.00021P	2.2	4.2	5.5	10.5
PRIMERO	0.000 21P	0.000 51P	4.2	10.2	10.5	25.5
SEGUNDO	0.000 42P	0.000 92P	8.4	18.4	21.0	46.0
TERCERO	0.000 64P	0.001 64P	12.8	32.8	32.0	82.0

**NORMAS DE PRECISION PARA LEVANTAMIENTOS DE CONTROL VERTICAL**

<b>ORDEN Y CLASE</b>	<b>PRECISION RELATIVA NECESARIA ENTRE BANCOS DE NIVEL CONECTADOS DIRECTAMENTE</b>
<b>PRIMER ORDEN</b>	
CLASE I	0.57 mm
CLASE II	0.7 mm
<b>SEGUNDO ORDEN</b>	
CLASE I	1.0 mm
CLASE II	1.3 mm

La nivelación se puede realizar de la siguiente forma:

- a) Repitiendo la nivelación en sentido contrario, ya sea siguiendo la misma ruta u otra distinta. Este procedimiento tiene la ventaja de que al repetir la nivelación en dirección contraria, se pueden eliminar ciertos errores acumulables.
- b) Por medio de dos nivelaciones, realizadas en el mismo sentido pero con distintos puntos de liga. Este procedimiento se emplea para corroborar la nivelación realizada, teniendo la misma altura del instrumento pero diferentes lecturas en el estadal.
- c) Por doble altura del instrumento, ejecutando a la vez dos nivelaciones en igual dirección con los mismos puntos de liga, pero con diferentes alturas del instrumento.

Los dos últimos procedimientos son útiles cuando las líneas de nivelación son muy largas y no se requiere regresar al punto de partida.

NIVELACIÓN	TOLERANCIA EN METROS
<b>DE IDA Y REGRESO</b>	$T = \pm 0.01 \sqrt{P}$
	<p>P= SUMA DE LAS DISTANCIAS RECORRIDAS EN UNA Y OTRA DIRECCIÓN EN KILOMETROS.</p>
<b>DOBLE PUNTO DE LIGA</b>	$T = \pm 0.015 \sqrt{P}$
	<p>P= EL DOBLE DE LA DISTANCIA RECORRIDA EN KM.</p>
<b>POR DOBLE ALTURA DE APARATO</b>	$T = \pm 0.02 \sqrt{P}$
<b>ENTRE DOS PUNTOS DE COTAS CONOCIDAS</b>	$T = \pm 0.02 \sqrt{P}$ <p>P= DISTANCIA RECORRIDA DE UN BANCO A OTRO EN KM.</p>

Para realizar el estudio de las obras abandonadas en la zona poniente del Distrito Federal, es necesario realizar un estricto control topográfico subterráneo y de superficie, de preferencia en este orden, en razón que el levantamiento topográfico de cavidad determinara el área de influencia de la misma y por ende el rumbo a seguir, las calles y manzanas por levantar; así mismo, se ligarán las anomalías que existen en superficie con las de la cavidad, además de establecer los espesores de material existente entre el cielo de la cavidad y la superficie.

### **III.3. CONTROL DE SUPERFICIE.**

Los levantamientos planimétricos y altimétricos, se realizan para orientar la cavidad sobre la superficie y determinar los lotes afectados por la mina, calculando el espesor de material que existe entre el cielo de los túneles y algún punto de interés sobre la superficie del terreno.

El levantamiento planimétrico se realiza de preferencia por medio de una poligonal cerrada, pero dadas las características de la zona, muchas veces esto es difícil de realizar, por lo que el levantamiento principal se tendrá que auxiliar de una poligonal abierta, la cual cubrirá los andadores y calles secundarias, radiando los postes de luz, teléfono, pozos de visita, tomas de agua potable, drenaje y todos aquellos datos que se juzguen necesarios para ser plasmados en el plano correspondiente.

El control topográfico que se emplea para las cavidades subterráneas de la delegación Alvaro Obregón, se puede dividir en dos sistemas fundamentales, el control horizontal y el control vertical.

#### **III.3.1. CONTROL HORIZONTAL.**

El control horizontal de superficie se lleva a cabo a través de trilateración, triangulación y poligonales cerradas o abiertas, y en función de las cuales se establecerá un control primario y secundario. La clase de terreno, los requisitos del proyecto, el equipo disponible y las condiciones económicas determinan normalmente el tipo de sistema a seleccionar.

La obtención de los ángulos correspondientes a cada estación, se lleva a cabo empleando los métodos de repeticiones, series para ángulos interiores o exteriores, según sea el caso del cadenamamiento a seguir.

Cuando las mediciones se hacen por el método de los ángulos interiores, es conveniente hacer el cadenamiento de la poligonal en sentido contrario a las manecillas del reloj; no así, en los ángulos exteriores, los cuales se determinan en el sentido normal de las manecillas del reloj.

En cualquiera de los procedimientos anteriormente expuestos, es necesario conocer un rumbo o acimut de partida, para calcular y propagar las coordenadas de los vértices de la poligonal.

El rumbo o acimut de partida, se podrá determinar a través de una orientación astronómica; o bien, se obtendrá el rumbo magnético de cada uno de los lados de la poligonal por medio de una brújula, y para lo cual será suficiente conocer el rumbo magnético observado de uno de los lados, para propagarlos a todos los demás.

Para obtener el valor de los ángulos interiores o exteriores de los vértices de la poligonal, se realizan series de cinco o seis lecturas por cada estación, este procedimiento tiene la ventaja de poder corregir el error de colimación que pueda tener el aparato.

La medición de la distancia entre estaciones, se realiza por lo menos dos veces en ambos sentidos entre el cambio de estación, estos trabajos se ven simplificados notablemente, al emplear la estación total.

La determinación de los ángulos y distancias de las radiaciones se realiza una sola vez, sin dejar de prestar atención a cada uno de ellos, siendo de igual importancia que el ángulo de los puntos de estación; es conveniente que el croquis sea lo más representativo y limpio posible, ilustrando en forma clara todos los datos y detalles obtenidos.

### III.3.2. CONTROL VERTICAL.

Para realizar el control vertical de superficie, se deberán establecer redes de control a lo largo de la zona de interés, estableciendo diversos bancos de nivel, los cuales se deberán vincular preferentemente a la Red Nacional de Primer Orden; sin embargo, si los bancos de nivel de la red se encuentran muy lejos o resultan de dudosa calidad, la red de nivelación urbana local puede establecerse como un control vertical independiente, con alturas referidas a una superficie horizontal elegida arbitrariamente.

La nivelación tiene por objeto determinar la diferencia de alturas entre diversos puntos del terreno. Generalmente el problema consiste en determinar la cota de un punto respecto a otro cuya altura sobre el nivel del mar es conocida, cuando no se conoce la altura sobre el nivel del mar del punto con respecto al cual se desea determinar la diferencia de elevaciones, se le asigna al punto inicial una cota arbitraria suficientemente grande, para que en los puntos de liga o los vértices cuya cota se desee determinar resulten negativos.

**Nivelación diferencial compuesta.** Cuando los puntos extremos de una línea cuyo desnivel se desea conocer están muy lejos uno del otro o hay obstáculos intermedios, el desnivel se puede obtener por medio de una nivelación compuesta, realizando lectura al estadal colocado atrás y a delante del aparato, tantas veces como sea necesario, estableciendo puntos intermedios llamados puntos de liga (PL).

Los puntos de liga, deben ser objetos definidos y se establecen empleando objetos naturales o artificiales como rocas, troncos de árbol, estacas con clavos o grapas, marcas pintadas o labradas con cincel.

La nivelación diferencial compuesta requiere de una serie de cambios de instrumento a lo largo de la ruta de nivelación y para cada cambio de instrumento, se obtendrá una lectura atrás en el estadal colocado sobre un punto de elevación conocido y otra lectura adelante al punto de elevación desconocido.

Si se desea conocer el desnivel entre los bancos de nivel BN-1 y BN-2, un estadal se coloca sobre BN-1; el nivel se centra y nivela en un lugar conveniente (A), a lo largo de la ruta pero no necesariamente entre la línea directa que une al banco BN-1 y BN-2, el nivelador hace la lectura atrás en el primer estadal colocado en BN-1, anotando la lectura en el registro de campo, luego, se dirige al visual al siguiente estadalero, que marcará un punto de liga PL-1, de acuerdo a las indicaciones del nivelador, para que se haga la lectura a delante y se anote en el registro de campo.

Enseguida el nivel se instala en otro punto arbitrario (B), y se toma la lectura atrás en el estadal colocado en el punto PL-1, para después establecer un segundo punto de liga (PL-2) y hacer la lectura adelante, este mismo procedimiento se repite hasta llegar al siguiente banco de nivel BN-2.

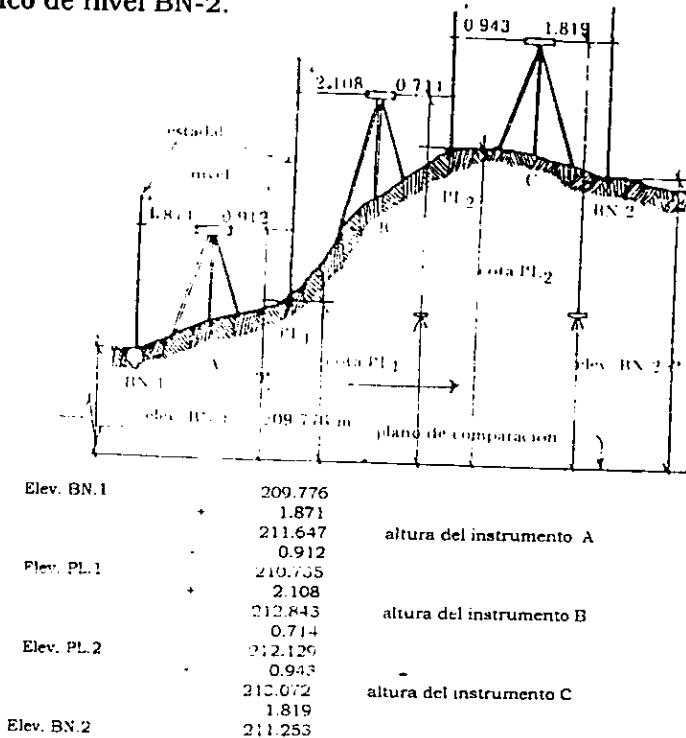


FIGURA.III.1.- Nivelación diferencial compuesta.

### **III.4. CONTROL SUBTERRANEO.**

Para realizar el control topográfico horizontal y vertical de la cavidad, es indispensable el apoyo de los puntos de superficie, los cuales deberán ubicarse en lugares fijos de fácil localización y próximos a la entrada, en donde se darán inicio los trabajos de topografía subterránea.

Generalmente las explotaciones realizadas en la delegación Alvaro Obregón, presentan accesos en forma horizontal o de socavón y en algunos casos en forma de tiro vertical, provocado principalmente por las depresiones, por lo que la metodología que emplearon esta en función de las condiciones y características que presenta el acceso.

Cuando los túneles presentan alturas reducidas, en donde la colocación del teodolito sea casi imposible, el levantamiento topográfico se realiza con brújula, tomando en forma directa e inversa el rumbo de cada estación repitiendo ésta operación por lo menos dos veces, para corregir los errores de atracción magnética.

#### **III.4.1. CONTROL HORIZONTAL.**

Cuando el levantamiento de control horizontal se lleve hasta el túnel por el método de socavón, los cálculos y procedimientos se simplifican notablemente, por lo que se ubicaran los vértices lo más cercano posible a la entrada del túnel, a partir del cual se iniciará el levantamiento topográfico de cavidad, siguiendo la misma metodología de superficie, es decir un levantamiento topográfico de ángulos y distancias a detalle, ubicando las zonas de derrumbes, filtraciones, rellenos, etc., midiendo en cada estación la sección correspondiente al túnel y su altura.

Si el acceso a la cavidad se presenta a causa de una depresión o tiro vertical, y se tiene el inconveniente de cómo dar continuidad al control horizontal, esto se podrá dar solución con la aplicación del teorema de Pothenot o de los tres vértices.

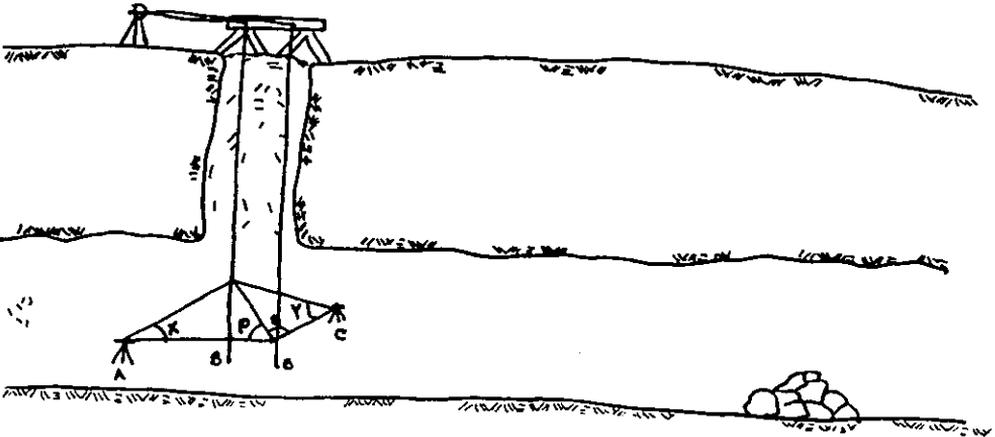
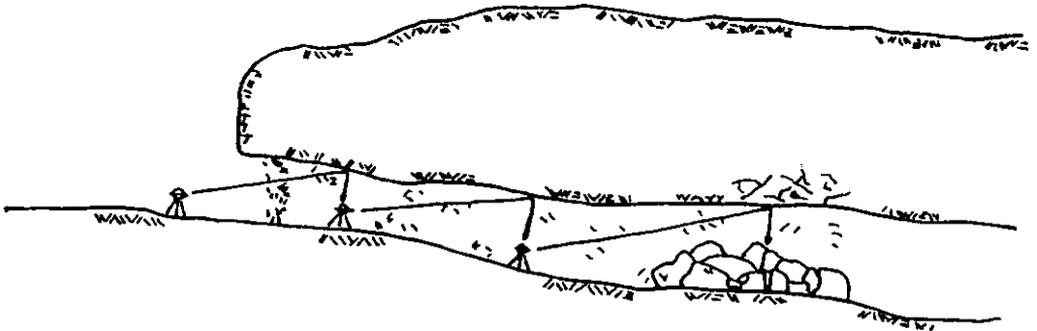


FIGURA III.2.- Acceso a la cavidad por medio de un socavón y a través de un tiro vertical

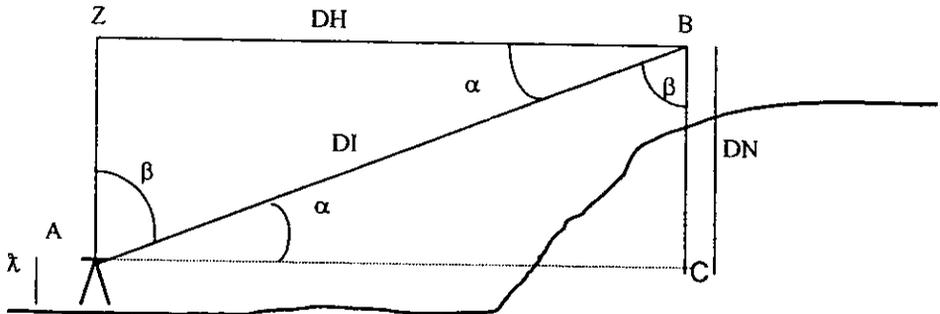
Las estaciones de control subterráneas, tienden a diferenciarse de las de superficie en la colocación de las estacas y trompos, los cuales generalmente se colocan en el techo del túnel para evitar algún movimiento o pérdida de las estaciones; en algunas ocasiones los vértices se colocaran en el piso de la cavidad, esto es cuando no hay transito de personal en los túneles o bien la bóveda presenta agrietamientos que ponen en riesgo la seguridad de las brigadas de trabajo.

Durante el levantamiento topográfico, se deberá tener presente que la colocación de los puntos y la altura del aparato estarán sujetos a las características geológicas, topográficas y altura de los túneles de la cavidad; muchas veces los vértices son colocados sobre rellenos, zonas de derrumbe, migración, bloques, entre otros, por lo que se debe tener un cuidado especial con la altura del teodolito, el desarrollo del túnel y sobre todo si no se cuenta con una visión clara de los vértices anteriores y subsecuentes, será muy difícil leer los ángulos de las estaciones siguientes, debido a que la visual dará en el techo de la cavidad o quedara obstruida por los bloques.

Para evitar esta situación, es recomendable que la brigada de trabajo unifique criterios y sobre todo el ingeniero topógrafo deberá asegurarse que en cada estación se visualicen claramente los puntos a radiar, para evitar centrar y nivelar el aparato nuevamente.

Otro de los detalles a cuidar es la forma en que se alumbrada cada estación, los cadeneros no deben dirigir la luz de la lámpara en forma directa hacia el observador ya que lo cegaría y no se podría realizar la observación en forma correcta, por lo que la luz se debe dirigir en forma lateral; por su parte el observador dirigirá su luz hacia el objetivo del aparato en forma lateral, para poder observar en forma nítida los hilos de la retícula y no cometer errores en la observación; algunos aparatos topográficos como la estación total, teodolitos electrónicos, cuentan con un sistema propio de iluminación con lo que se elimina este inconveniente.

Por las condiciones propias que guarda la cavidad, muchas veces no se pueden medir distancias horizontales, por lo que es necesario medir distancias inclinadas, para posteriormente reducirlas al horizonte; esto se logra sobre la base del siguiente razonamiento:



De donde:

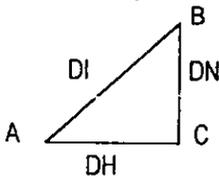
- $\alpha$  = ángulo vertical (tomado a partir del horizonte).
- $\beta$  = ángulo vertical (tomado a partir del cenit).
- $\lambda$  = altura del aparato.
- DN = desnivel.
- DH = distancia horizontal.
- DI = distancia inclinada.
- $h_i$  = altura del hilo de la plomada.

Tomando como base el triángulo ABC y aplicando las leyes de la trigonometría plana, se reducen las distancias al horizonte y con este mismo razonamiento se obtiene el desnivel, empleando para su cálculo el ángulo seno y coseno respectivamente.

Los datos que deben ser recabados en campo será la distancia inclinada y el ángulo vertical de cada estación. Si se mide la distancia horizontal, el desnivel puede ser calculado por el ángulo tangente.

**Para los ángulos medidos a partir del horizonte.-**

Del triángulo ABC tenemos que:



Para poder determinar la distancia horizontal será necesario reducirlo al horizonte

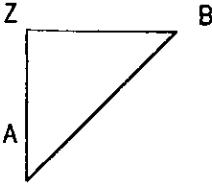
$$\text{Cos } \alpha = \frac{\text{DN}}{\text{DI}} \qquad \text{Sen } \alpha = \frac{\text{DH}}{\text{DI}}$$

∴ despejando la distancia horizontal y el desnivel obtenemos que.-

$$\text{DH} = \text{Cos } \alpha \times \text{DI} \qquad \text{DN} = \text{Sen } \alpha \times \text{DI} + \lambda - h_i$$

Para el ángulo medidos a partir del cenit.-

Del triángulo ZAB tenemos que.-



Para poder determinar la distancia horizontal será necesario reducirlo al horizonte.

$$\cos \alpha = \frac{DN}{DI} \qquad \text{Sen } \alpha = \frac{DH}{DI}$$

∴ despejando la distancia horizontal y el desnivel obtenemos que.-

$$DH = \text{Sen } \alpha \times DI \qquad DN = \text{Cos } \alpha \times DI + \lambda - h_i$$

### III.4.2. CONTROL VERTICAL.

Dados los esfuerzos vectoriales que generan las construcciones en contra de los túneles, se provoca el desprendimiento de grandes cantidades de material, el cual puede ser en forma de bloques o en partículas pequeñas, lo que ocasiona que muchos ramales presentan tirantes reducidos, esto es un inconveniente para el uso de los estadales convencionales que serán inapropiados. Para darle solución a esta dificultad se realiza conjuntamente con el levantamiento horizontal uno de tipo trigonométrico, que nos permita obtener el desnivel y cota de cada uno de los vértices del levantamiento subterráneo y de cualquier punto de interés. Únicamente se tomarán como datos el ángulo horizontal, vertical, la altura de aparato y las distancias horizontal e inclinada, para que posteriormente las distancias inclinadas se reduzcan al horizonte y se obtengan los desniveles obteniendo los ángulos horizontales y verticales, así como la altura de aparato y en caso de no haberse podido observar en forma directa el punto de estación, se medirá la altura del hilo de la plomada en donde se realizó la lectura del ángulo vertical, obteniendo el desnivel sobre la base de la siguiente fórmula:

$$DN = \text{SEN} \pm \text{ang. Vertical} \times DI. + \text{ALTURA DE APARATO} - hi.$$

y para las distancias cenitales se empleara:

$$DN = \text{COS} \pm \text{ang. Vertical} \times DI. + \text{ALTURA DE APARATO} - hi.$$

Utilizando esta fórmula podemos reducir las distancias al horizonte y establecer los desniveles y cotas en cada una de las estaciones del levantamiento y puntos de interés.

Para los ramales de los túneles en los que la altura sea mayor de 1.50 metros, se podrá realizar una nivelación diferencial o de perfil, con doble puesta de aparato, obteniendo con mayor rapidez los perfiles, cotas de piso y techo de la cavidad.

Con estos datos y con las cotas de superficie se obtendrán los espesores de material existentes entre la cavidad y la superficie.

Cuando los túneles presentan alturas reducidas en donde el levantamiento topográfico altimétrico sea casi imposible se utilizará una brújula, tomando en forma directa e inversa el ángulo vertical de cada estación, repitiendo esta operación por lo menos dos veces para corregir los errores por atracción magnética, de preferencia empleando una plomada en cada vértice y midiendo la distancia y la altura del hilo de la misma.

## **CAPITULO IV**

# **LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO SUPERFICIAL Y SUBTERRÁNEO**

Se estima que en el Distrito Federal existen poco más de 100 kilómetros cuadrados de túneles y socavones, que son el resultado de la extracción de materiales pétreos; tan solo en la delegación Alvaro Obregón, se calculan 60 kilómetros cuadrados en un total de 137 colonias, los 40 kilómetros restantes se localizan distribuidos en las delegaciones Miguel Hidalgo, Cuajimalpa e Iztapalapa.

Para entender en forma más clara los estudios que se realizan para la localización y control de cavidades, haremos mención de los trabajos realizados por parte del Gobierno del Distrito federal y la facultad de Ingeniería de la UNAM, en la cavidad C-JT-01, ubicada en la colonia Jalalpa, perteneciente a la delegación Alvaro Obregón.

La colonia Jalalpa se localiza en la parte media de la loma del mismo nombre y mide longitudinalmente 2.1 kilómetros, su ancho máximo es de 370 metros en su parte central, reduciéndose gradualmente en sus extremos NE y SW a 97 y 112 metros respectivamente.

La parte alta de la loma de Jalalpa tiene una configuración suave sensiblemente plana, con una pendiente descendente del 5% en dirección Poniente a Oriente y se encuentra delimitada al Norte por el Río Becerra, al Sur por la Barranca Jalalpa, al Oriente por la Presa Becerra y al Poniente por la Colonia Calzada Jalalpa.

Los márgenes del Río Becerra y la Barranca Jalalpa representan las zonas más críticas, debido a que en estas zonas cortes y terraplenes, teniendo pendientes descendentes de un 40 a un 70% y con una altura de 15 a 60 metros, tomando como punto de comparación el cauce del río y la parte alta de la loma.

Las explotaciones a cielo abierto y subterráneas que se realizaron en esta loma, fueron en los años 40 y hasta finales de los 60's y las extracciones de material que en un principio eran a cielo abierto se convirtieron en subterráneas al internarse hacia la loma.

Hasta la fecha se tienen registradas cinco excavaciones denominadas C-JT-01, C-JT-02, C-JT-03, C-JT-04, C-JT-05, las cuales fueron excavadas principalmente en el año de 19, las cuales fueron excavadas principalmente en los años de 1955 al 58, extrayendo las arenas pumíticas de color rosa.

Para la presente investigación, haremos referencia a la cavidad C-JT-01, la cual tiene un desarrollo lineal de 1,356.00 metros y un volumen calculado de 18,873.77 metros cúbicos, desarrollándose los túneles principalmente por las manzanas 9, 11, 18, 19 y 21 de esta colonia, los materiales que se explotaron fueron arenas pumíticas de grano medio y fino.

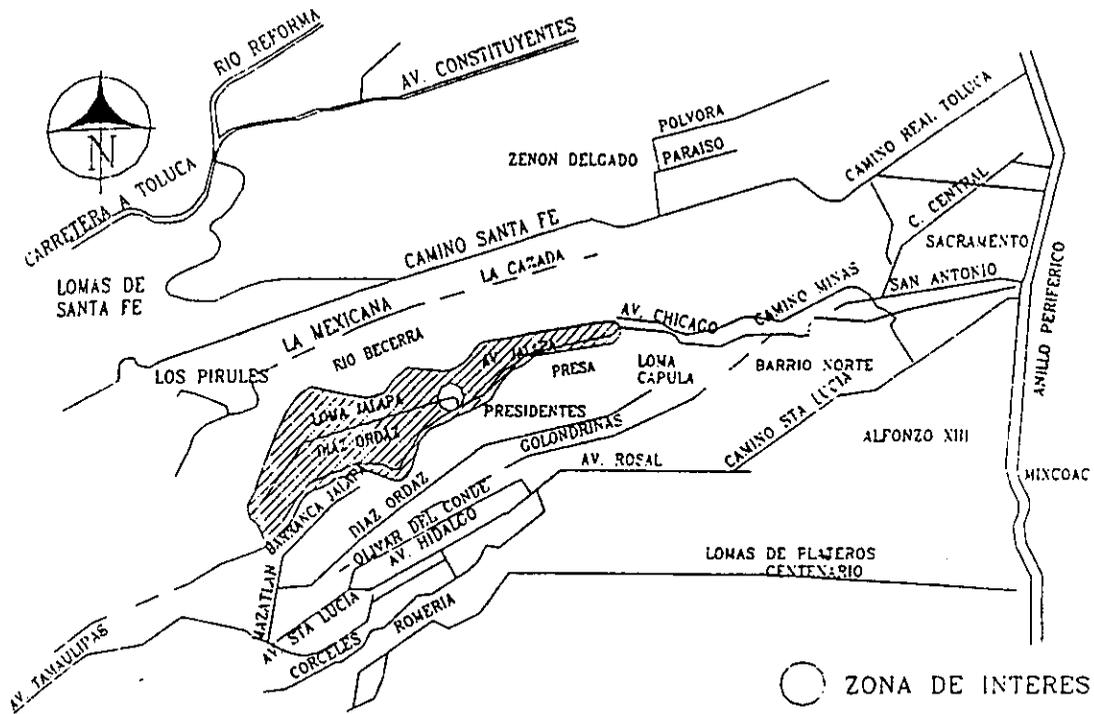


FIGURA. IV.1.- Localización de la loma de Jalapa.

#### **IV.1. DETECCION DE CAVIDAD.**

Sobre la calzada Jalapa en el año de 1997, se presentó una depresión a causa de un colapso de bóveda, provocado por una fuga de agua y al constante tránsito vehicular, este proceso aceleró el proceso de migración de los túneles, por lo que se manifestaron en la superficie como una depresión, la cual fue tapada posteriormente por los vecinos de la zona, depositando material heterogéneo a volteo y sin compactar.

No se dio tiempo a realizar el estudio y amarre topográfico correspondiente; a pesar de saber que puede tratarse de una de las muchas cavidades que hay en la zona y que es sin duda la causante de la falla de los elementos estructurales de muchas casas, siendo los más comunes los agrietamientos a 45° en bardas y marcos de ventanas, así como la pérdida de la verticalidad y desplome de casas de dos o más niveles, además de las constantes fugas de drenaje y agua potable.

Tomando en consideración los antecedentes históricos de las explotaciones subterráneas y a los rellenos de cortes y barrancas que se han realizado en la delegación Alvaro Obregón y en caso particular de ésta loma, a estas evidencias se les debe realizar el estudio y levantamiento topográfico, dando el seguimiento correspondiente y determinando las verdaderas causas que ocasionan la inestabilidad del subsuelo, por lo que se indaga con los habitantes de la colonia, si se conocía de algún acceso a la cavidad; informándonos que en el lote 16 de la manzana 9, había un socavón parcialmente obturado, por lo que se solicitó la intervención de la delegación Alvaro Obregón, para solicitar la autorización del propietario y limpiar el acceso y la depresión ocurrida en la Av. Jalalpa.

## **FOTOINTERPRETACION.**

Para establecer la magnitud de las explotaciones de material que se realizaron en esta zona, se debe realizar un estudio de fotointerpretación, analizando los cambios que ha sufrido la loma en las ultimas cinco décadas.

Sobre la base de la fotointerpretación, podemos identificar la evolución y los cambios morfológicos que se han realizado en la loma de Jalalpa, identificando el año de inicio de las explotaciones, por lo que se establece lo siguiente:

### **Año 1941.**

La loma de Jalalpa se encuentra totalmente deshabitada; sin embargo en la loma contigua de Olivar del Conde, ya existen campos de minas de explotación a cielo abierto.

Por el ángulo y la hora en la que fue tomada la fotografía, es difícil establecer con precisión la existencia de bocaminas en los cortes de la ladera contigua.

### **Año 1944.**

La loma continua deshabitada pero a sido deforestada en su parte alta y en muy próxima al Río Becerra.

En las lomas contiguas las explotaciones a cielo abierto continúan propagándose por toda la loma del Olivar del Conde.

### **Año 1947.**

En la loma de Jalalpa, el área deforestada se ha incrementado notablemente; se aprecian algunos caminos vecinales.

Por su porte en la loma del Olivar, la extracción de material a cielo abierto han terminado, para dar paso a la explotación subterránea; no se pueden observar nítidamente los socavones, pero los caminos de terracería se pierden en los cortes.

**Año 1952.**

En la parte alta y baja de la loma de Jalalpa, se observan las primeras explotaciones a cielo abierto, siendo aisladas pero de grandes magnitudes.

En la loma contigua, las explotaciones no son tan intensas, se observan aisladamente algunos trabajos de extracción de material, en lo que antes fueron grandes complejos mineros.

**Año 1955.**

La loma de Jalalpa esta deforestada e invadida en su totalidad por explotaciones a cielo abierto. Ahora ésta loma es la gran novedad, todos quieren extraer material de esta zona; mientras que unos inician la explotación a cielo abierto, los más avanzados se internan a la loma a través de socavones.

La loma del Olivar, en donde anteriormente se encontraban grandes complejos mineros a esta fecha abandonados y se observan pequeños asentamiento aislados.

**Año 1958.**

La extracción de material se realiza a través de socavones, los cuales se pueden observar por toda la loma de Jalalpa.

Los asentamientos irregulares en la loma de Olivar del Conde, ya no son pequeños y aislados, están cubriendo poco a poco la loma, depositan rellenos en la barranca de jalalpa en su parte Norte, sobre el río Becerra y en los cortcs de las antiguas explotaciones.

**Año 1961.**

Ya no se observan explotaciones a cielo abierto o subterráneas, pero la loma de Jalalpa parece un verdadero campo de batalla, carcomido y lleno de socavones.

Lo que hace tan solo unos años atrás era un hormiguero, ahora se encuentra desértico. Existen pequeños grupos aislados de asentamientos humanos irregulares.

**Año 1965.**

La loma de Jalalpa esta destinada a tener la misma historia que la del Olivar del Conde, se observan numerosos grupos de personas que se han asentado en de donde tan solo hace unos cuantos años atrás se extrajeron grandes cantidades de material.

**Año 1972.**

La geomorfología de la loma de Jalalpa a cambiado por completo y se encuentra habitada casi en su totalidad, la urbanización que a sufrido la zona dificulta la localización con exactitud de las áreas donde se llevo a cabo la explotación.

**Año 1976.**

La loma de Jalalpa se modifica día con día, es casi imposible reconocer las zonas donde anteriormente se encontraban los socavones.

**Año 1995.**

Haciendo la comparación de fotografías aéreas de años pasados con las de éste, podemos establecer en forma aproximada las zonas de alto riesgo, observando la existencia de doce socavones, por lo que es claro que esta colonia se encuentra asentada sobre antiguos túneles de explotación.



FIGURA .IV.2. fotografías aéreas de la loma de Jalaípa, año de 1972.

## **RECONOCIMIENTO SUPERFICIAL.**

Mientras que se realizan los trabajos correspondientes para retirar el material depositado en la depresión y en el socavón del lote 16 de la manzana 9; se hace un recorrido minucioso por la colonia realizando una investigación visual identificando los lugares que presenten los mayores índices de inestabilidad en el subsuelo, como son los agrietamientos, pérdida de la verticalidad de los elementos estructurales, hundimientos, taludes, áreas de relleno; además, de identificando los posibles estratos de material que fueron extraídos.

Se puede observar que sobre la carpeta asfáltica de las calles Joséfa Ortiz de Domínguez y Calzada Jalalpa, hay hundimientos y una gran cantidad de parches sobre el asfalto, lo cual indica que tanto el drenaje como la red de agua potable están en constante reparación, por lo que suponemos que estas calles sufren asentamientos diferenciales, producto de la migración de túneles. Se aprecian grandes cantidades de relleno, que utilizaron los colonos para desplantar sus construcciones basándose en cortes y terraplenes.

Por la configuración que se tiene en la loma, los estratos de material explotable se encuentran en su parte media, por lo que, la extracción de material se concentro al segundo estrato (arena pumítica de grano medio), ubicándose entre las cotas 2405 a la 2450 metros sobre el nivel medio del mar, poniendo en riesgo a todas las familias que se asentaron en la parte media y alta de la loma, sumado a todo esto las construcciones que se alojan en la parte baja se encuentra muy próximos al cause del río, por tal razón ésta loma es considerada de alto riesgo.

## **RECONOCIMIENTO DE CAVIDAD.**

Toda vez que tenemos acceso a la cavidad por la oquedad realizada enfrente del lote 16 de la manzana 9, se realiza un recorrido general, determinando las condiciones de intemperismo en paredes y techo, filtraciones de agua, zonas de derrumbes, rellenos, migración, clasificación geológica de la cavidad, estratos de material y niveles de explotación.

Al llevar a cabo el recorrido por los diversos túneles que conforman a la cavidad denominada C-JT-01, podemos establecer que la explotación de material se realizó en el estrato de arena pumítica de grano medio, presentando los túneles secciones irregulares, así como zonas con enormes colapsos de bóveda, rebasando en algunas partes el estrato de arena pumítica de grano grueso, hasta llegar al estrato de arenas y gravas grisáceas, formando montículos con un desnivel que varía de los 2 a los 8 metros aproximadamente, los colapsos de bóveda obstruyen varios ramales impidiendo la exploración en su totalidad, teniendo la interrogante de su desarrollo final.

Los túneles se observan inestables, existiendo en la bóveda fracturas y filtraciones de agua, a tal grado, que en los ramales cercanos a la entrada, existen grandes acumulaciones de aguas negras, las cuales se alojaron en ésta parte durante los trabajos de cambio de tubería, lo que impide el reconocimiento y la realización del levantamiento topográfico en estos túneles, hasta que el agua sea desalojada.

Por otra parte, se localizo un ramal obstruido por un muro de tabique (estaciones 21 y 22) y dos más bloqueados por muros de mampostería (estaciones 4 y 27), los cuales corresponden a la continuación de otro ramal. Los muros fueron colocados por parte de los dueños del predio N° 13 de la Manzana 9; 4, 5 y 7 de la Manzana 21 respectivamente, cuando realizaron la cimentación de sus casas.

## **IV.2. LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO.**

Los levantamientos planimétricos y altimétricos, se realizan para orientar la cavidad sobre la superficie, estableciendo los lotes afectados por los túneles, además se determinara el espesor de material existente entre el cielo de la cavidad y la superficie.

El levantamiento topográfico de superficie, se realiza por medio de una poligonal cerrada llamada principal o envolvente que cubre la parte central de la zona afectada por los túneles de la cavidad, auxiliándose de poligonales abiertas las cuales cubren pasillos y calles secundarias.

Para el control vertical se realiza una nivelación diferencial, la cual tiene como objetivo conocer los valores altimétricos de cada una de las estaciones de la poligonal, esquina de calles, pozos de visita, registros de agua potable y sobre todo los bancos de nivel que se establecen y distribuyen por toda la zona de estudio, para que sirvan de apoyo a los posteriores trabajos de regeneración.

El levantamiento topográfico de cavidad se realizara por medio de una sola poligonal, siempre que las condiciones geométricas de los túneles lo permitan, llevando el cadenamamiento por el centro de los túneles preferentemente, haciendo cierres secundarios a la poligonal principal.

El control vertical subterráneo, se puede llevar a cabo por medio de una nivelación diferencial cuando las condiciones y características de la cavidad lo permiten; en caso contrario, se realizara en conjunción con el levantamiento horizontal uno de tipo trigonométrico, midiendo el ángulo vertical y la distancia inclinada de cada una de las estaciones para posteriormente reducirlas al horizonte.

## **IV.2.1. LEVANTAMIENTO SUPERFICIAL.**

Para poder establecer el control superficial es necesario realizar un levantamiento topográfico tanto planimétrico como altimétrico de la zona de estudio envolviéndola en una sola poligonal cerrada y auxiliándose de poligonales abiertas.

Dadas las condiciones catastrales que presenta la colonia Jalalpa, es complicado llevar una sola poligonal, por lo que se debe auxiliar de poligonales abiertas que cubran calles secundarias o bien sirvan de comprobación de cierre para los vértices de la poligonal principal.

Para conocer el desnivel que existe en diversos puntos de interés como vértices de la poligonal principal o secundaria, pozos de visita, registros de agua potable, postes de luz, teléfono y bancos de nivel preestablecidos, es indispensable realizar una nivelación diferencial estableciendo las cotas de cada uno de estos puntos.

Debemos recordar que tanto los datos planimétricos como altimétricos son de suma importancia para poder llevar a cabo el proyecto de regeneración de cavidad.

### **IV.2.1.1. LEVANTAMIENTO HORIZONTAL**

El levantamiento horizontal de superficie, debe abarcar el área afectada por los túneles, esto se realiza por medio de una poligonal cerrada auxiliándose de una poligonal abierta.

Para determinar los ángulos horizontales de cada vértice, se realizan repeticiones angulares, que consiste en medir varias veces el mismo ángulo acumulando las lecturas y realizando en cada estación los siguientes pasos:

- 1) Centrado y nivelado el aparato, se pone en coincidencia el cero del limbo horizontal y se fija el movimiento particular.

- 2) Con el movimiento general se dirige el anteojo a visar el vértice de atrás y se fija dicho movimiento.
- 3) Soltando el movimiento general, se visa el vértice de adelante y se toma la lectura del ángulo horizontal.
- 4) Fijando la lectura en el bernier con el tornillo particular y se visa nuevamente al primer punto.
- 5) Soltando el movimiento particular, se dirige la visual nuevamente al punto requerido, acumulando el valor angular.
- 6) Este mismo procedimiento se repite tantas veces se considere necesario.
- 7) El ángulo verdadero existente entre las dos estaciones será el valor del último ángulo dividido entre el número de repeticiones realizadas.

$$\text{Valor observado del ángulo repetido} = \frac{\text{Última lectura angular}}{\text{Numero de repeticiones}}$$

- 8) Para los casos en los que la distancia se reduzca al horizonte, se tomara el promedio de los ángulos verticales, leídos en forma directa e inversa.

La medición de las distancias horizontales se realizara en el cambio de estación por lo menos dos veces en ambos sentidos, si fuese necesario reducir alguna distancia al horizonte esta se hará empleando del ángulo vertical.

A continuación se presentan los datos y cálculos del levantamiento topográfico, correspondiente al control horizontal de superficie de la cavidad C-JT-01.

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO**  
**FACULTAD DE INGENIERIA**  
**POLIGONAL PRINCIPAL**

LUGAR:	DELEGACION ALVARO OBREGON	LEVANTO:	RUBEN LEYVA RAMIREZ
COLONIA:	JALALPA TEPITO	CALCULO:	RUBEN LEYVA RAMIREZ
FECHA:	6 DE AGOSTO 1998		
	APARATO WILL T-2 APROXIMACION 15"		

LADO EST. P.V.	ANGULO HORIZONT	RUMBO	ACEP	DISTANCIA	PROYECCIONES SIN CORREGIR				CORRECCIONES		PROYECCIONES CORREGIDAS				VERT	COORDENADAS		
					N+Y	S-Y	E+X	W-X	Y	X	N+Y	N-Y	E+X	W-X		Y	X	
A	B	161° 04' 30"	SE 09° 45' 00"		45.492		44.83492	7.70404		0.00663844	0.00045844		44.84155	7.70451		A	500.000	500.000
B	C	105° 55' 30"	SE 83° 49' 30"		45.383		4.88165	45.11968		0.0007228	0.00268488		4.88237	45.12237		B	455.158	507.7045
C	D	164° 24' 15"	NE 80° 34' 45"		45.522	8.10599		48.85408		0.00120021	0.0029071	8.10479		48.85699		C	450.276	552.827
D	E	221° 23' 45"	SE 38° 01' 30"		12.500		6.61936	10.60349		0.00098009	0.00063097		6.62034	10.60412		D	458.381	601.684
E	G	147° 29' 30"	NE 89° 28' 00"		63.034	0.58673		63.03126		0.00008687	0.00375073	0.58665		63.03502		E	451.761	612.288
G	H	188° 05' 45"	SE 82° 26' 15"		22.207		2.92261	22.01384		0.00043273	0.00130995		2.92304	22.01515		G	452.347	675.323
H	I	80° 11' 30"	NW 02° 14' 45"		26.805	26.78441			1.05041	0.00396581	6.2505E-05	26.78044			1.05035	H	449.424	697.338
I	J	178° 11' 15"	NW 04° 03' 30"		38.903	38.80545			2.75324	0.00374569	0.00016383	38.7997			2.75308	I	476.205	696.388
J	L	178° 01' 30"	NW 06° 02' 00"		23.151	23.02276			2.43333	0.00340884	0.0001448	23.01935			2.43318	J	515.004	693.535
L	N	177° 31' 45"	NW 08° 30' 00"	00°15'	40.360	39.91668			5.96558	0.00591022	0.00035499	39.91077			5.96523	L	538.024	691.102
N	M	182° 02' 30"	NW 06° 27' 30"		45.998	45.70609			5.17388	0.00676743	0.00030788	45.69932			5.17357	N	577.934	685.136
M	P	91° 33' 15"	SW 85° 03' 45"		45.295		3.87224		45.12917	0.00057334	0.00268545		3.87281		45.12649	M	623.634	679.963
P	O	177° 39' 15"	SW 83° 05' 00"		46.417		5.58979		46.07919	0.00082765	0.00274198		5.59062		46.07645	P	619.761	634.836
O	Q	181° 03' 15"	SW 84° 08' 15"		53.136		5.42738		52.85809	0.0008036	0.00314536		5.42819		52.85495	O	614.17	588.760
Q	S	201° 45' 00"	NW 74° 06' 45"		20.294	5.55549			19.51879	0.00082257	0.00116148	5.55465			19.51763	Q	608.742	535.905
S	T	140° 06' 15"	SW 65° 59' 30"		26.453		10.76291		24.16445	0.0015936	0.00143793		10.76451		24.16301	S	614.297	516.387
T	U	109° 42' 30"	SED 4° 18' 00"		51.000		50.85644	3.82391		0.00753001	0.00022755		50.86397	3.82414		T	603.532	492.224
U	V	154° 35' 15"	SE 29° 42' 45"		12.108		10.51608	6.0013		0.00155705	0.00035711		10.51764	6.0016		U	552.668	496.048
V	Y	204° 17' 15"	SE 05° 25' 30"		14.805		14.73868	1.3997		0.00218227	0.00008329		14.74086	1.39978		V	542.151	502.050
Y	A	192° 35' 45"	SW 07° 10' 30"	00°15'	27.622		27.4057	3.44999		0.0040578	0.00020529		27.40975	3.44979	Y	527.410	503.450	

<b>SUMA = 3239° 59' 30"</b>	<b>706.485</b>	<b>188.484</b>	<b>188.428</b>	<b>208.551</b>	<b>208.576</b>	<b>0.05580702</b>	<b>0.024822</b>	<b>188.457</b>	<b>188.457</b>	<b>208.564</b>	<b>208.564</b>	<b>500.000</b>	<b>500.000</b>
-----------------------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	-------------------	-----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------

180° (n-2) = 3240°

ERROR EN Y = 0.05584

ERROR EN X = 0.02482

ERROR ANGULAR = 30"

ERROR LINEAL = 0,0644 metros

TOLERANCIA ANGULAR = 00° 01' 07,08"

TOLERANCIA LINEAL = 0,541 metros

PRIMER ORDEN

0,0611 < 0,541

AREA TOTAL DE LA POLIGONAL ENVOLVENTE = 30,994,067 metros

# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

## FACULTAD DE INGENIERIA

LUGAR: DELEGACION ALVARO OBREGÓN

LEVANTO: RUBEN LEYVA RAMIREZ

COLONIA: JALALPA TEPITO

APARATO: WILL T-2 PROXIMACIÓN: 15"

### POLIGONAL SECUNDARIA

FECHA: 6 DE AGOSTO DE 1998.

LADO	EST	P.V.	ANGULO HORIZONTAL	RUMBO	DISTANCIA	PROYECCIONES		VERT.	COORDENADAS		NOTA
						Y	X		Y	X	
C	I		80° 10' 00"	NW 03° 39' 30"	28,196	28,138	-1,800	C	450,276	552,827	
I	II		179° 41' 45"	NW 03° 57' 45"	22,586	22,532	-1,561	I	478,414	551,027	a 1,50 metros del poste de luz
II	III		179° 29' 45"	NW 04° 28' 00"	26,774	26,693	-2,085	II	500,946	549,446	
III	IV		179° 19' 45"	NW 05° 08' 15"	27,269	27,159	-2,442	III	527,639	547,381	
IV	V		178° 42' 45"	NW 06° 25' 30"	27,979	27,803	-3,131	IV	554,798	544,939	
V	Q		173° 42' 01"	NW 12° 43' 29"	26,799	26,141	-5,903	V	582,601	541,808	
O	R		96° 46' 45"	SE 00° 08' 15"	48,202	-48,207	0,116	O	614,17	588,76	
R	X		174° 05' 15"	SE 06° 03' 00"	61,198	-60,857	6,45	R	565,963	588,876	
X	AI		151° 47' 30"	SE 34° 15' 30"	27,185	-22,467	15,303	X	505,106	595,326	
AI	BI		156  28' 15"	SE 57° 47' 15"	27,934	-14,89	23,634	AI	482,639	610,629	
BI	G		168° 21' 00"	SE 59° 26' 15"	43,853	-15,402	41,06	BI	467,749	634,263	
X	Z		91° 03' 30"	NE 85° 00' 30"	51,235	4,458	51,041	X	505,106	595,326	
Z	J		178° 24' 45"	NE 83° 25' 15"	47,481	5,44	47,168	Z	509,564	646,367	
								J	515,004	693,535	

#### **IV.2.1.2. LEVANTAMIENTO VERTICAL.**

Para establecer el control vertical se debe realizar una nivelación diferencial, la cual tiene como finalidad conocer los valores altimétricos correspondientes a puntos de superficie y de los que se presume se encuentran sobre los túneles de la cavidad.

Al hacer la diferencia de las cotas obtenidas en el interior de la cavidad y de superficie, se podrá obtener el encape existente entre el túnel y la superficie; lo que será de gran importancia en la proyección de los puntos de perforación de las lumbreras en los proyectos de regeneración.

Como todo trabajo de topografía, la nivelación se debe comprobar, esto se lleva a cabo realizando doble altura de aparato y estableciendo circuitos de nivelación, garantizando con esto un buen control vertical. Al efectuar la comprobación de una nivelación se obtienen dos valores para el desnivel total; el valor más probable es el promedio de los dos resultados o media aritmética, el cual servirá como dato de proyecto.

La ventaja que se obtiene al emplear la doble altura de aparato para obtener los desniveles, es la realización de dos nivelaciones en igual dirección con los mismos puntos de liga, pero con diferentes alturas de instrumento; es decir, lo único que cambia es la altura de la línea de colimación, teniendo dos lecturas diferentes en el estado y verificando la nivelación mediante la cota de los puntos de liga, banco de nivel, además de cerrar los circuitos de nivelación.

A continuación se presentan los registros de campo de los circuitos de nivelación realizados en la colonia Jalalpa, obtenidos durante los trabajos de regeneración de la cavidad C-JT-01.

# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

## FACULTAD DE INGENIERIA

LUGAR: DELEGACION ALVARO OBREGON LEVANTO: RUBEN LEYVA RAMIREZ

COLONIA: JALAPA TEPITO CALCULO: RUBEN LEYVA RAMIREZ

### NIVELACION DIFERENCIA

FECHA: SEPTIEMBRE DE 1998

#### CIRCUITO N° 1.

P.V.	LEC (+)		LEC (-)	COTA		P.V.	LEC (+)		LEC (-)	COTA
B	1,370	101,370		100,000		B	1,382	101,382		100,000
PL1	0,940	100,325	1,985	99,385		PL1	1,000	100,385	1,997	99,385
A	1,050	98,200	3,175	97,150		A	1,037	98,188	3,234	97,151
PL2	1,123	96,744	2,579	95,621		PL2	1,120	96,741	2,567	95,621
PL3	1,026	95,072	2,698	94,046		PL3	1,057	95,103	2,695	94,046
C	3,538	95,558	3,052	92,020		C	3,50	95,520	3,083	92,020
PL4	2,811	97,935	0,434	95,124		PL4	2,844	97,969	0,395	95,125
I	3,684	100,024	1,595	96,340		I	3,451	99,789	1,631	96,338
PL5	3,795	102,725	1,094	98,930		PL5	3,790	102,720	0,859	98,930
PL6	2,887	104,612	1,000	101,725		PL6	2,922	104,645	0,997	101,723
II	3,760	107,490	0,882	103,730		II	3,749	107,480	0,914	103,731
PL7	3,492	110,263	0,719	106,771		PL7	3,506	110,278	0,708	106,772
III	3,920	113,230	0,953	109,310		III	3,871	113,182	0,967	109,311
PL8	2,663	115,462	0,431	112,799		PL8	2,743	115,541	0,384	112,798
IV	2,937	117,397	1,002	114,460		IV	2,809	117,269	1,081	114,460
V	2,846	119,506	0,737	116,660		V	2,819	119,479	0,609	116,660
Q	1,694	119,004	2,196	117,310		Q	1,603	118,914	2,168	117,311
S	1,849	119,899	0,954	118,050		S	1,928	119,978	0,864	118,050
T	1,038	120,268	0,669	119,230		T	1,012	120,243	0,747	119,231
U	1,216	118,396	3,088	117,180		U	1,33	118,510	3,063	117,180
PL9	1,110	115,987	3,519	114,877		PL9	1,407	116,285	3,632	114,878
V	1,231	114,501	2,717	113,270		V	1,425	114,695	3,015	113,270
PL10	1,030	112,547	2,984	111,517		PL10	1,005	112,522	3,178	111,517
PL11	0,753	109,940	3,360	109,187		PL11	0,945	110,131	3,336	109,186
Y	0,842	107,822	2,960	106,980		Y	0,866	107,847	3,15	106,981
PL12	0,995	105,397	3,420	104,402		PL12	0,9	105,301	3,446	104,401
PL13	1,117	102,752	3,762	101,635		PL13	0,998	102,633	3,666	101,635
PL14	1,105	99,965	3,892	98,860		PL14	1,05	99,909	3,774	98,859
A	2,042	99,192	2,815	97,150		A	2,231	99,380	2,76	97,149
PL15	1,597	100,522	0,267	98,925		PL15	1,316	100,241	0,455	98,925
B			0,521	100,001		B			0,241	100,000

SUMA =	59,461	SUMA =	59,460	SUMA =	59,616	SUMA =	59,616
	DIFERENCIA =		0,001		DIFERENCIA =		0,000

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO**

**FACULTAD DE INGENIERIA**

LUGAR: DELEGACION ALVARO OBREGON      LEVANTO: RUBEN LEYVA RAMIREZ  
 COLONIA: JALAPA TEPITO      CALCULO: RUBEN LEYVA RAMIREZ

**NIVELACION DIFERENCIA**

FECHA: SEPTIEMBRE DE 1998

**CIRCUITO N° 2.**

P.V.	LEC (+)		LEC (-)	COTA		P.V.	LEC (+)		LEC (-)	COTA
C	1,324	93,344		92,020		C	1,319	93,339		92,020
D	1,486	92,526	2,304	91,040		D	1,499	92,539	2,299	91,040
E	2,620	93,720	1,426	91,100		E	2,393	93,492	1,440	91,099
PL16	3,173	96,061	0,832	92,888		PL16	3,265	96,154	0,603	92,889
G	3,876	98,346	1,591	94,470		G	3,907	98,377	1,684	94,470
PL17	3,791	101,810	0,327	98,019		PL17	3,596	101,615	0,358	98,019
PL18	2,984	104,299	0,495	101,315		PL18	2,995	104,309	0,301	101,314
B1	3,326	105,281	2,344	101,955		B1	3,540	105,494	2,355	101,954
A1	3,543	107,243	1,581	103,700		A1	3,391	107,091	1,794	103,700
X	2,738	109,498	0,483	106,760		X	2,943	109,704	0,330	106,761
PL19	3,200	111,758	0,940	108,558		PL19	3,560	112,119	1,145	108,559
PL20	3,699	114,939	0,518	111,240		PL20	3,44	114,681	0,878	111,241
R	1,748	115,838	0,849	114,090		R	1,705	115,796	0,590	114,091
O	2,824	117,585	1,077	114,761		O	2,950	117,710	1,036	114,760
PL21	3,019	119,738	0,866	116,719		PL21	3,555	120,274	0,991	116,719
Q	1,710	119,020	2,428	117,310		Q	1,517	118,827	2,964	117,310
V	0,568	117,228	2,360	116,660		V	0,863	117,522	2,168	116,659
IV	0,473	114,933	2,768	114,460		IV	0,401	114,861	3,062	114,460
PL22	0,485	111,596	3,822	111,111		PL22	0,432	111,542	3,751	111,110
III	0,325	109,637	2,284	109,312		III	0,399	109,709	2,232	109,310
PL23	0,406	106,138	3,905	105,732		PL23	0,555	106,286	3,978	105,731
II	0,728	104,460	2,406	103,732		II	0,908	104,638	2,556	103,730
PL24	0,112	100,755	3,817	100,643		PL24	0,276	100,918	3,996	100,642
PL25	0,735	97,845	3,645	97,110		PL25	0,431	97,539	3,810	97,108
I	0,228	96,570	1,503	96,342		I	0,198	96,537	1,200	96,339
PL26	1,079	93,800	3,849	92,721		PL26	1,265	93,985	3,817	92,720
C			1,778	92,022		C			1,965	92,020
<b>SUMA =</b>	<b>50,200</b>	<b>SUMA =</b>	<b>50,198</b>			<b>SUMA =</b>	<b>51,303</b>	<b>SUMA =</b>	<b>51,303</b>	
	<b>DIFERENCIA =</b>		<b>0,002</b>				<b>DIFERENCIA =</b>		<b>0,000</b>	

# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

## FACULTAD DE INGENIERIA

LUGAR: DELEGACION ALVARO OBREGON      LEVANTO: RUBEN LEYVA RAMIREZ

COLONIA: JALAPA TEPITO      CALCULO: RUBEN LEYVA RAMIREZ

### NIVELACION DIFERENCIA

FECHA: SEPTIEMBRE DE 1998

#### CIRCUITO N° 3.

P.V.	LEC (+)		LEC (-)	COTA		P.V.	LEC (+)		LEC (-)	COTA
A1	1,035	104,735		103,700		A1	1,118	104,818		103,700
B1	0,987	102,942	2,78	101,955		B1	0,745	102,700	2,863	101,955
PL27	0,762	100,704	3,000	99,942		PL27	0,849	100,192	3,357	99,343
PL28	0,152	97,108	3,748	96,956		PL28	0,362	97,318	3,236	96,956
G	1,225	95,696	2,637	94,471		G	1,513	95,983	2,848	94,470
H	3,856	96,956	2,596	93,100		H	3,991	97,091	2,883	93,100
PL29	3,883	100,600	0,239	96,717		PL29	3,800	100,516	0,375	96,716
PL30	2,795	103,201	0,194	100,406		PL30	2,536	102,945	0,109	100,407
I	3,545	104,855	1,891	101,310		I	3,385	104,694	1,634	101,309
PL31	3,682	107,507	1,030	103,825		PL31	3,627	107,454	0,867	103,827
J	2,346	107,516	2,337	105,170		J	2,450	107,621	2,283	105,171
Z	1,751	108,611	0,656	106,860		Z	1,774	108,633	0,762	106,859
X	0,573	107,333	1,851	106,760		X	0,836	107,595	1,874	106,759
A1			3,633	103,700		A1		103,700	3,895	103,700

SUMA =	26,592	SUMA =	26,592	SUMA =	26,986	SUMA =	26,986
DIFERENCIA =		DIFERENCIA =	0,000	DIFERENCIA =		DIFERENCIA =	0,000

### **IV.2.1.3. ORIENTACIÓN ASTRONÓMICA.**

Como parte complementaria a los trabajos de campo se orienta magnéticamente la primera línea con una brújula, esta orientación es relativa y para poder orientar la línea en forma absoluta, se debe hacer una orientación astronómica mediante observaciones a los astros.

Haciendo una descripción breve, podemos establecer que el sol sigue una trayectoria curva a causa del movimiento de rotación de la tierra alrededor de su eje, por lo que se observa ascender por el oriente, moviéndose hacia el poniente en donde desaparece después de haber alcanzado su máxima altura en el cenit. Este es un movimiento aparente en el que los astros describen una órbita circular aparente alrededor de la tierra en 24 horas; se debe recordar sin embargo, que la tierra traza una trayectoria elíptica alrededor del sol estacionario una vez cada año.

Puesto que el eje polar está inclinado en un ángulo de aproximadamente  $23 \frac{1}{2}^{\circ}$  con respecto a la normal del plano de la órbita alrededor del sol, la trayectoria observada del astro varía durante el año y esto se refleja en los valores que adquiere la declinación (6).

Tradicionalmente la dirección verdadera de una línea se establece por observaciones a las estrellas o al sol; de hecho, este último procedimiento es muy sencillo y bastante rápido.

Para obtener con precisión la dirección de las líneas de los levantamientos, es necesario recurrir a las observaciones y al cálculo astronómico. En minería se emplea el método que se emplea generalmente es el de observaciones al sol en dos posiciones, también llamado "método del ingeniero Ricardo Tóscano"; éste procedimiento resulta ser bastante rápido y confiable, además de tener la ventaja de poder comprobar las observaciones hechas en campo, ya que adicionalmente al cálculo del Acimut de una línea base, se puede obtener la latitud del lugar, cuyo valor debe tener una aproximación de  $\pm 2$  minutos con respecto al valor verdadero, debiendo ser comparados los datos obtenidos en la observación con los de una carta

del INEGI y para ser aceptadas deberán estar dentro de la tolerancia establecida.

### **a) DETERMINACION DEL AZIMUT DE UNA LINEA POR OBSERVACIONES AL SOL EN DOS POSICIONES.**

El método desarrollado por el Ingeniero Ricardo Tóscano, es comúnmente usado para trabajos ordinarios y consiste en observar al sol en cualquier momento, teniendo en cuenta que siempre se deben trabajar con dos series y con la condición de que entre cada una de ellas exista un intervalo de tiempo comprendido entre los 20 y 30 minutos, ya que en este intervalo se supone que el sol recorre arcos iguales en tiempos iguales.

Para poder llevar a cabo favorablemente este método, el astro debe tener un acimut grande, por lo que es conveniente realizar las observaciones a temprana hora o muy tarde. Se recomienda realizar las observaciones de 8 a 10 de la mañana o bien de las 14 a las 16 horas, observando al sol lejos del medio día.

Cuando se ejecutan las observaciones cerca de las 10 de la mañana o de las 14 horas, un error de 1' en la latitud, produce un error aproximado de 2' en el acimut; si se observa una hora antes o después de la culminación del sol, se produce un error de 4' o 5' por 1' de error en la latitud aproximadamente, y si se hacen las observaciones a las nueve o a las quince horas, solo se produce un 1' de error. La influencia del error en la latitud es todavía menor, si las observaciones se ejecutan antes de las nueve o después de las quince horas.<sup>1</sup>

Para determinar el acimut de una línea empleando el método de dos posiciones, se procede de la manera siguiente:

---

<sup>1</sup> Los errores en la latitud, declinación y altura, son menores si el ángulo paralactico (Q) y la altura del astro(h) son mayores por lo que las observaciones deberán hacerse cerca del primer vertical.

- a) El instrumento se centra y nivela con todo cuidado en uno de los extremos del lado que se va a orientar; se ponen en coincidencia los ceros el vernier del limbo horizontal siempre y cuando esto sea posible y se fija el movimiento particular. En caso de que no se pueda poner en ceros, se leerá cualquier otra lectura en el vernier.
- b) Se gira el anteojo hasta visar la señal colocada en el otro extremo de la línea y se fija con el movimiento general, realizando la lectura en ceros.
- c) Se suelta el movimiento general y se imprime un giro al anteojo en el sentido en el que se mueven las manecillas del reloj, dirigiendo la visual al sol, auxiliándose del movimiento particular se coloca la imagen proyectada del sol sobre una tarjeta blanca, de tal modo que su imagen haga tangencia con los hilos de la retícula en el cuadrante I o II y se leen los ángulos horizontal y vertical, además de la hora de observación.
- d) Inmediatamente se pone al anteojo en posición inversa (se le da una vuelta de campana), para visar nuevamente al sol, pero esta vez de manera tal que su imagen haga tangencia con los hilos de la retícula en el cuadrante III o IV, dependiendo si la primer visual se realiza en el cuadrante I o II, se leerán nuevamente los ángulos horizontal y vertical, además de la hora de observación.
- e) Con el movimiento particular y con el anteojo en posición inversa, se gira el anteojo para visar la señal colocada en el otro extremo de la línea, verificando que el valor del círculo horizontal sea aproximadamente igual a  $180^\circ$ , concluyendo así una serie de observaciones.
- f) Antes de realizar la siguiente serie, se debe esperar aproximadamente un intervalo comprendido entre 20 a 30 minutos de tiempo, entre una serie y otra, debido a que se supone que el sol recorre arcos iguales en tiempos iguales.

Es conveniente hacer las observaciones en posición directa e inversa, a fin de eliminar el error de índice del círculo vertical. Para corregir el error de excentricidad se toman las lecturas de ambos verniers del círculo horizontal, además de que al invertir el anteojo y hacer las observaciones al sol se eliminan los errores instrumentales de índice y de colimación del anteojo.

La corrección por semidiámetro se evitara visando en sol en cualquiera de los dos cuadrantes superiores y luego en posición inversa a los cuadrantes inferiores, haciendo en ambos casos tangencia con los hilos de la retícula y promediando las dos lecturas del círculo vertical

Para determinar el acimut con mayor precisión, a las lecturas obtenidas en el círculo vertical, se deben corregir por la refracción media, la cual depende de la presión atmosférica y de la temperatura del aire, esta corrección es sustractiva, mientras que la corrección por paralaje es aditiva.

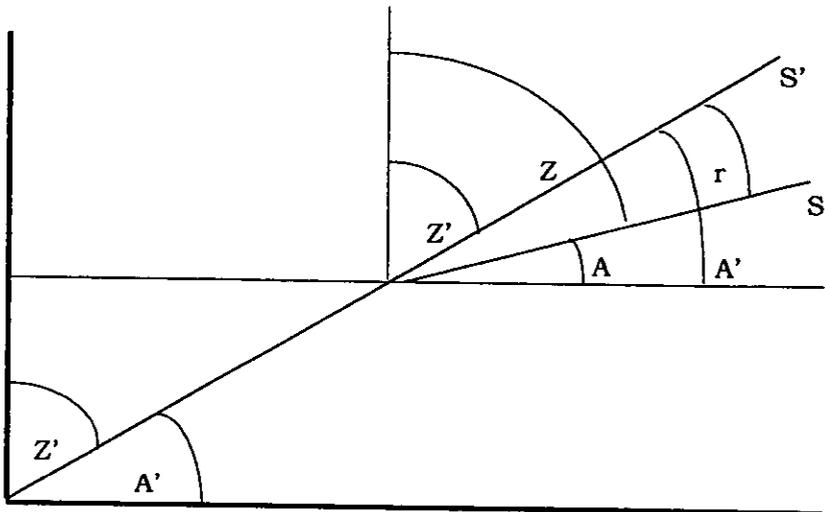
### **CORRECCION POR REFRACCIÓN.**

La refracción atmosférica es el desplazamiento aparente que sufre un cuerpo en la esfera celeste debido a la desviación de los rayos luminosos al atravesar la atmósfera terrestre, la cual esta compuesta por capas de diferentes densidades.

El rayo luminoso que emana del sol toca a la atmósfera terrestre en un punto donde empieza a describir una trayectoria curva hasta llegar al observador debido a la creciente densidad de la atmósfera, el astro será observado en una dirección tangente a dicha curva, debido al ángulo de incidencia y al de refracción, estando en un mismo plano.

La Refracción atmosférica provoca que los astros se vean más altos de lo que en realidad están; adelanta la salida de los astros retrasa su puesta; la luna y el sol se ven achatados cerca del horizonte, entre otros factores que afectan a los astros observados.

Por lo anterior concluimos que efectivamente la refracción hace que la altura observada de los astros sea mayor y que la distancia cenital sea menor, es por ello que la refracción es negativa por la mañana y positiva por la tarde.



Donde:

- $Z'$  = distancia cenital real
- $Z$  = distancia cenital aparente
- $A'$  = altura observada
- $A$  = altura verdadera
- $S'$  = estrella ficticia
- $S$  = estrella verdadera
- $r$  = rayo refractado

A partir de la ley física de la refracción podemos establecer:

$$\text{Sen } Z = \mu \text{ Sen } Z'$$

Donde:

$\mu = 1.000294$ ; que es el índice de refracción a  $0^\circ$  y una presión normal de 762 mm/Hg.

$$Z = Z' + r \quad A = A' - r$$

$$\text{Sen } Z = \mu \text{ Sen } Z'$$

$$\text{Sen } (Z' + r) = \mu \text{ Sen } Z'$$

Desarrollando:

$$\text{Sen } Z' \text{ Cos } r + \text{Cos } Z' \text{ Sen } r = \mu \text{ Sen } Z'$$

$$\text{Cos } r = 1$$

$$\text{Sen } r = r \text{ Sen } 1''$$

$$\therefore r \text{ Cos } Z' = \frac{\text{Sen } Z' (\mu - 1)}{\text{Sen } 1''}$$

Despejando r.-

$$r = \frac{(0.00294) \times \text{Tan } Z'}{\text{Sen } 1''}$$

$\therefore$  podemos establecer que la refracción media en función de la distancia cenital observada es:

$$r = 60.6'' \text{ Tan } Z$$

NOTA:

Puesto que el índice de refracción  $\mu$ , esta en función de la temperatura y la presión barométrica dadas por las observaciones hechas a los astros, podemos establecer la refracción verdadera.

$$R = r B T$$

Donde:

R = corrección por refracción

r = refracción media =  $60.6'' \text{ tan } Z$

$$B = \text{factor barométrico} = \frac{P}{P'} = \frac{P}{762}$$

$$T = \text{factor termométrico} = \frac{1}{1 + \alpha t} = \frac{1}{1 + 0.004 t}$$

P' = presión atmosférica al momento de la observación

P = presión atmosférica a  $0^\circ = 762 \text{ mm/Hg}$

$\alpha$  = coeficiente de dilatación del aire = 0.004

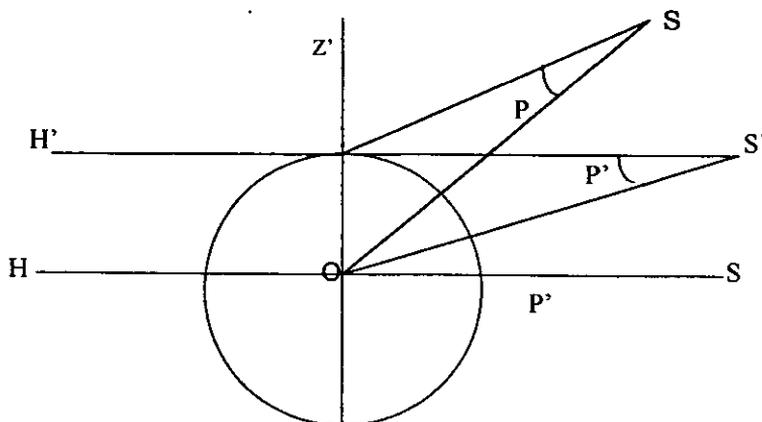
t = temperatura del aire a la sombra al momento de la observación

## CORRECCION POR PARALAJE.

Las formulas que se emplean para el calculo del acimut, suponen que el observador está colocado en el centro de la tierra; pero como esto no puede ocurrir; es decir, el observador esta situado en un punto cualesquiera de la superficie de la tierra, por lo que se deberá corregir el ángulo de la altura a fin de tener el correspondiente al centro de la tierra.

En otras palabras, podemos establecer que la paralaje, es el ángulo bajo el cual se ve el radio de la tierra desde el astro observado.

También se puede definir a la paralaje como el ángulo que forman dos visuales dirigidas a un mismo astro, una desde la superficie de la tierra y la otra desde el centro de la misma en el mismo instante fisico.



Donde:

- C= centro de la tierra
- O= lugar del observador
- S= astro observado verdadero
- S'= astro observado ficticio
- A = altura verdadera del astro
- A'= altura observada del astro
- Z = distancia cenital real
- Z' = distancia cenital ficticia

$$Z' = Z - P \qquad A' = A + P$$

Como se puede observar el valor de la paralaje es cero cuando el astro se encuentra en el cenit y tiene un valor máximo cuando la distancia cenital vale  $90^\circ$ .

$$\text{Sen } P \qquad \text{Sen } (180^\circ - Z)$$

$$\frac{\text{Sen } P}{R} = \frac{\text{Sen } (180^\circ - Z)}{D}$$

De la paralaje horizontal tenemos que.-

$$\text{Sen } P' = \frac{R}{D'}$$

Como  $D = D'$

$$\text{Sen } P = \text{sen } P' \text{ sen } Z$$

Sustituyendo los arcos por los senos tenemos que.-

$$P = P' \text{ sen } Z$$

Donde, el valor del ángulo de paralaje  $P'$  llamado paralaje horizontal no es constante debido a la órbita que describe la tierra alrededor del sol es eclíptica, por lo que se estableció por norma internacional que la constante astronómica es el valor de  $8.80''$  para el ángulo de paralaje horizontal.

La fórmula para corregir la paralaje será:

Para los ángulos medidos a partir del horizonte

$$P = 8.8'' \text{ Cos } A$$

O bien

Para los ángulos medidos a partir del cenit.

$$P = 8.8'' \text{Sen } Z$$

De lo anterior vemos que la refracción y la paralaje se contraponen, es decir son de signos contrarios; la refracción es positiva (+) para distancias cenitales y negativas (-) para las alturas. La Paralaje es negativa (-) para las distancia cenitales y positivos (+) para las alturas.<sup>2</sup>

$$Zc = Z' + R - P$$

Zc = distancia cenital corregida.

$$Ac = A' - R + P$$

Ac = altura corregida

P = corrección por paralaje

R = corrección por refracción

R = r B T

Para determinar el acimut de una línea en base a las observaciones al sol en dos posiciones se emplean las siguientes formulas:

Cuando las observaciones se realizan en la mañana se aplica la formula de:

$$\text{Cot } U = \text{Cos } Am \text{ Tan } \delta \text{ Sec } M - \text{Tan } M \text{ Sen } Am$$

De donde M se podrá obtener a partir de:

$$\text{Tan } M = \frac{B \text{ Cos } Am}{A' - A}$$

Si las observaciones se realizan en la tarde, el acimut se obtiene a través de:

$$\text{Cot } U = - \text{Cos } Am \text{ Tan } \delta \text{ Sec } M + \text{Tan } M \text{ sen } Am$$

<sup>2</sup> La refracción atmosférica se aplica para todos los astros y la paralaje no existe para las estrellas, dado que este astro se presenta como un punto luminoso en la bóveda celeste, por lo que la corrección será igual a cero.

De donde M será igual a:

$$\text{Tan } M = \frac{B \text{ Cos } A_m}{A' - A}$$

En la que.-

- U = Acimut del astro en su posición media.
- H = ángulo horizontal en su primera posición.
- H' = ángulo horizontal en su segunda posición.
- B =  $h' - h$ . ángulo horizontal entre las dos posiciones.
- B<sub>m</sub> =  $\frac{1}{2} (h' + h)$ . Ángulo horizontal promedio.
- A = altura del astro en la primera posición.
- A' = altura del astro en la segunda posición.
- A<sub>m</sub> = altura promedio del astro observado.
- δ = declinación del astro para el instante medio de la observación.
- M = ángulo auxiliar (complemento del ángulo paralactico).

Es difícil observar al sol en forma directa, ya que presenta un blanco brillante, grande y móvil en el campo visual. Por ello, el observador deberá asegurarse de usar filtros apropiados, colocados sobre el ocular del telescopio antes de apuntar hacia el sol.

Las observaciones se hacen simultáneamente con el sol tangente a los hilos horizontal y vertical; es decir, se observa al sol en un cuadrante de la retícula con su limbo (o bordes) en contacto simultáneo, y las observaciones se realizan en cuadrantes diagonales opuestos en posición directa e inversa, lo que sería el equivalente a observar al centro del sol y en virtud de que el astro se estará moviendo a través del campo visual, es mejor usar únicamente el tornillo tangencial para que sea solo un hilo el que se mueva, poniendo la imagen del sol sobre una tarjeta blanca o satinada.

Aparato: T-02, Anoto: Andrés Pescador

t= 13 °C

P= 585 mmHg

Fecha: agosto de 1997

Lugar: col. Jalalpa, Del. Alvaro Obregón.

Observo: Rubén Leyva Ramírez

SERIE	POSICION DEL ANTEOJO	P.V	CIRCULO HORIZONTAL	CIRCULO VERTICAL	HORA
<b>1</b>	DIRECTO	SEÑAL	00° 00' 00"		
	*	SOL	312° 53' 38.4"	59° 13' 09.0"	08h 55m 52.5s
	INVERSO	SOL	124° 53' 17.03"	300° 13' 09.0"	08h 58m 14.5s
	*	SEÑAL	180° 00' 00"		
PROM.			308° 53' 27.7"	59° 30' 00"	08h 57m 03.5s
<b>2</b>	DIRECTO	SEÑAL	00° 00' 00"		
	*	SOL	317° 49' 44"	54° 25' 02.0"	09h 25m 51.4s
	INVERSO	SOL	129° 41' 08"	307° 12' 13.8"	09h 28m 15.7s
	*	SEÑAL	180° 00' 00"		
PROM.			313° 45' 26.0"	53° 36' 24.1"	09h 27m 03.55s

### a) Calculo del Acimut.

1 serie

$$Z = 59^{\circ} 30' 00.0''$$

$$\text{Circulo Horizontal} = 308^{\circ} 53' 27.7''$$

$$\text{Tiempo} = 08h 57m 03.5s$$

$$Z = 59^{\circ} 30' 00.0''$$

$$r = 00^{\circ} 01' 42.88''$$

$$B = 0.7677165354$$

$$P = 00^{\circ} 00' 07.58''$$

$$T = 0.9505703422$$

$$R = 00^{\circ} 01' 15.08''$$

2 serie

$$Z = 53^{\circ} 36' 24.1''$$

$$\text{Circulo Horizontal} = 313^{\circ} 45' 26.0''$$

$$\text{tiempo} = 09h 27m 03.55s$$

$$Z = 53^{\circ} 36' 24.1''$$

$$r = 00^{\circ} 01' 22.22''$$

$$B = 0.7677165354$$

$$P = 00^{\circ} 00' 07.08''$$

$$T = 0.946969697$$

$$R = 00^{\circ} 01' 00.00''$$

$$\begin{array}{r} Z = 59^{\circ} 30' 00.00'' \\ R = + 01' 15.08'' \\ P = - 00' 07.58'' \\ \hline \end{array}$$

$$Z_c = 59^{\circ} 31' 07.5''$$

$$\begin{array}{r} Z = 53^{\circ} 36' 24.1'' \\ R = - 01' 00.00'' \\ P = + 00' 07.07'' \\ \hline \end{array}$$

$$Z_c = 53^{\circ} 37' 17.02''$$

La distancia horizontal se reduce al horizonte.

$$A = (90^{\circ} - Z_c)$$

$$A = 30^{\circ} 28' 52.5''$$

$$A' = 36^{\circ} 22' 42.98''$$

$$A_m = \frac{1}{2} (A + A') = 33^{\circ} 25' 47.74''$$

$$A' - A = 05^{\circ} 53' 50.48''$$

$$B = (h' - h) = 04^{\circ} 51' 58.3''$$

$$B_m = \frac{1}{2} (h + h') = 311^{\circ} 19' 26.85''$$

$$\text{Tan } M = \frac{B \text{ Cos } A_m}{A' - A}$$

$$\text{Tan } M = \frac{(04^{\circ} 51' 58.3'') \text{ Cos } (33^{\circ} 25' 47.74'')}{(36^{\circ} 22' 42.98'' - 30^{\circ} 28' 52.5'')}$$

por lo tanto:

$$M = 34^{\circ} 33' 09.73''$$

### Calculo de la declinación.-

$$H \text{ paso } M90 = 11\text{h } 43\text{m } 46.00\text{s}$$

$$H \text{ obser.} = 09\text{h } 12\text{m } 03.5\text{s}$$

$$\text{Intervalo} = -02\text{h } 41\text{m } 28.97\text{s}$$

$$V_h \delta = 50.1''$$

$$c = V_h \delta \times \text{intervalo}$$

$$c \text{ } V_h \delta = 00^{\circ} 02' 06.68''$$

$$\delta = -13^{\circ} 06' 17.5''$$

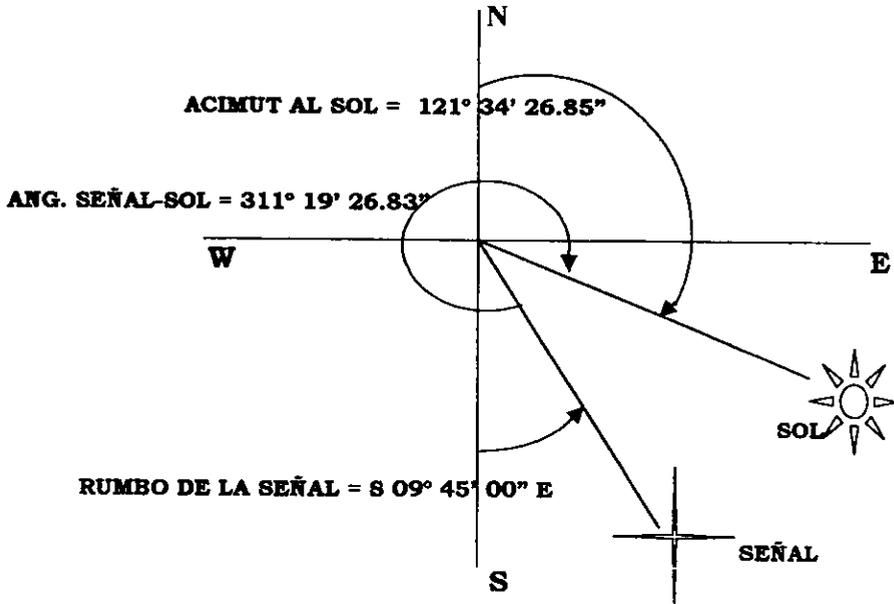
$$c \text{ } V_h \delta = -02' 06.68''$$

$$\delta_c = -13^{\circ} 04' 10.82''$$

Como las observaciones se realizaron en la mañana, se deberá aplicar la formula de:

$$\begin{aligned} \text{Cot } U &= \text{Cos } Am \text{ Tan } \delta \text{ Sec } M - \text{Tan } M \text{ Sen } Am \\ \text{Cos } Am &= 0.08345602122 \\ \text{Tan } \delta &= -0.2321493746 \\ \text{Sec } M &= 1.214174508 \\ \text{Tan } M &= 0.6886361424 \\ \text{Sen } Am &= 0.550916738 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} U &= 121^\circ 34' 26.85'' \\ \text{áng. Señal-sol} &= 311^\circ 19' 26.83'' \\ \text{Az señal} &= 170^\circ 15' 21.85'' \\ \text{Rumbo señal} &= \text{S } 09^\circ 45' 00'' \text{ E} \end{aligned}$$



## **b) DETERMINACION DE LA LATITUD.**

En casi todos los métodos que se emplean para determinar al acimut astronómico de una línea, se debe conocer la latitud del lugar de observación.

En la mayoría de los casos, la latitud se puede determinar con suficiente precisión tomándola a escala en una carta geográfica, o bien, se puede tomar del anuario astronómico, editado por el Instituto de Astronomía de la UNAM.

Existen diversos procedimientos para obtener la latitud del lugar, siendo la mayoría de ellos las observaciones a la estrella polar; sin embargo, por las características que presenta la zona y por conveniencia propia, la determinación de la latitud se hará por observaciones al sol en dos posiciones, siendo un método sencillo y confiable, que nos permite obtener muy buenos resultados.

### **Determinación de la latitud por observaciones del sol en dos posiciones.**

Este método consiste en observar el sol a una hora conocida y medir su altura y el ángulo horizontal que forma la visual al sol con una línea de referencia, determinando la declinación del sol para el momento de la observación.

Para obtener la latitud con una aproximación de 1' a 2' por éste método, es necesario que el intervalo de tiempo entre las dos observaciones se mida en segundos, por lo que es necesario la intervención del ángulo paralactico Q en los cálculos para obtener la latitud del lugar la cual se obtendrá en base a la siguiente formula:

$$\text{Sen } \varphi = \text{sen } A_m \text{ sen } \delta + \text{cos } A_m \text{ cos } \delta \text{ sen } M$$

Con base en las observaciones realizadas en la colonia Jalalpa, se calcula la latitud.

Sen Am = 0.9077208559  
Sen  $\delta$  = 0.2182251881  
Cos Am = 0.41957406033  
Cos  $\delta$  = 0.9758984411  
Sen M = 0.325467167

Por lo tanto:

$\phi$  calculada = 19° 21' 03.53"  
 $\phi$  gráfica = 19° 22' 12.7"

#### IV.2.2.CONTROL TOPOGRAFICO SUBTERRANEO.

La medición de cavidades tiene diversos propósitos, todos ellos con igual importancia en detallar la configuración, dirección de los túneles, calculo del volumen de vacíos, determinar la distancia que se tiene hasta la superficie y su posición relativa a la misma.

Cuando las dimensiones de la cavidad lo permiten, se recomienda utilizar para el levantamiento de poligonales subterráneas un transitó o teodolito de precisión y cinta de acero; en caso contrario, se puede utilizar una brújula, teniendo el suficiente cuidado de comprobar las lecturas obtenidas, realizando repeticiones en las medidas y alejándose de fuentes que alteren la posición de la aguja.

Siempre que sea posible se deberán cerrar las poligonales subterráneas, que invariablemente estarán ligadas a la poligonal de superficie. Adicionalmente, el levantamiento deberá proporcionar información de coordenadas de los puntos de estación. Las coordenadas del punto de inicio pueden ser supuestas o bien referidas al punto de amarre de superficie y con base a ellas calcular el resto de los vértices.

El control topográfico de la cavidad, se realiza por medio de una sola poligonal, la cual es una combinación de poligonales abiertas y cerradas, que están en función invariablemente de la configuración de los túneles, además de que las condiciones propias de la cavidad que indicaran el cadenamamiento a seguir.

Todos los datos recabados durante el levantamiento topográfico deberán ser vaciados en un plano que contenga además de toda la información pertinente del proyecto, la escala gráfica a la que fue dibujado, permitiendo así la manipulación de la información en los trabajos posteriores de regeneración.

#### **IV.2.2.1. LEVANTAMIENTO HORIZONTAL.**

Prácticamente la metodología a emplear en el control horizontal de cavidad es la misma técnica utilizada en la superficie; salvo, que se debe tener presente durante el levantamiento, que la colocación de los puntos y la altura del aparato, estarán sujetos a las características geológicas, topográficas y de las alturas que tendrá los diferentes túneles de la cavidad.

En el control horizontal de la cavidad, se emplearan los mismos procedimientos y métodos que en superficie, haciendo repeticiones o series únicamente en los puntos de estación y radiando la configuración de los túneles, en conjunción con el levantamiento horizontal y por las condiciones propias que presenta la cavidad se llevara a cabo un levantamiento trigonométrico, midiendo en la misma estación los ángulos horizontal y vertical, así como las distancias horizontal e inclinada, la altura de aparato y las secciones de cada uno de los túneles, todos estos datos serán necesarios para el cálculo del volumen de material que será empleado en la regeneración.

Existen diversos procedimientos para obtener el volumen de una cavidad, al medir las secciones y alturas promedios de cada una de las estaciones se simplifican y obtienen buenos resultados.

Las secciones se medirán a partir del eje imaginario que se forma entre dos estaciones, midiendo las secciones izquierda, derecha y la altura respectiva de cada punto o puntos intermedios, de acuerdo a las características y condiciones que presentan los diversos túneles.

El volumen total de la cavidad C-JT-01, es de 198,873.77 metros cuadrados, lógicamente este volumen no es el que se obtuvo durante la explotación, la migración de material, las zonas de derrumbes, entre otros factores, han ido reduciendo poco a poco el tiro de los túneles y si tomamos en consideración que en estas galerías transitaban camiones pesados, nos podremos dar una idea de cómo los túneles se han ido reduciendo.

#### **IV.2.2.2. LEVANTAMIENTO VERTICAL.**

Las secciones y alturas que presentan los túneles de la cavidad JT-01, indicaran el procedimiento para establecer el control altimétrico subterráneo.

La mayoría de los túneles no presentan secciones y alturas cómodas para realizar la nivelación diferencial, por lo que se emplea una nivelación trigonométrica, que se realiza en conjunción con el control horizontal, lo que permite conocer las cotas y desniveles con una sola puesta de aparato, reduciendo los tiempos de ejecución de los trabajos.

La nivelación indirecta o trigonométrica tiene por objeto determinar la diferencia de alturas entre dos puntos, midiendo la distancia horizontal o inclinada que los separa y el ángulo vertical que les une con el plano horizontal que pasa por el punto donde se hace la observación.

En la topografía ordinaria la nivelación trigonométrica proporciona un medio rápido para determinar los desniveles y las cotas en terreno de difícil acceso, basándose en las propiedades trigonométricas de los triángulos rectángulos.

Para todos aquellos túneles en los que sus condiciones permitan llevar a cabo una nivelación, se realizara de tipo diferencial preferentemente, estableciendo las cotas de los puntos de estación del levantamiento horizontal y de los detalles que se juzguen pertinentes, como son las zonas de bloques, rellenos y domos.

Todos los datos recabados tanto en la nivelación trigonométrica como en la diferencial deberán ser plasmados en un perfil, en donde las distancias horizontales se representan de punto a punto y las verticales serán contadas desde el punto de partida y comparando las cotas, ubicando el punto de mayor interés o riesgo.

Al realizar el perfil de cualquier túnel, tendremos un mayor manejo de la información, permitiéndonos establecer con mayor precisión los puntos de perforación y determinar en que zonas se aplicaran los métodos de relleno compactado, neumático y el vaciado de mezcla fluida por gravedad, para lo cual será de suma importancia conocer el desnivel que existe entre los puntos de la poligonal subterránea, los cuales serán tomados como punto de referencia.

El control subterráneo y de superficie, son de igual importancia para establecer el tirante de material que existe entre estos puntos y poder determinar en donde se realizara la perforación y cual será su profundidad, lógicamente se buscaran las zonas de menor espesor para poder realizar las lumbreras manuales o mecánicas.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO  
FACULTAD DE INGENIERIA

LUGAR:		DELEGACION ALVARO OBREGÓN			LEVANTO:		RUBEN LEYVA RAMIREZ				
COLONIA:		JALALPA TEPITO			APARATO: WILL T-2 APROXIMACIÓN: 15"						
POLIGONAL SUBTERRANEA										FECHA: 6 DE AGOSTO DE 1998.	
LADO		ANGULO HORIZONTAL	RUMBO	DISTANCIA	SECCIONES		ALTURA	COTA	VERT.	COORDENADAS	
EST	P.V.				DERECHA	IZQUIERDA				Y	X
A1	B1	00° 00' 00"						101,955	A1	482,639	610,629
	1	81° 35' 00"	SW 23° 47' 15"	4,649				99,854	1	487,288	612,505
1	A1	00° 00' 00"									
	2	323° 15' 00"	NW 12° 57' 15"	3,296							
2	1	00° 00' 00"								490,500	613,244
	3	227° 35' 00"	NE 34° 37' 45"	4,912	2,471	2,487	1,473	98,795	3	494,542	616,035
3	2	00° 00' 00"									
	4	191° 52' 15"	NE 46° 31' 00"	11,693	2,000	1,523	2,568	98,231	4	502,588	624,523
4	3	00° 00' 00"									
	5	89° 09' 45"	NW 44° 19' 15"	12,958	3,628	1,223	4,159	97,562	5	511,859	633,576
	4'	283° 08' 15"	SE 30° 20' 45"	4,844	1,800	0,752	1,677	97,023	4'	506,768	626,970
5	4	00° 00' 00"									
	8	71° 20' 30"	SW 27° 01' 15"	12,755	2,102	3,210	4,166	96,456	8	523,222	639,371
	6	111° 47' 15"	SW 67° 28' 00"	9,617	1,070	2,198	4,065	96,001	6	515,544	624,459
	7	254° 37' 00"	NE 30° 17' 45"	11,657	2,287	1,576	3,857	95,126	7	521,924	639,457
7	5	00° 00' 00"									
	9	88° 49' 30"	NW 60° 52' 45"	11,199	1,607	2,202	3,802	96,143	9	527,374	649,240
	10	240° 48' 30"	SE 88° 53' 45"	7,090	2,255	1,500	4,552	95,128	10	522,061	646,546
	11	194° 27' 00"	NE 44° 44' 45"	12,743	1,856	1,503	4,600	94,125	11	512,874	648,428
11	7	00° 00' 00"									
	12	167° 36' 15"	NE 32° 21' 00"	6,426	1,705	1,523	3,550	92,546	12	518,303	651,866
	13	235° 13' 30"	SE 80° 01' 45"	13,035	1,702	1,550	4,803	91,556	13	515,131	661,266
13	11	00° 00' 00"									
	14	241° 01' 45"	SE 19° 00' 00"	5,643	2,745	1,623	4,101	90,987	14	520,465	663,103
	13'	56° 37' 00"	NW 23° 24' 45"	6,819	1,289	1,285	4,100	91,549	13'	521,389	658,557
	13"	120° 23' 15"	NE 40° 21' 30"	4,670	1,444	1,444	4,000	91,787	13"	518,689	664,290
14	13	00° 00' 00"									
	15	170° 35' 15"	SE 28° 24' 45"	16,155	1,452	1,378	5,156	90,321	15	534,674	670,790
15	14	00° 00' 00"									
	16	264° 24' 30"	SW 55° 59' 45"	9,707	2,150	2,150	5,400	88,326	16	539,961	678,931
	17	150° 54' 30"	SE 57° 30' 15"	7,213	1,600	4,000	5,300	89,658	17	538,549	676,874
17	15	00° 00' 00"									
	18	257° 49' 30"	SW 20° 19' 15"	11,189	1,850	1,850	3,500	89,987	18	549,042	680,76
	17'	76° 17' 30"	NE 18° 47' 15"	11,565	1,500	1,500	6,102	89,765	17'	549,497	680,599
17"	17"	152° 38' 00"	SE 84° 52' 15"	7,050	1,000	2,100	2,500	89,889	17"	539,179	683,896

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO  
FACULTAD DE INGENIERIA

LUGAR:		DELEGACION ALVARO OBREGON			LEVANTO:		RUBEN LEYVA RAMIREZ					
COLONIA:		JALALPA TEPITO			APARATO: WILL T-2 APROXIMACION: 15"							
POLIGONAL SUBTERRANEA										FECHA: 6 DE AGOSTO DE 1998.		
LADO		ANGULO		DISTANCIA	SECCIONES		ALTURA	DESNIVEL	VERT.	COORDENADAS		
EST	P.V.	HORIZONTAL	RUMBO		DERECHA	IZQUIERDA				Y	X	
18	17	00° 00' 00"										
	19	230° 44' 30"	SW 69° 31' 45"	7,714	1,150	4,000	4,000	90,645	19	551,74	687,987	
19	18	00° 00' 00"										
	21	122° 55' 30"	SW 12° 27' 15"	10,155	3,900	3,900	3,900	90,886	21	561,656	690,177	
	20	270° 45' 00"	NW 19° 43' 15"	3,909	2,500	3,350	3,950	90,954	20	555,42	689,306	
21	19	00° 00' 00"										
	22	241° 35' 00"	SW 74° 02' 15"	14,476	1,700	2,200	2,850	90,756	22	565,637	704,095	
	21'	206° 34' 45"	SW 39° 02' 00"	9,490	2,800	2,300	3,950	90,653	21'	569,027	696,153	
	23	81° 34' 30"	SE 85° 58' 15"	10,375	2,330	2,700	3,550	91,006	23	560,927	700,526	
23	21	00° 00' 00"										
	24	135° 42' 00"	NE 49° 43' 45"	11,405	1,500	2,100	3,800	91,124	24	568,299	709,228	
	23'	180° 51' 00"	SE 85° 07' 15"	10,101	3,100	2,300	2,800	90,988	23'	561,786	710,59	
	23''	260° 43' 00"	SE 05° 15' 15"	8,110	3,250	4,300	3,500	90,867	23''	569,003	701,268	
24	23	00° 00' 00"										
	25	167° 48' 30"	NE 37° 32' 15"	7,740	0,600	4,600	3,900	91,564	25	574,436	713,946	
	24'	240° 11' 30"	SE 70° 04' 45"	9,606	1,200	1,200	2,100	91,905	24'	565,026	718,259	
20	19	00° 00' 00"										
	27	100° 56' 00"	SW 81° 12' 45"	8,795	1,500	1,500	3,400	91,178	27	556,764	697,998	
	16	185° 50' 15"	NW 13° 53' 00"	7,868	2,500	3,000	5,400	92,642	16	563,058	691,194	
16	20	00° 00' 00"										
	26	69° 34' 00"	SW 55° 41' 00"	8,470	3,400	2,252	4,300	92,310	26	535,034	698,413	
	28	123° 11' 15"	NW 70° 41' 45"	11,025	1,840	1,840	2,800	92,302	28	543,606	701,599	
	29	157° 36' 45"	NW 36° 15' 15"	13,419	1,900	1,400	4,000	91,789	29	550,782	699,129	
26	16	00° 00' 00"										
	27	118° 16' 30"	SE 06° 02' 30"	4,070	1,850	1,850	3,400	91,179	27	539,081	698,841	
	26'	125° 44' 15"	SW 01° 25' 15"	4,788	2,050	2,050	3,400	91,256	26'	539,82	698,532	
	26''	254° 03' 30"	NW 50° 13' 30"	8,466	1,900	1,900	3,500	91,346	26''	540,45	704,923	
29	16	00° 00' 00"										
	30	149° 55' 30"	NW 66° 21' 45"	6,414	2,250	1,840	4,400	90,546	30	553,354	705,005	
30	29	00° 00' 00"										
	10	211° 53' 15"	NW 34° 28' 30"	5,130	2,250	1,500	4,550	90,005	10	557,584	707,909	
12	11	00° 00' 00"										
	31	62° 18' 45"	NW 85° 20' 15"	17,831	1,800	1,200	4,200	90,561	31	530,713	669,841	
31	12	00° 00' 00"										
	32	110° 41' 15"	SW 25° 21' 00"	3,921	3,000	1,000	4,600	89,207	32	523,295	671,317	

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO**  
**FACULTAD DE INGENIERIA**

LUGAR:		DELEGACION ALVARO OBREGON			LEVANTO:		RUBEN LEYVA RAMIREZ					
COLONIA:		JALALPA TEPITO			APARATO: WILL T-2 APROXIMACION: 15"							
POLIGONAL SUBTERRANEA											FECHA: 6 DE AGOSTO DE 1998.	
LADO		ANGULO HORIZONTAL	RUMBO	DISTANCIA	SECCIONES		ALTURA	DESNIVEL	VERT.	COORDENADAS		
EST	P.V.				DERECHA	IZQUIERDA				Y	X	
32	31	00° 00' 00"										
	9	175° 33' 30"	SW 20° 54' 30"	7,302	2,100	1,000	3,800	88,365	9	530,116	673,923	
	33	221° 52' 15"	SW 67° 13' 15"	8,848	2,100	1,000	3,800	88,021	33	526,721	679,475	
	32'	285° 49' 30"	NW 48° 49' 30"	9,014	1,150	1,150	3,850	88,006	32'	529,229	679,102	
9	32	00° 00' 00"										
	7	98° 14' 00"	SE 60° 51' 30"	11,155	2,280	1,570	3,850	87,439	7	535,548	683,666	
	34	197° 57' 30"	SW 38° 52' 00"	7,776	2,270	1,650	4,650	87,987	34	536,17	678,802	
	33	280° 45' 15"	NW 58° 20' 15"	6,518	1,300	1,300	3,850	87,154	33	533,537	676,865	
34	9	00° 00' 00"										
	34'	99° 44' 45"	SE 41° 23' 15"	6,608	0,100	2,400	3,600	87,658	34'	541,128	683,171	
	35	160° 44' 30"	SW 19° 36' 30"	13,979	1,650	1,300	4,000	86,987	35	549,338	683,493	
	36	264° 26' 30"	NW 56° 41' 30"	7,449	1,400	2,000	4,600	86,955	36	540,26	685,027	
36	34	00° 00' 00"										
	37	107° 59' 15"	SW 51° 17' 45"	12,401	2,200	3,500	3,650	85,124	37	548,014	694,704	
	38	188° 54' 30"	NW 47° 47' 00"	8,799	1,260	1,500	4,150	85,473	38	546,172	691,544	
	33	282° 44' 30"	NE 46° 03' 00"	7,758	2,280	2,200	3,850	85,987	33	545,644	690,612	
35	34	00° 00' 00"										
	6	68° 54' 00"	NE 88° 30' 30"	4,583	1,000	2,190	4,060	87,568	6	549,457	688,074	
8	5	00° 00' 00"										
	8'	148° 20' 15"	SE 04° 38' 30"	5,803	2,730	2,730	2,200	88,462	8'	529,006	640,111	
	6	311° 14' 30"	NW 21° 44' 15"	8,253	1,450	2,600	4,060	87,568	6	530,888	642,427	
	41	254° 02' 30"	NW 78° 56' 15"	8,293	3,100	2,500	3,400	88,789	41	524,813	647,51	
35	34	00° 00' 00"										
	39	210° 48' 30"	SW 50° 25' 00"	4,645	1,850	1,850	4,650	87,459	39	552,298	687,073	
39	35	00° 00' 00"										
	41	84° 00' 30"	SE 45° 34' 30"	4,305	4,500	0,700	3,400	88,568	41	555,311	690,147	
	39'	125° 02' 30"	SE 04° 32' 00"	6,854	2,750	2,750	3,500	88,781	39'	559,151	687,615	
	40	168° 59' 00"	SW 39° 24' 00"	4,788	0,500	1,600	0,950	88,956	40	555,996	690,112	
39	35	00° 00' 00"										
	42	271° 40' 30"	NW 37° 59' 30"	12,482	2,000	3,450	3,700	88,000	42	562,146	694,742	
37	36	00° 00' 00"										
	42	129° 30' 30"	SW 00° 48' 15"	2,664	1,200	0,800	3,710	88,003	42	550,678	694,741	
	43	240° 06' 00"	NW 68° 36' 15"	8,014	2,710	1,450	1,500	88,989	43	550,937	702,166	

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

LUGAR:		DELEGACION ALVARO OBREGÓN			LEVANTO:		RUBEN LEYVA RAMIREZ					
COLONIA:		JALALPA TEPITO			APARATO: WILL T-2 APROXIMACIÓN: 15"							
POLIGONAL SUBTERRANEA											FECHA: 6 DE AGOSTO DE 1998.	
LADO		ANGULO HORIZONTAL	RUMBO	DISTANCIA	SECCIONES		ALTURA	COTA	VERT.	COORDENADAS		
EST	P.V.				DERECHA	IZQUIERDA				Y	X	
38	36	00° 00' 00"										
	43	92° 26' 00"	SW 44° 39' 00"	15,078	3,580	0,150	1,500	88,900	43	550,938	702,165	
	44	120° 22' 15"	NW 57° 24' 45"	10,615	2,400	1,850	4,100	89,125	44	551,792	700,336	
44	38	00° 00' 00"										
	44'	279° 04' 30"	NE 41° 39' 45"	10,615	2,150	2,150	4,200	89,189	44'	559,722	707,392	
	45	191° 10' 15"	NW 46° 14' 30"	5,293	3,250	1,350	4,300	89,547	45	555,453	704,159	
43	38	00° 00' 00"										
	46	236° 29' 30"	NW 78° 51' 00"	14,678	1,100	2,200	3,900	89,678	46	559,682	716,541	
	47	282° 33' 30"	NW 32° 47' 30"	11,419	2,150	1,300	2,100	89,145	47	566,499	708,324	
47	43	00° 00' 00"										
	48	145° 54' 00"	NW 66° 53' 30"	8,111	0,900	123,000	2,700	89,487	48	569,682	715,784	
48	47	00° 00' 00"										
	49	140° 58' 15"	SW 74° 04' 45"	5,016	1,050	1,050	4,650	89,765	49	571,058	720,608	
49	48	00° 00' 00"										
	51	92° 13' 30"	SE 13° 41' 45"	8,587	0,800	1,410	5,050	89,457	51	579,4	722,641	
	49'	190° 15' 30"	SW 84° 20' 15"	11,860	2,200	2,200	4,300	89,679	49'	572,228	732,41	
	50	278° 18' 00"	NW 07° 37' 15"	6,651	1,250	3,920	4,650	89,345	50	577,65	721,49	
51	49	00° 00' 00"										
	52	184° 26' 30"	SE 09° 15' 15"	3,405	0,600	1,900	6,550	89,546	52	582,761	723,41	
	51'	127° 21' 30"	SE 66° 20' 15"	12,687	1,500	1,500	1,300	88,573	51'	584,492	734,261	
	46	109° 55' 30"	SE 83° 46' 15"	2,072	1,500	1,500	3,900	89,679	46	579,625	724,701	
52	51	00° 00' 00"										
	52'	274° 25' 00"	SW 85° 09' 45"	12,480	2,070	36,550	2,090	89,689	52'	583,813	735,624	
	52''	282° 10' 15"	NW 87° 05' 00"	19,590	1,250	1,250	2,500	89,793	52''	583,761	742,754	
	53	182° 52' 30"	SE 06° 22' 45"	11,762	1,090	0,900	4,950	89,987	53	594,45	724,496	
53	52	00° 00' 00"										
	53'	295° 58' 00"	NW 70° 24' 45"	9,325	1,980	1,502	4,153	89,999	53'	597,576	733,28	
	54	178° 49' 30"	SE 07° 33' 15"	7,364	1,820	2,080	4,200	90,360	54	601,75	725,464	
54	53	00° 00' 00"										
	55	67° 48' 45"	NE 60° 15' 30"	15,684	1,405	1,700	3,150	90,658	55	609,531	739,082	
	56	73° 46' 30"	NE 66° 13' 15"	1,928	2,150	0,800	3,950	90,689	56	602,527	727,228	
	54'	195° 52' 30"	SW 08° 19' 15"	2,351	2,200	1,060	3,020	90,798	54'	604,076	725,804	
	57	278° 17' 00"	NW 89° 16' 15"	10,204	1,500	2,200	3,650	90,456	57	601,88	735,667	

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO**  
**FACULTAD DE INGENIERIA**

LUGAR:		DELEGACION ALVARO OBREGÓN			LEVANTO:		RUBEN LEYVA RAMIREZ				
COLONIA:		JALALPA TEPITO			APARATO: WILL T-2 APROXIMACIÓN: 15"						
POLIGONAL SUBTERRANEA										FECHA: 6 DE AGOSTO DE 1998.	
LADO		ANGULO HORIZONTAL	RUMBO	DISTANCIA	SECCIONES		ALTURA	COTA	VERT.	COORDENADAS	
EST	P.V.				DERECHA	IZQUIERDA				Y	X
50	49	00° 00' 00"									
	60	146° 28' 00"	NW 41° 09' 15"	5,99	0,750	3,500	2,900	89,453	60	582,16	725,432
	59	248° 33' 00"	NE 60° 55' 45"	6,388	2,550	2,500	4,950	89,658	59	580,754	727,073
59	50	00° 00' 00"									
	59'	220° 33' 00"	SE 78° 31' 15"	7,11	1,900	1,650	3,150	89,453	59'	582,169	734,041
	59"	145 44 15	NE 26° 40' 00"	6,967	1,200	1,200	2,100	89,410	59"	586,98	730,2
	61	120° 38' 30"	NE 01° 34' 15"	7,114	1,610	2,100	3,820	90,056	61	587,865	727,268
61	59	00° 00' 00"									
	62	134° 55' 30"	NW 43° 30' 15"	7,977	1,600	1,800	2,800	90,876	62	593,66	732,759
62	61	00° 00' 00"									
	63	198° 04' 15"	NW 25° 26' 00"	7,637	2,430	2,430	3,700	91,087	63	600,557	736,039
	62'	270° 10' 45"	NE 46° 40' 30"	5,799	2,400	2,390	2,600	91,154	62'	597,639	736,978
60	50	00° 00' 00"									
	60'	138° 43' 30"	NW 82° 25' 45"	9,273	1,560	1,560	2,900	89,658	60'	583,382	734,624
	64	205° 46' 00"	NW 15° 23' 15"	12,792	1,800	2,130	4,350	90,569	64	594,493	728,826
64	60	00° 00' 00"									
	65	105° 04' 30"	SW 89° 41' 15"	9,285	0,700	1,700	3,600	91,006	65	594,544	738,111
	64'	172° 23' 00"	NW 23° 00' 15"	7,969	3,640	3,640	3,500	91,128	64'	601,828	731,94
65	64	00° 00' 00"									
	66	211° 15' 00"	NW 59° 03' 45"	8,108	3,730	3,730	3,500	91,689	66	598,712	745,065
	65'	133° 24' 30"	SW 43° 05' 45"	6,001	1,450	2,120	1,520	91,883	65'	598,926	742,211
66	65	00° 00' 00"									
	68	57° 54' 30"	SE 01° 09' 15"	5,26	1,040	1,045	1,200	91,768	68	603,971	745,171
	67	204° 38' 00"	NW 34° 25' 45"	8,106	2,800	3,400	2,550	91,985	67	605,398	749,648
	66'	288° 21' 00"	NE 41° 17' 15"	6,835	3,340	3,340	2,500	91,982	66'	603,848	749,575
67	66	00° 00' 00"									
	70	104° 20' 15"	SW 69° 54' 30"	70,113	1,350	2,700	2,100	91,765	70	608,412	749,648
	71	149° 15' 30"	NW 65° 10' 15"	14,688	2,750	2,800	3,700	91,743	71	611,566	763,978
	69	259° 33' 00"	NE 44° 34' 15"	8,327	2,350	1,350	2,300	91,357	69	611,33	755,492
70	67	00° 00' 00"									
	72	124° 43' 00"	SW 14° 37' 30"	16,219	1,700	3,400	2,603	92,361	72	615,693	753,743
71	67	00° 00' 00"									
	73	90° 16' 30"	SW 25° 06' 15"	15,151	1,100	3,200	1,530	92,126	73	625,286	769,406
	74	191° 03' 45"	NW 54° 06' 30"	5,327	2,200	2,800	3,800	92,225	74	614,689	767,293

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO  
FACULTAD DE INGENIERIA

LUGAR:		DELEGACION ALVARO OBREGÓN			LEVANTO:		RUBEN LEYVA RAMIREZ					
COLONIA:		JALALPA TEPITO			APARATO: WILL T-2 APROXIMACIÓN: 15"							
POLIGONAL SUBTERRANEA										FECHA: 6 DE AGOSTO DE 1998.		
LADO		ANGULO HORIZONTAL	RUMBO	DISTANCIA	SECCIONES		ALTURA	COTA	VERT.	COORDENADAS		
EST	P.V.				DERECHA	IZQUIERDA				Y	X	
73	71	00° 00' 00"										
	73'	222° 56' 00"	SW 68° 02' 15"	10.254	3,130	3,130	3,450	92.253	73'	629.121	778.916	
	75	126° 52' 30"	SE 28° 01' 15"	9.795	3,730	3,725	3,000	92.846	75	633.933	774.008	
75	73	00° 00' 00"										
	72	145° 29' 30"	SE 62° 31' 45"	5.085	6,120	2,285	2,603	92.345	72	636.279	778.52	
	76	203° 09' 30"	SE 04° 51' 45"	3.984	2,678	2,675	2,203	92.008	76	637.903	774.346	
76	75	00° 00' 00"										
	77	143° 07' 45"	SE 41° 44' 00"	6.458	2,850	2,800	2,103	92.354	77	642.723	778.645	
	77'	133° 45' 30"	SE 51° 06' 15"	8.037	2,120	2,150	2,000	92.703	77'	642.949	780.601	
	76'	255° 20' 30"	SW 70° 28' 45"	6.549	2,100	2,100	2,000	91.904	76'	640.091	780.518	
74	71	00° 00' 00"										
	78	170° 29' 30"	NW 63° 37' 00"	9.903	0,800	2,000	4,500	92.658	78	619.09	776.164	
	79	141° 28' 45"	SW 87° 22' 15"	6.366	2,300	2,290	4,100	92.366	79	614.981	773.518	
79	74	00° 00' 00"										
	78	71° 28' 30"	SE 21° 09' 15"	9.893	1,950	1,700	4,500	92.658	78	624.207	777.222	
	79'	156° 15' 45"	SW 63° 38' 00"	14.616	2,220	2,200	4,450	93.135	79'	621.491	786.738	
	80	257° 16' 00"	NW 15° 21' 45"	17.919	3,800	0,700	3,950	91.357	80	652.26	778.399	
80	79	00° 00' 00"										
	81	65° 11' 30"	SW 49° 49' 45"	15.585	4,100	2,300	3,300	91.489	81	642.313	790.308	
	82	154° 29' 30"	NW 40° 52' 15"	9.123	1,600	1,600	3,250	91.782	82	659.159	784.369	
	69	252° 14' 00"	NE 56° 52' 15"	12.419	1,400	3,100	3,300	92.985	69	659.047	788.799	
81	80	00° 00' 00"										
	81'	89° 50' 45"	SE 40° 19' 30"	9.755	1,200	2,400	4,400	91.965	81'	649.75	796.621	
	83	183° 13' 15"	SW 53° 03' 30"	9.094	1,500	5,900	5,000	91.618	83	647.779	797.575	
	81''	285° 37' 30"	NW 24° 32' 45"	6.871	3,450	0,350	2,600	91.759	81''	648.563	793.162	
82	80	00° 00' 00"										
	84	130° 26' 30"	SW 89° 34' 15"	8.667	1,700	3,500	2,900	91.576	84	639.224	793.046	
	85	207° 29' 30"	NW 13° 22' 45"	6.828	1,800	1,800	2,700	91.058	85	645.802	785.949	
84	82	00° 00' 00"										
	86	179° 59' 30"	SW 89° 33' 45"	5.813	1,850	1,850	2,400	91.786	86	639.268	798.859	
	84'	270° 00' 00"	NW 00° 25' 45"	10.6305	1,500	1,500	2,900	91.438	84'	649.529	793.123	
69	80	00° 00' 00"										
	87	102° 41' 30"	NW 20° 26' 15"	8.192	3,100	1,600	2,150	90.658	87	646.723	791.659	
	67	248° 18' 30"	SE 54° 49' 15"	8.338	1,850	1,800	2,550	91.258	67	643.851	795.614	

## **CAPITULO V**

### **REGENERACION MATERIAL SUBTERRANEA**

La regeneración de las zonas minadas, se entiende como la reconstrucción del terreno en todas aquellas zonas habitadas que han sido afectadas por la presencia de antiguas obras de explotación, en el sentido de evitar y/o reparar hundimientos, desplazamientos, asentamientos diferenciales y en general cualquier movimiento del terreno que tenga su origen a causa de la explotación minera, como pueden ser túneles, taludes, rellenos superficiales mal compactados, entre otros.

La regeneración de los túneles debe tener como consecuencia la estabilización en superficie de todas aquellas partes que puede estar afectada por estos huecos, al evitar su migración hacia la superficie. Por lo que entenderemos como regeneración de cavidad, a todos aquellos trabajos que tienen como fin la estabilización de los diversos túneles que dejaron las extracciones de materiales pétreos en la década de los 50' y 60'.

Para poder comprender la problemática que sufren las colonias que comprenden la delegación Alvaro Obregón, a causa de las zonas minadas, haremos mención de los diversos estudios y trabajos que realizaron en conjunción el Gobierno del Distrito Federal y la Facultad de Ingeniería, en la colonia Jalapa, en el año de 1997.

## **V.1. CLASIFICACION DE LA ZONA.**

En 1974 se inician una serie de estudios y recomendaciones para prevenir e incluso corregir los daños de los terrenos que se encuentran sobre las zonas minadas y en base a estos análisis se catalogan a cada una de las colonias, de acuerdo al grado de peligro en el que se localicen, a causa de túneles, socavones, rellenos, taludes, cortes, entre otros.

La colonia Jalapa, se encuentra clasificada como una zona de alto riesgo, debido a la existencia de taludes y al desarrollo de antiguas obras subterráneas y a cielo abierto que se generaron en la década de los 50's.

Una de las principales causas, por las que cientos de familias se asentaron y siguen asiéndolo en las lomas y barrancas de la delegación Alvaro Obregón, es la necesidad de vivienda, que ha provocado que la colonia Jalapa en conjunto con muchas otras crezcan y se urbanicen a un ritmo acelerado, aumentando el riesgo de hundimientos, movimientos diferenciales del terreno a causa de la migración que sufren los túneles hacia la superficie, pérdida de la estabilidad de los taludes generados durante la extracción de material y de las construcciones que se desplantaron en el hombro y pie del mismo, por lo que ponen en riesgo la seguridad física y económica de todas aquellas personas que habitan o transitan en estos lugares.

Desde el inicio de los asentamientos irregulares en la loma de Jalapa, diversos especialistas han señalado los riesgos de establecer viviendas en áreas minadas, sobre todo, porque no se cuenta con un registro preciso en donde se indique la dirección, ubicación y dimensiones de las obras subterráneas.

Tan solo en la Loma de Jalalpa, se tienen ubicadas 47 cavidades de un total de 367 bocaminas existentes en la delegación Alvaro Obregón, lo que representa el 12.81% del total de las minas abandonadas en solo esta delegación.

Para la búsqueda e implantación de soluciones alrededor de éste problema, es fundamental tener en cuenta el aspecto social del mismo, de forma tal, que las recomendaciones que se realicen cumplan con el objetivo de unificar criterios técnicos y humanísticos, para alcanzar una solución que englobe la óptima ejecución, economía, seguridad y bienestar social.

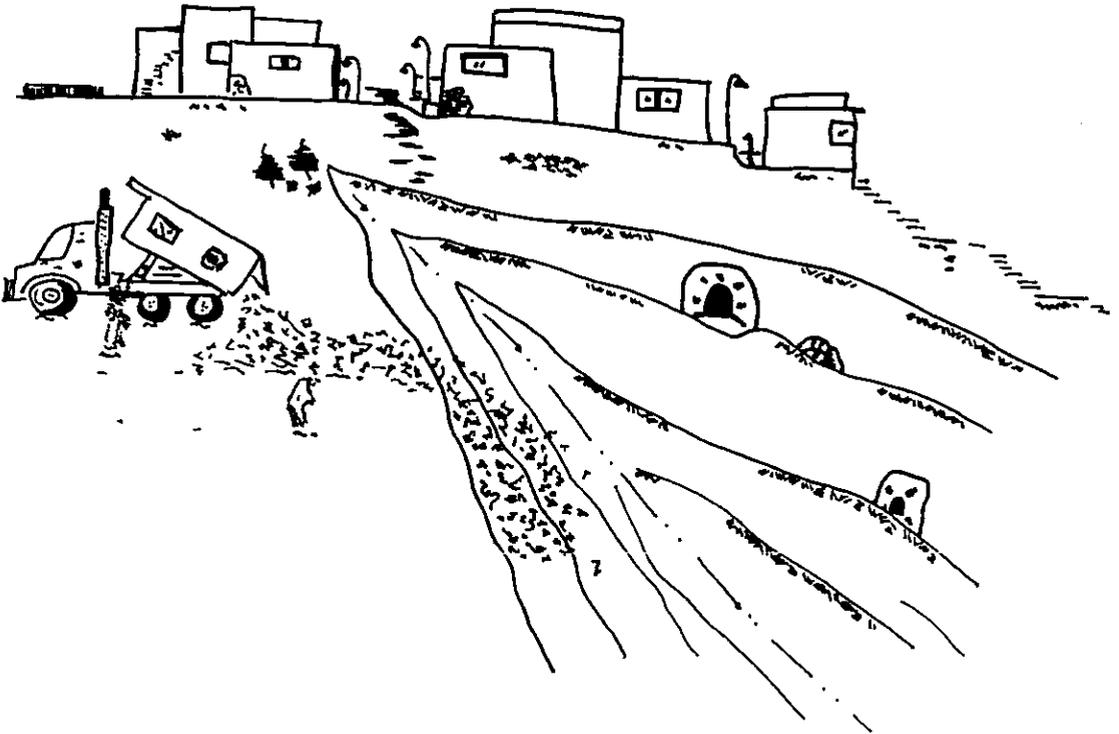


FIGURA V.1.- Corte transversal de la loma de Jalalpa.

## V.2. SELECCIÓN DEL METODO DE REGENERACION.

La selección del método o procedimientos que se elijan para estabilizar el subsuelo de la colonia Jalapa, dependen de los resultados obtenidos en el control topográfico y a las características que presenten cada una de las cavidades.

Tomando en cuenta que el tamaño de los túneles es variable, lo mismo que el grado de erosión, debemos ser conscientes que la resistencia que presenten las obras será mínima; en donde las cargas que actúan sobre ella cambian de manera constante, a consecuencia de nuevas construcciones, al tránsito vehicular, a las infiltraciones pluviales y escurrimientos de drenajes principalmente. Por lo que el proceso o procedimientos que se emplean, deberán cumplir con las normas de seguridad antes y después de su realización.

El proceso de migración de los túneles hacia la superficie se acelera en el periodo de lluvias y la mecánica de rompimiento es en grandes bloques, por lo que es pertinente proponer un método de regeneración permanente que garantice la estabilidad del subsuelo, que no requiera de mantenimiento una vez colocado y solo sea necesario mantener el control en cada escurrimiento de agua, durante y después de su construcción.

Para establecer cual de los métodos de regeneración será el más adecuado, se deben realizar una serie de estudios preliminares, con el objetivo de devolver las características y resistencia al subsuelo.

### 1) Delimitación de la zona de estudio.

En esta actividad se fijan los objetivos que estarán en función de diversos criterios, tales como: importancia por la densidad de población, daños registrados en superficie, taludes, cortes, depresiones, etc.

Los estudios preliminares, deberán permitir que la regeneración avance de manera integral, cubriendo en los tiempos establecidos y de manera total las zonas de alto riesgo.

## 2) Generación de información.

Su objetivo principal es proporcionar datos para la localización de cavidades, observando su grado de riesgo y descripción. La información puede existir o no, en todo caso deberá llevarse a cabo los estudios complementarios, ya sea por que existen dudas acerca de la ubicación, desarrollos, estado actual de los túneles, la existencia de dos o más niveles de explotación, modificación de la morfología como efecto de la urbanización, etc.; ésta actividad será necesario complementarla con estudios adecuados a las circunstancias, los cuales pueden ser geológicos o geofísicos.

Esta fase no debe extenderse ni abundarse demasiado; es decir, los datos deben cumplir únicamente con el requisito de proporcionar la existencia y ubicación de las cavidades, accesos libres u obstruidos, características físicas generales de la roca y suelos que circundan a las obras, así como daños producidos o que pudieran producir en la estabilidad de las construcciones y número de viviendas afectadas.

## 3) Identificación de cavidades.

Para utilizar todos los datos obtenido en la investigación preliminar, deberán ser representados en un plano del área, preferentemente con lotificación y vías de acceso a una escala adecuada, y en caso contrario se realizara un croquis detallado, indicando los accesos, desarrollo de las cavidades o posibles áreas afectadas por su presencia, los cuales servirán de base para el reconocimiento de campo.

## 4) Reconocimiento superficial y subterráneo.

Una vez que todos los datos se han vaciado en el plano o croquis, se procederá a la comprobación de los mismos en el área señalada. Se deberá tener especial cuidado en la presencia de indicios de cavidades, como son fracturas en el pavimento o muros, pequeños asentamientos, etc. Si éstas señales son frecuentes en la zona y no se localiza el posible acceso, el apoyo de la exploración geofísica será una herramienta que podemos

utilizar como complemento de los trabajos realizados, además de la información que pueden proporcionar los colonos.

En esta etapa, es conveniente realizar una exploración dentro de las cavidades, observando las condiciones actuales de erosión e intemperismo, además de realizar un seguimiento a los drenajes, ya que si éstos se encuentran rotos, deberán ser reparados antes de que puedan llegar a las cavidades, evitando que el fenómeno de migración se acelere.

Con los datos obtenidos hasta este momento y representados convenientemente en un plano o croquis, se recomienda realizar una jerarquía de las áreas de mayores riesgo dentro de la zona de estudio, que permita atender de manera inmediata aquellas cavidades que por su estado representen los mayores índices de peligro de inestabilidad en el subsuelo.

### **V.3. ACTIVIDADES PARA LA REGENERACION.**

La cavidad JT-0,1 se encuentra excavada en los horizontes de arenas y gravas de color rosa, teniendo un desarrollo lineal de 1,356.00 metros cuadrados y un volumen calculado de 18,873.77 metros cúbicos; presentando migración en la bóveda y paredes; además de la existencia de salones de gran tamaño y alturas libres de piso a techo de hasta 6 metros; se observan ramales obstruidos por derrumbes, notándose la presencia de rellenos heterogéneos, reduciendo la altura de los túneles a 80 centímetros y en otros casos bloqueándolos completamente, por lo que se estima que esta cavidad tiene un mayor desarrollo.

Para obtener los mejores resultados que garanticen la estabilidad del subsuelo y corregir los daños provocados durante la extracción de material, no se aplicara un solo método de regeneración para la cavidad JT-01, será la combinación de diversos métodos, trabajando a los ramales es algunas zonas en forma independiente, tomando siempre como punto de partida a los levantamientos topográficos de superficie y cavidad, los cuales determinarán el encape existente entre el cielo de los túneles y la superficie, obteniendo los desniveles y a los cuales estaremos ligados en la ubicación de los puntos de perforación, que nos indicarán si las

lumbreras son manuales o mecánicas, además los desniveles existentes entre los diversos túneles, indicaran si el vaciado de mezcla y relleno se hace en forma de gravedad, manual o neumática.

Dada la profundidad a la que se realizo la explotación y al gran número de casas que se encuentran en la superficie, los métodos a emplear serán el de perforación de lumbrera, relleno compactado y vaciado de mezcla por gravedad, bombeo e inyección, muros de carga y bóvedas de concreto, además del relleno neumático.

La determinación y técnicas empleadas para la colocación del relleno están proyectadas con base en la naturaleza de los túneles, vías de acceso y disponibilidad de espacios libres para la manipulación de equipo y material en superficie, así como de la resistencia del material por colocar.

Para el caso particular de la colonia Jalalpa, se llevaron acabo los siguientes procedimientos, tomando como base a los levantamientos topográficos de superficie y subterráneos.

#### **1) Ubicación de los puntos de perforación.**

Los puntos de perforación serán ubicados en función del desnivel existente entre los diversos túneles que conforman la cavidad, además del encape existente entre el cielo de la oquedad y la superficie, que determinará si la perforación es manual o mecánica.

Los puntos de perforación podrán ser ubicados invariablemente en las calles o en el interior de las casas (sí las lumbreras se programan dentro de las casas, los puntos de perforación se ubicaran en los patios de las mismas).

#### **2) Perforación de lumbreras.**

Como la mayoría de las perforaciones de lumbreras se hará en la calle, se debe tomar en cuenta la red de suministro de agua potable, drenaje, conductos de pemex, cableado aéreo de las líneas telefónicas, eléctricas y cualquier otro obstáculo que dificulte la operación y acceso del equipo a emplear.

Las lumbreras de tipo mecánico tendrán un diámetro de 90 centímetros, mientras que las de tipo manual serán de 1.00 X 1.20 metros de sección, lógicamente los costos y tiempos serán diferentes.

### 3) Apuntalamiento de los túneles.

Antes de iniciar los trabajos de compactación, es importante realizar el apuntalamiento o fortificación de las zonas que presenten mayores índices de fisuramiento o erosión.

La fortificación puede hacerse en forma natural, formando pilares de roca dispuestas a lo largo y ancho de la obra subterránea. Las columnas se construyen a partir del macizo rocoso, sus dimensiones, espacios y distribución de la obra, están en función de los estudios y pruebas de laboratorio.

El apuntalamiento artificial se emplea cuando la calidad del macizo rocoso no permite la construcción de pilares, por lo que será necesario la colocación de soportes de tipo artificial, empleando en la mayoría de ellos puntales de madera, la cual es empleada en lugares cuyo acceso es difícil y peligroso.

Existen diferentes tipos de armado de una pieza, los más empleados son armados de tipo simple o de primer orden, que consiste en colocar un poste o puntal, sobre una muesca en el piso y en el extremo que apunta al techo se coloca un cabezal, cuya tarea es distribuir la presión de manera uniforme en toda la sección transversal del poste; este armado se utiliza para el sostenimiento de bloques individuales, en algunos casos los maderos se colocan en posición horizontal o bien de tres y hasta cuatro piezas, conocido como armado compuesto. Este tipo de estructura es utilizando en túneles donde se requiere un amplio soporte, colocando los puntales a intervalos regulares.

El acero y el concreto lanzado son otros de los elementos que pueden ser utilizados en la fortificación de los túneles, obteniendo muy buenos resultados, pero incrementando demasiado los costos de la obra.

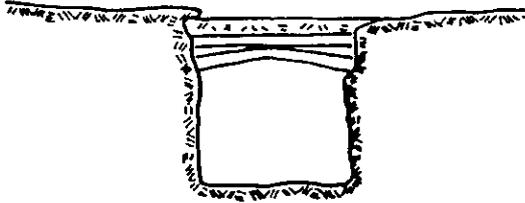


FIGURA. a. En algunos casos los maderos se colocan en posición horizontal

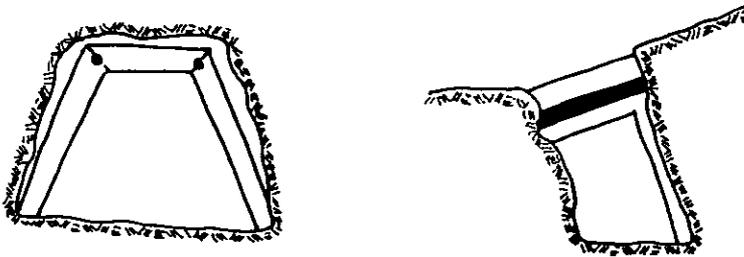


Figura. b. Los soportes se colocan de tres o cuatro piezas, este método utilizado en túneles donde se requiere un amplio soporte.

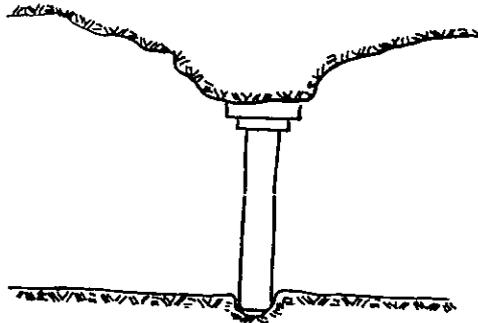


FIGURA c. Se utilizará un poste o puntal, el cual se coloca sobre una muesca en el piso y en el extremo que apunta al techo se coloca un cabezal, cuya tarea es distribuir la presión de manera uniforme en toda la sección transversal del poste; este armado se utiliza para el sostenimiento de bloques individuales, colocando el armado a intervalos regulares

FIGURA. 2.V.- diferentes tipos y colocación de armado, para el apuntalamiento de los túneles.

#### 4) Colocación del relleno.

Se pueden emplear diferentes procedimientos y técnicas para la colocación del material de relleno, teniendo los mejores resultados la compactación y vaciado de mezcla fluida por gravedad, bombeo e inyección, muros de carga y bóvedas de concreto, además del relleno compactado en forma manual y neumático.

Para un mejor entendimiento de los procesos utilizados en la regeneración, se dará una breve explicación de cada uno de ellos:

##### a) Relleno compactado y vaciado de mezcla fluida por gravedad.

Este método es el más recomendable cuando en la superficie se encuentran alojadas diversas edificaciones, por ello será necesario la perforación de lumbreras en las calles, por las que se introducirá el material y vaciado una mezcla compuesta por bentonita, cemento, cal y agua, la cual será depositada en el túnel por gravedad.

##### b) Bombeo e inyección.

Estos conceptos incrementan relativamente el costo de la obra, utilizándose cuando existen grandes distancias por regenerar, siendo imposible abatirlos por medio de lumbreras intermedias, por lo que será preciso perforar con barrenos rotatorios de 4 pulgadas e inyectar una lechada (suelo-cemento-agua), la cual podrá llegar a los lugares más estrechos e introducirse en las grietas y fisuras que presenten los muros y techo de la cavidad, garantizando así una regeneración total.

##### c) Muros de carga y bóvedas de concreto.

Tiene por objeto reducir el claro libre de los túneles y salones, incrementando la capacidad para soportar las cargas transmitidas al suelo, impuestos por las estructuras y la propia bóveda, esto se evitará, a base de muros de concreto colocados en las zonas de mayores riesgos, inestabilidad o de menor escape.

F) Relleno compactado.

El material será depositado a la cavidad, a través de lumbreras; el proceso de compactación será manual, utilizando compactadores manuales.

El proceso a seguir será el de colocar una capa de tepetate de 40 centímetros y compactarla, repitiendo el proceso de acuerdo a las características del proyecto establecido, el cual estará en función de las dimensiones de la cavidad.

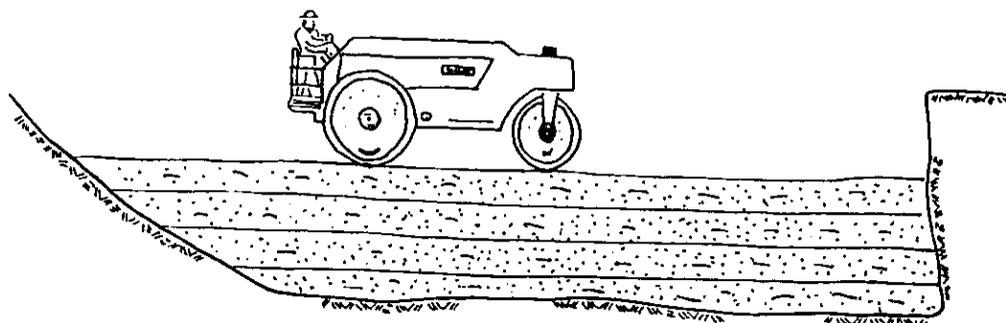
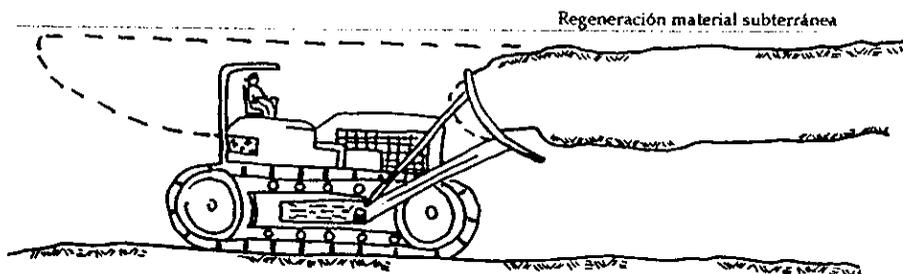
g) Relleno a mano.

Este tipo de relleno es conocido también con el nombre de relleno por costaleras y se utiliza donde no es posible mecanizar el proceso, ya que los túneles son pequeños o no se cuenta con los recursos económicos para adquirir o rentar equipo, por lo que el material es colocado en forma de costaleras haciendo uso de la mano de obra.

h) Relleno neumático.

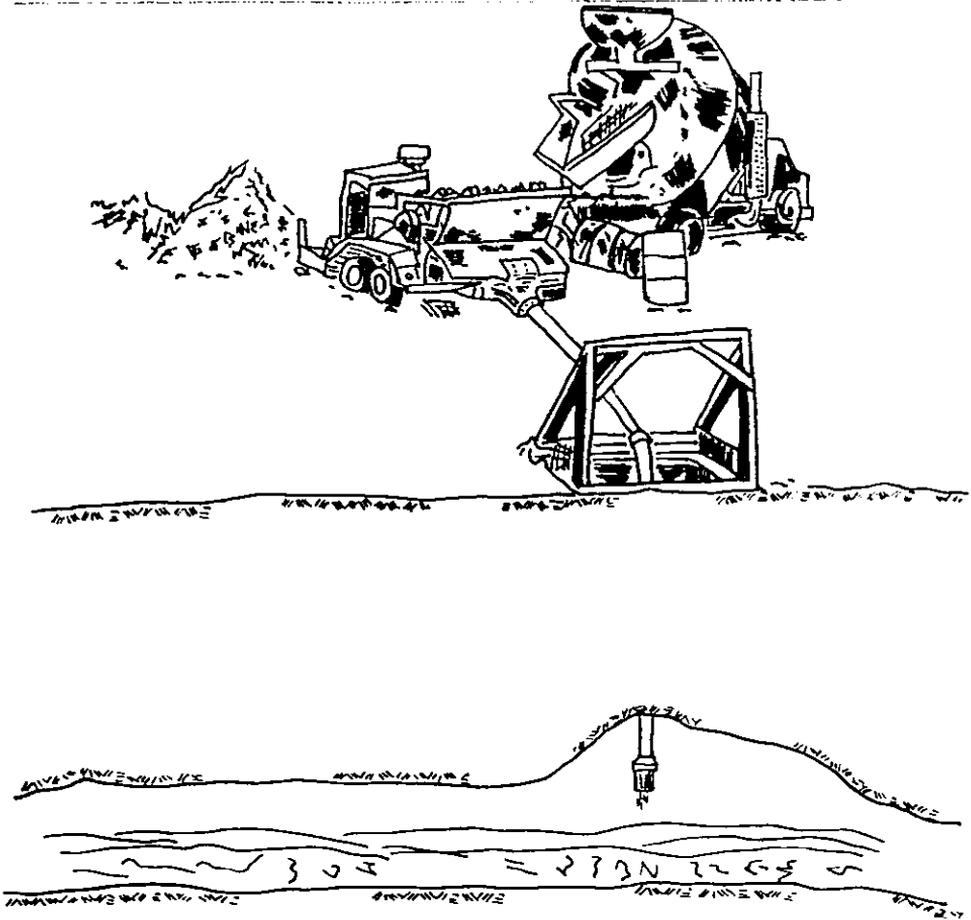
Consiste en la conducción del material de relleno por tuberías, basándose en la tesis de que una corriente de aire es capaz de mantenerlo en suspensión desplazándolo sobre el conducto; el trabajo necesario para efectuar el relleno neumático, debe derivarse de la energía total de dicha corriente desde la máquina hasta la abertura de salida, que deberá ser igual al trabajo total empleado en el transporte de la mezcla de aire y material.

El material empleado para la regeneración de los túneles deberá ser material granular de preferencia toba volcánica arcillosa, la cual permite una compactación al 70% u 80%, estando libre de basura o materia orgánica.



**FIGURA V.3.- a) Demolición de bóveda con auxilio de maquinaria pesada (tractor) colocando el material extraído aun lado del área de cavidad. El proceso de demolición se realiza de arriba hacia abajo.**  
**b) Colocación de una toba limo arenosa o arcilloso arenosa en capas, compactándola mecánicamente mediante un rodillo liso, hasta alcanzar el terraplén establecido.**

Regeneración material subterránea



**FIGURA V.4.-** Bombeo de mezcla fluida mediante ductos, introducidas por lumbreras de acceso, previo a este método, deberá abatirse el tirante de la cavidad a base de relleno compactado

## **CAPITULO VI**

### **CONCLUSIONES**

Las minas subterráneas localizadas en el poniente del Distrito Federal, son el resultado de la explotación que efectuó el hombre en el pasado, sin apego a ningún procedimiento razonable ni control que previera sus trágicas repercusiones en el futuro, el crecimiento urbano hacia esta zona incremento la problemática, al ocultarse y destruirse los accesos a las galerías, además de la pérdida de la estabilidad de los túneles.

El conflicto de las zonas minadas y de los asentamientos irregulares es sumamente delicado ya que tiene su origen en factores de orden social, demográfico, geográfico, económico e incluso político. La mayoría de las soluciones implementadas, no contemplan un avance sistemático que permita la regeneración integral, debido a los excesivos costos que esto representa y a los bajos presupuestos con los que se cuenta; por tal motivo, se programa la regeneración de las cavidades que mayores riesgos generen a la comunidad, desafortunadamente la solución o soluciones contempladas para resolver el problema de los cientos de túneles que existen en las lomas y barrancas de la delegación Alvaro Obregón, debe responder no solo a factores técnicos, sino también de orden social, demográfico, económico y político.

Desde el inicio de los asentamientos humanos en zonas de alto riesgo diversos especialistas de los sectores público y privado, han realizado recomendaciones para evitar que este conflicto siga creciendo, sin que a la fecha se tenga éxito alguno.

Muchos han sido los programas puestos en marcha para dar solución a las zonas minadas; algunos llegan a tener resultado y otros se desvanecen por la falta de presupuesto o cuestiones políticas

Durante años se han ejecutado varios estudios y proyectos para la rehabilitación de las zonas minadas, aplicando distintos criterios que pueden ser desde el refuerzo de las cavidades con costaleras (costales rellenos de material granular o fragmentado), colocación de marcos de acero, pernos de anclaje y malla, concreto lanzado, hasta el relleno colocado y compactado manualmente con acabado de relleno de mezcla fluida (bentonita, cemento, cal y agua).

Dadas las características tan especiales que presentan los túneles a causa de su irregularidad, su aparente desarrollo errátil, modificaciones sufridas a raíz de la colonización y al problema que se tiene por estar localizadas dentro de una zona urbana, darán como consecuencia que las técnicas determinadas para la colocación del relleno debe ser flexibles y adaptables a las condiciones de cada una de las minas y de la zona en sí.

Un relleno constituido con la resistencia adecuada y confinado convenientemente, proporcionara una regeneración permanente, que no requiere de mantenimiento, ya que elimina por completo la inestabilidad del subsuelo que se origina después de la explotación de material.

En todo proyecto de ingeniería, lo que se busca es la obtención de los mejores resultados con un bajo costo y en el menor tiempo, en el proyecto de regeneración realizado en la colonia Jalapa, el emplear los métodos de perforación de lumbreras, relleno compactado y vaciado de mezcla fluida por gravedad, bombeo e inyección, muros de carga y bóvedas de concreto y relleno neumático, en forma correcta, se garantiza la estabilidad del subsuelo con un costo relativamente bajo, proporcionando a 965 familias la tranquilidad de la estabilización del subsuelo y goce de poder obtener la escrituración de su propiedad.

A pesar de los diversos trabajos de estudio, análisis y amarre topográfico correspondiente que se realizan para llevar a cabo los trabajos de regeneración, esta problemática no se termina de solucionar, se tienen avances mínimos, pero teniendo en cuenta que los asentamientos irregulares crecen día con día, los accesos a las cavidades son tapados por rellenos, lo que provoca que los estudios y proyectos se dificulten, aumentando en tiempo y costo su ejecución.

Por ultimo se hace una propuesta de las diferentes etapas que debe comprender la regeneración de cualquier túnel, al que se le pretenda dar solución.

1. - Reconocimiento superficial de la zona; verificando la presencia de hundimientos, depresiones, fisuras, agrietamientos, e incluso colapsos de bóveda, verificando la perdida de la verticalidad de las edificaciones, zonas de relleno, cortes del terreno, etc.

2. - Estudios de gabinete; antecedentes de la zona en estudio, análisis de fotografías aéreas de años anteriores, preferentemente de los años 40, 50 y 60.

3. - Selección del método de exploración; si es forma directa se deberá considerar primeramente el recorrido interno a la cavidad, ubicando zonas de filtración, rellenos, derrumbes, estabilidad de paredes y techo de la bóveda, migración, tipo de material extraído, entre otros. Si la exploración es en forma indirecta, se deberá aplicar cualquiera de los métodos descritos anteriormente, y de acuerdo a las características que presente la zona, para garantizar que los resultados se apeguen a la realidad, obteniendo los mejores resultados

4. - El levantamiento topográfico superficial, se realizara sobre la base de una poligonal cerrada, auxiliándose de poligonales abiertas que cubran calles o callejones que por sus características no puedan ser levantados por la poligonal principal.

El levantamiento topográfico de los diversos túneles que comprendan la cavidad, se llevara a cabo a través de una sola poligonal, cerrando el circuito de levantamiento, cada vez que las características de los túneles lo permitan

Para cada uno de los vértices que componen a la poligonal principal en superficie y subterránea, se les deberá proporcionar una elevación a partir de un punto base, cuya cota sea conocida o se le asigne arbitrariamente.

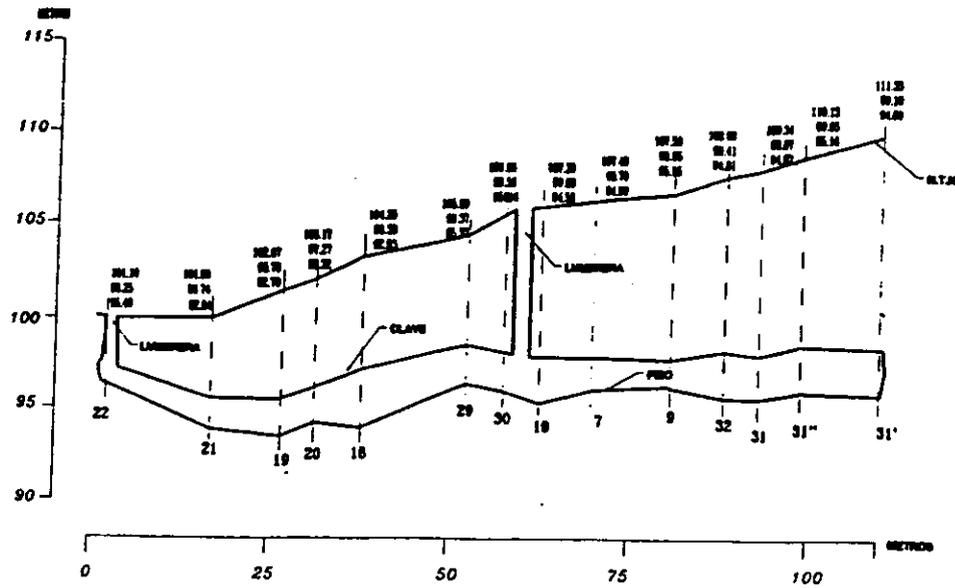
En cada uno de las cavidades se deberán medir las alturas y secciones correspondientes a la condición geométrica que tengan los túneles, determinando los espesores de bóveda, volumen de material por colocar, para llevar a cabo la regeneración de la oquedad y el área de influencia de la mina.

5. - Selección del o métodos de regeneración; al existir una representación gráfica y analizando las características de la cavidad y resultados obtenidos de los trabajos anteriores, se procederá a determinar los posibles métodos que se emplearán para la estabilización del subsuelo, considerando todos los aspectos que repercuten dentro de esta obra, siendo el más importante y fundamental, el de tipo económico.

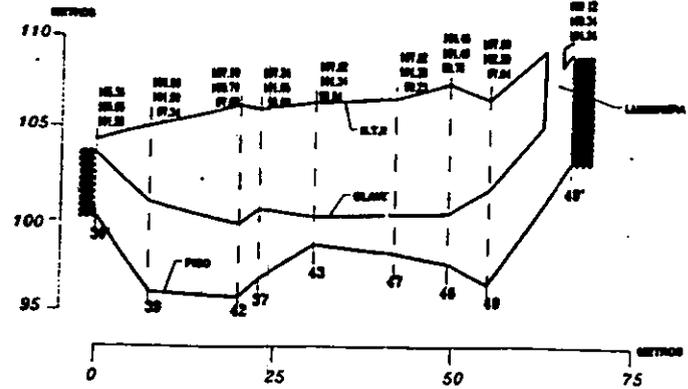
**ANEXO I**

**PLANOS TOPOGRAFICOS EN  
PLANTA Y PERFIL DE LA  
CAVIDAD C-JT-01.**

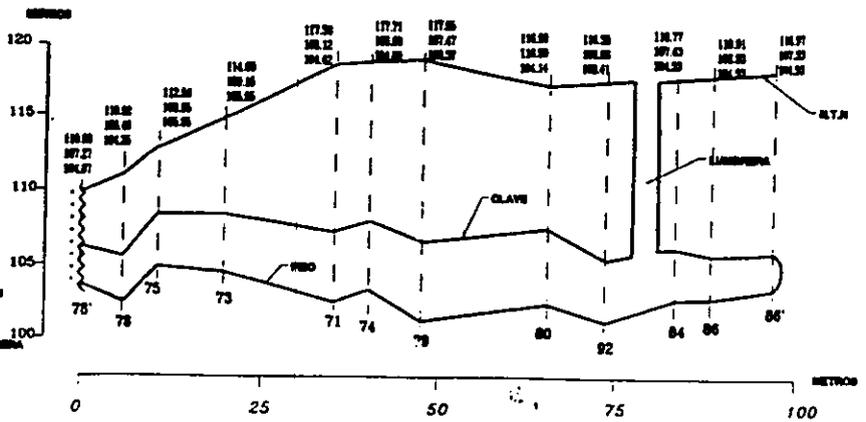
PERFIL A-A'



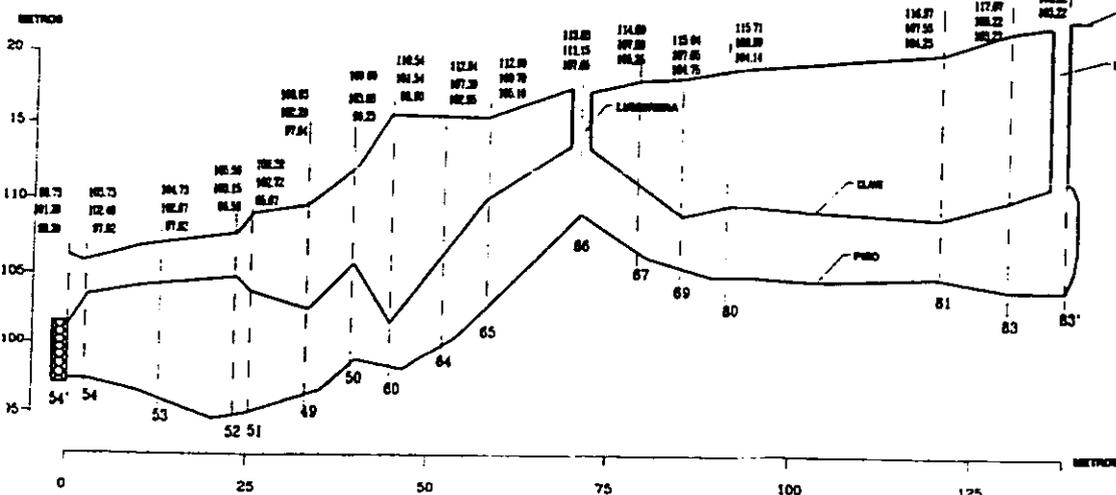
PERFIL B-B'



PERFIL D-D'



PERFIL C-C'



SEMOLOGIA

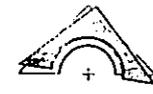
- EMPALME
- RELLENO
- MUR DE PIEDRA



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 INGENIERO TOPOGRAFICO Y GEODESTA  
 TESIS PROFESIONAL  
 Trabajo de grado para optar por el grado de Ingeniero Topógrafo y Geodesta  
 Presentado por: Juan Alvarez Chazarra, D.F.  
 Profesor de la materia: Lic. Juan Carlos Rodríguez  
 Tesis: TANGIJA  
 Ciudad de México, D.F. 1985

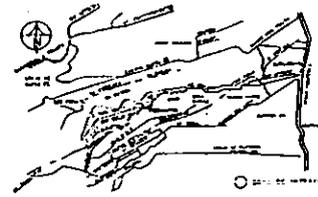


Escuela de Ingeniería  
 1985



SIMBOLOGIA

- Edificio
- Calle



LOCALIZACION

	<b>UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO</b> FACULTAD DE INGENIERÍA INGENIERO TOPOGRATO Y GEOMETA TESIS PROFESIONAL	
	Instalación y montaje de servidumbre en terrenos en el municipio de Alvarado, Oaxaca, O.P. Proyecto de ingeniería de la especialidad C.T.G. 01, Instalación Topográfica <b>PLANO PLANTA</b> Escala: 1:500	

# **ANEXO II**

# **MEMORIA FOTOGRAFICA.**



Fotografía 1



Fotografía 2

FOTOGRAFIA. 1.- Se pueden observar el avance de las explotaciones a cielo abierto en las lomas de la delegación Alvaro Obregón.

FOTOGRAFIA. 2.- En la parte baja de la barranca se pueden observar socavones, al mismo tiempo que los asentamientos irregulares avanzan paulatinamente.

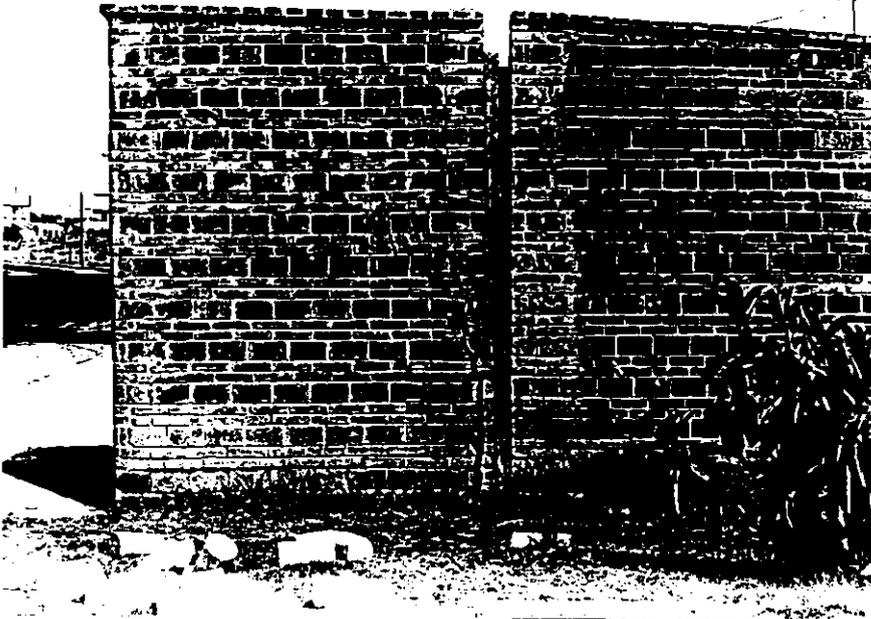


Fotografía 3



Fotografía 4

FOTOGRAFIA. 3 y 4.- Se aprecia la altura de la entrada a la cavidad y la falta de previsión de los habitantes de esta zona.

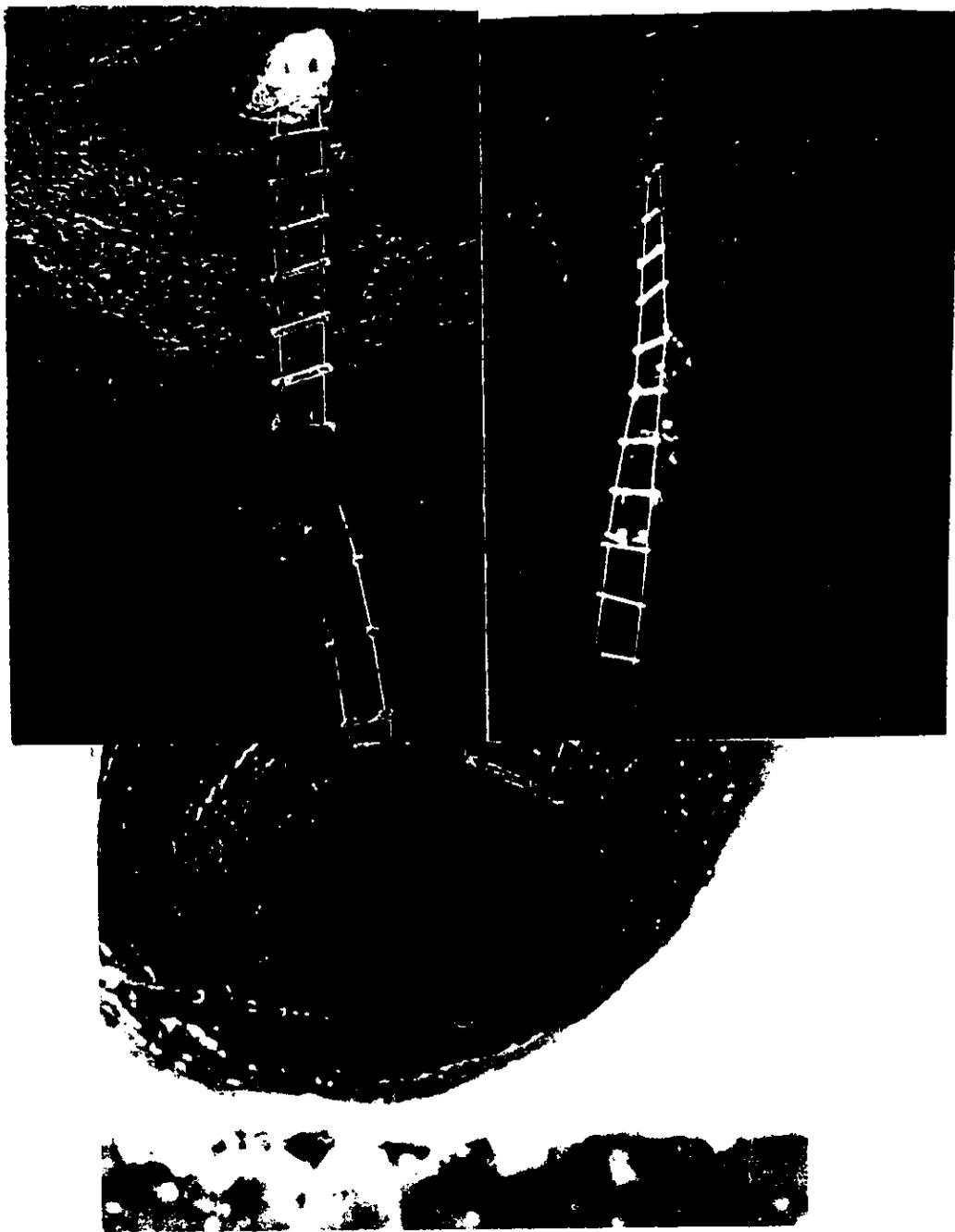


Fotografía 5

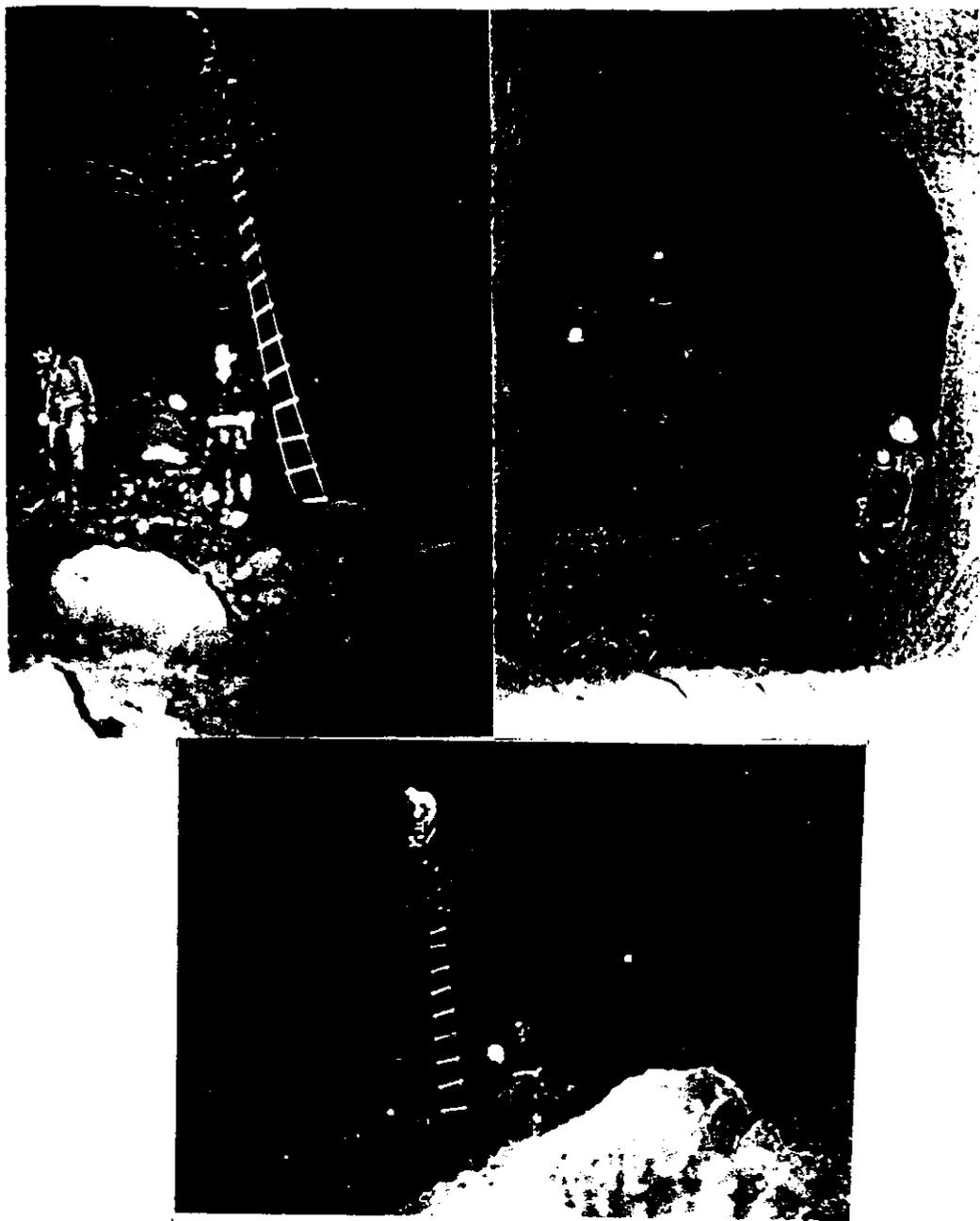


Fotografía 6

FOTOGRAFIA. 5.- Los agentes erosivos influyen en la pérdida de la verticalidad de los taludes.  
FOTOGRAFIA. 6.- Los asentamientos diferenciales y vectoriales que sufren las construcciones se reflejan en sus elementos estructurales.



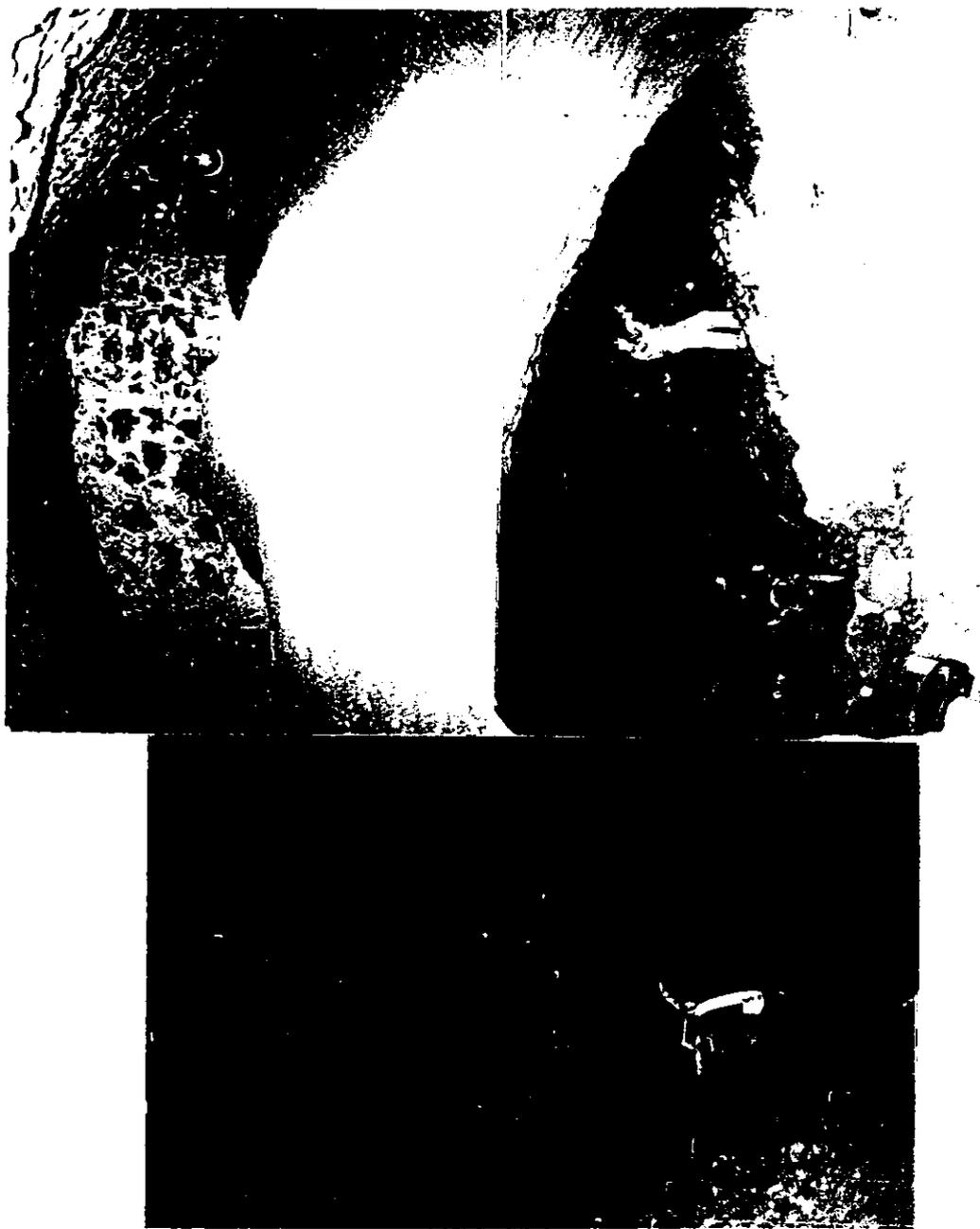
FOTOGRAFIA. 7.8 y 9.- Acceso a la cavidad C-JT-01.



FOTOGRAFIA. 10, 11 y 12.- La profundidad a la que se encuentra el túnel es de aproximadamente 10 metros y en el piso de la cavidad se pueden observar grandes bloques de material producto de proceso de migración.



FOTOGRAFIA. 13, 14 y 15.- La mayoría de los túneles presentan secciones irregulares y tirantes muy amplios a causa del proceso de migración.



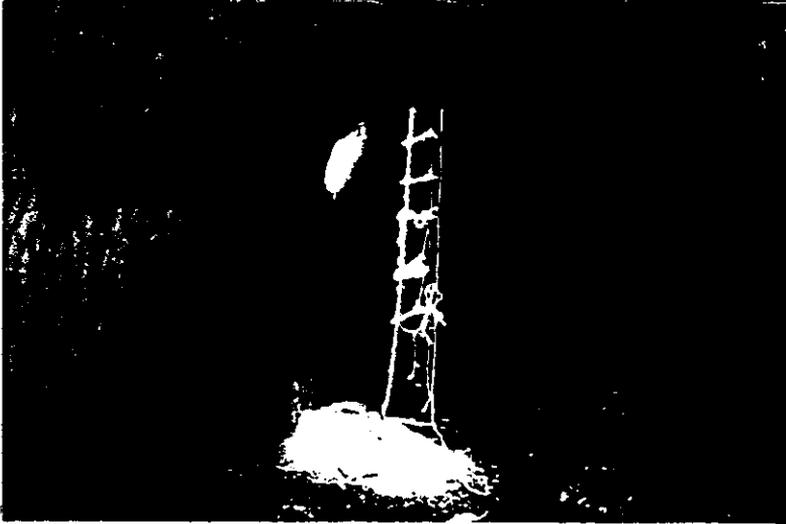
FOTOGRAFIA. 16, 17 y 18.- Los rellenos masivos de material heterogéneo y los esfuerzos vectoriales producido del sobre peso de las construcciones, provocan el desprendimiento de material, que obtura los túneles.



FOTOGRAFIA. 19, 20 y 21.- Control topográfico y regeneración de la cavidad C-JT-01.



FOTOGRAFIA. 22 y 23.- Algunos túneles se encuentran obturados a consecuencia de la filtración de agua potable o residual, lo que acelera el proceso de migración y dificulta el control topográfico de los túneles.



FOTOGRAFIA. 24,25,26,27,28 y 29.- diversas tomas de la cavidad C-JT-01.



## **GLOSARIO.**

- Aglomerado:** Roca compuesta de elementos de distinta naturaleza y tamaño, por lo general redondeados y unidos por un cementante calizo o arcilloso.
- Aluvión:** Material producto de la intemperización de las rocas, el cual a sido transportados de su lugar de origen.
- Arcilla:** Geológicamente es silicato hidratados finamente cristalinos, que se forman como resultado del intemperismo de los silicatos minerales. Atendiendo a su granulometria, su tamaño esta del orden de  $1/256\text{mm}$ .
- Altimetría:** Parte de la topografía que se encarga de determinar las cotas de diferentes puntos de la superficie terrestre.
- Bocamina:** Acceso a una explotación subterránea, la cual por lo general se localiza en laderas.
- Bóveda:** Espacio comprendido entre dos o más muros o pilares.
- Cavidad:** Excavación subterránea hecha por el hombre.
- Colapso:** Caer, desprenderse.

- Colapso de bóveda:** Desprendimiento en bloques del material constitutivo de una bóveda.
- Compactación:** Reducción de volumen de un material, mediante la aplicación de fuerzas artificiales externas, para extraer el aire contenido en este.
- 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 granulo o más grandes.
- Deleznable:** Poco durable; sin consistencia.
- Depresión:** Sinónimo de hundimiento.
- Derrumbe:** Desprendimiento de la roca de las paredes o material de relleno.
- Desarrollo:** Acción o efecto de desarrollarse, continuar.
- Detectar:** Hallar lo ignorado o escondido.
- Cuenca endorreica:** Las aguas contenidas en el interior de ella no tienen salida al mar y forman lagunas.
- Erosión:** Conjunto de procesos por medio de los cuales las rocas o suelos son disgregados, disueltos o transportados a otros lugares.
- Estratigrafía:** Parte de la geología que estudia la disposición y caracteres de las rocas estratificadas.
- Estrato:** Masa mineral en forma de capa, de espesor aproximadamente uniforme, 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.
- Formación:** Conjunto de rocas o terreno, que son afines por datar de la misma época o por haberse formado en condiciones idénticas, y del que limite superior e inferior, pueden reconocerse directamente.
- Fotogrametría:** Conjunto de métodos que permiten hallar la forma, posición y dimensiones del lugar, a partir de pares consecutivos de fotografías áreas.
- Geología:** Ciencia que trata de la forma y composición interior y exterior del globo terrestre y su evolución desde sus orígenes.
- Horizonte:** Cada una de los estratos que presentan iguales características litológicas y paleontológicas.
- Hundimiento:** Acción y efecto de hundirse.
- Intemperismo:** Es la alteración de los materiales rocosos expuestos al aire, humedad y a los efectos de la materia orgánica, así como los cambios climatológicos.
- Lahares:** Deposito de lodo volcánico que contienen materiales de todos tamaños.
- Limos:** Materiales que forman el relieve de las lomas y barrancas
- Litología:** Parte de la geología que estudia las rocas.
- Lumbrera:** Pozo auxiliar o excavación de pequeñas dimensiones que sirve en las minas para suministrar de materiales, ventilación y acceso.
- Migración:** Movimiento de partículas que caen de la bóveda o muros de una cavidad.
- Mina:** Excavación subterránea que se hace para explotar un material.

- Morfología:** Tratado o estudio de las formas del relieve del subsuelo.
- Perforar:** Sinónimo de horadar.
- Pilar:** Porción de terreno que se deja en las obras subterráneas, para su sostén y seguridad.
- Piroclastos:** Fragmento de material arrojados por los volcanes.
- Planimetría:** Trata los métodos para representar las proyecciones de los accidentes sobre un plano horizontal.
- Ramal:** Parte que arranca de la línea principal de la cavidad.
- Regenerar:** Restablecer o mejorar una cosa.
- Rehabilitar:** Sinónimo de regenerar: habilitar de nuevo o restituir a su estado inicial.
- Subsuelo:** Capa situada debajo del suelo.
- Salón:** Excavación subterránea de grandes dimensiones, de las cuales se derivan diversos túneles o ramales.
- Socavón:** Obra minera de 5 metros o menos de longitud.
- Túnel:** Excavación subterránea para extraer material explotable: sinónimo de galería.
- Tiro vertical:** Obra minera que se realiza en forma vertical o perpendicular a la superficie de explotación.
- Topografía:** Parte de la ciencia que tiene por objeto determinar la representación de los accidentes de la tierra y ubicarlos sobre un plano.

## BIBLIOGRAFIA

- ANDERSON, James M. Introducción a la topografía. 2ª ed. México: Mc. Grawhill, 1987.
- BARU, Fernando. Topografía, geodesia y geometría descriptiva. Madrid, España: instituto editorial REUS, 1982.
- BARRY, B. Austín. Topografía aplicada a la construcción. México: Limusa, 1980.
- BRINKER, Russell C. Y Wolf, Paul R. Topografía moderna. California E.U.A. Harla, 1982.
- CUELLAR, Borjá Raúl. II curso internacional de ingeniería geológica aplicada a obras superficiales y subterráneas aplicadas a la minería. México: División de educación continua Facultad de Ingeniería. Julio, 1990. UNAM.
- FONCAUTL, J.F. Roault. Diccionario de Geología. 1986

- GARCÍA, Aguilar José Cruz. Métodos de detección y regeneración del subsuelo en la zona poniente. México: El autor, 1997. Tesis (Ingeniero Civil) UNAM.
- GONZALEZ, Sánchez Javier. Estudios y métodos de explotaciones subterráneas en el D.F. México: El autor, 1993. Tesis (Ingeniero Civil) UNAM.
- HUGH, Extón Mckinstry. Geología de minas 1ª ed. Barcelona España: Limusa, 1989.
- RAMOS, Rocha Luis Miguel. Procedimientos topográficos empleados en la localización de zonas minadas en la Delegación Alvaro Obregón, D.F. México: El autor, 1995. Tesis (ingeniero Topógrafo y Geodesta) UNAM.
- SANCHEZ, Rojas Luis Edmundo.
- SIMPOSIO de la Sociedad Mexicana de Mecánica de suelos. Cimentaciones en Zonas Minadas de la Ciudad de México. Marzo de 1976.
- TOSCANO, Ricardo. Métodos topográficos. México; Editorial Porrúa.