



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ACATLÁN

"ANÁLISIS DE PELIGROS Y RIESGOS NATURALES EN EL MUNICIPIO DE ATIZAPÁN DE ZARAGOZA, ESTADO DE MÉXICO, PARTICIPACIÓN DE LA INGENIERÍA CIVIL EN SU DETECCIÓN Y REMEDIACIÓN"

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE

INGENIERO CIVIL

PRESENTA:

ROCIO EDRHEY MARTÍNEZ CHÁVEZ

ASESOR

DR. JOSÉ MARÍA CHÁVEZ AGUIRRE

Acatlán, Edo. De México

Febrero 2017



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

RESUMEN

Los estudios geológicos-geotécnicos son fundamentales para la construcción de cualquier obra de ingeniería. Éstos permiten establecer la naturaleza y el comportamiento de los suelos así como de los macizos rocosos en los cuales se deben realizar los movimientos adecuados de tierra requeridos por la obra y suministrarán información clave para el adecuado diseño de las estructuras.

El objetivo primordial de este trabajo es recolectar información geológica y geotécnica actualizada con el propósito de elaborar una serie de mapas temáticos a escala 1:5000, los cuales se presentan en el capítulo IV, estos servirán de guía para la planificación de futuros trabajos ingenieriles que permitan satisfacer las necesidades de la población y mejorar su calidad de vida.

El tema central es evaluar las condiciones de posibles peligros y riesgos en los que se encuentra actualmente y a futuro el Municipio de Atizapán de Zaragoza.

La información documentada en el presente será importante ya que se pretende dar una orientación preventiva, como la determinación de los peligros naturales de tipo geológico en diferentes zonas del territorio.

Dedicatorias

A mi familia:

Por brindarme la vida colmada del más bello regalo; su amor incondicional.

En especial **a mi madre**, quiero agradecerle por tantos años de esfuerzo y dedicación, sabes que eres el pilar de lo que soy y somos como familia., por haberme enseñado a luchar y afrontar cada una de las pruebas que la vida nos pone en el camino, por inculcarme que los valores y principios te hacen mejor persona, por dedicarte a mi sin pedir nada a cambio y por alentarme a seguir adelante cuando más lo necesite, por enseñarme que la vida va más allá de las cosas materiales, a disfrutar cada momento que la vida nos ofrece y que a pesar de todo debemos estar siempre unidos. Gracias por guiarme sobre el camino de la educación. Creo ahora entender por qué me obligaste a estudiar aun sin tener tarea y a terminarla antes de salir a jugar. Te Amo

A mi padre: por su comprensión, apoyo y consejos a lo largo de mi vida.

A mis hermanos, compañeros eternos de esta obra; mi vida

Como las ramas de un árbol, crecemos en diferentes direcciones, pero nuestra raíz es una sola, así la vida de cada uno, siempre será una parte esencial de la vida de los otros. A pesar de las adversidades, siempre han estado presentes en situaciones difíciles. Con esa forma especial de decir te quiero.

Gracias, por los consejos, bromas, retos y cada momento compartido, pues con ellos he aprendido que pase lo que pase siempre nos vamos a querer, sin importar la edad que tengamos, no importa si mañana la distancia nos separa, solo quiero que tengan presente que yo haría cualquier cosa por ustedes y lo mucho que los amo.

A Cesar, por ser la principal fuente de aprendizaje, mi claro ejemplo de dedicación y perseverancia. Siempre te tendré como una meta a seguir.

A Karen y Carolina, por ser cómplice de mis locuras, compartir aventuras, sueños y consejos.

Agradecimientos

Este trabajo fue posible gracias al apoyo de varias instituciones y personas, entre los cuales destacan protección civil del municipio de Atizapán de Zaragoza, en especial a la colaboración del Arquitecto y amigo Juan Islas junto con su equipo de trabajo.

A mis compañeros y amigos, Brenda Carrizosa Ramos, Oscar Medina Rodríguez y Eduardo Soriano por su ayuda y colaboración en este trabajo.

A mi profesor, maestro, asesor y amigo Dr. José María Chávez Aguirre por su apoyo, colaboración y conocimientos compartidos.

	Página
Capítulo I	
Conceptos básicos	
1.1 Riesgo	6
1.1.3 Riesgo aceptable	
1.1.2 Riesgo social	
1.2 Peligro	
1.2.1 Peligro geológico	
1.3 desastre	
1.4 Prevención	
1.5 ciclo de prevención	7
1.6 Suelos	8
1.6.1 Suelos residuales	
1.6.2 Suelos Aluviales	
1.7 Geología y Geotecnia	
1.7.1 Geología	
1.7.2 Geotecnia	
1.8 Estructuras Geológicas	
1.8.1 Fracturas	9
1.8.2 Fallas	
1.8.2.1 Fallas normales	10
1.8.2.2 Fallas inversas	11
1.8.2.3 Fallas oblicua	
1.8.2.4 Falla de rumbo	
1.8.2.5 Falla Rotacional	12
1.8.2.6 Fallas pasivas	
1.8.2.7 Fallas activas	
1.8.3 Deslizamiento de tierras	13
1.8.3.1 Flujos de material	
1.8.3.1.1 Flujo de derrubios	
1.8.3.1.2 Flujo de tierra	14
1.8.4 Hundimientos	
1.8.5 Caídos o derrumbes	15
1.9 Taludes	
1.9.1 Tipos de fallas en taludes	16
1.9.1.1 Fallas por deslizamiento superficial	17
1.9.1.2 Fallas por deslizamiento en laderas naturales sobre superficies de falla preexistentes	
1.9.1.3 Falla por movimiento del cuerpo de talud	
1.9.1.3.1 Falla por rotación;	
1.9.1.3.2 Falla por traslación	
Capítulo II	
Generalidades y Antecedentes del municipio Atizapán de Zaragoza	
2.1 Localización del Municipio	20
2.2. División territorial	21
2.3 Tipo de vivienda en el municipio	23

2.3.1 Vivienda residencial	24
2.3.2 Vivienda media	
2.3.3 Vivienda popular	25
2.3.3.1 Vivienda típica	
2.3.3.2 Vivienda progresiva	
2.3.3.3 Vivienda masiva	
2.3.4 Vivienda precaria	26
2.4 Condiciones Geográficas del Municipio de Atizapán de Zaragoza	
2.4.1 Clima	
2.4.2 Fisiografía	28
2.4.3 Geomorfología	
2.4.4 Hidrología	
2.5 Condiciones geológicas del Municipio de Atizapán de Zaragoza	30
2.5.1 Aspectos geológicos de la Cuenca de México	
2.5.2 Geología	31
2.5.3 Discontinuidades	34
2.5.4 Mapas Geológicos	35
2.6 Aspectos geotécnicos de la Cuenca de México	36
2.6.1 Riesgos geotécnicos en el Municipio de Atizapán de Zaragoza	40
2.6.1.1 Zonas minadas	
2.6.2 Mapas geotécnicos	41

Capítulo III

Identificación de zonas de riesgo en Atizapán de Zaragoza

3.1 Zonas Minadas	43
3.1.1 Soluciones a los problemas	47
3.2 Zonas de discontinuidades	50
3.3 Fracturas y fallas	
3.3.1 Falla de Galerías Atizapán	
3.4 Deslizamiento de taludes	56
3.4.1 Talud En Roca Ubicado En El Fraccionamiento Rincón De La Montaña	
3.4.1.1 Geología del Talud	
3.4.1.2 Clasificación y caracterización del macizo rocoso	57

Capítulo IV

Marco metodológico y Comparativa de mapas

4.1 Marco metodológico	60
4.2 Comparativa de mapas	69
4.2.1 Mapa Geológico del Municipio de Atizapán de Zaragoza extraído y compilado de la carta geológica Cuautitlán E-14-A-29 tercera impresión	70
4.2.2 Mapa Geológico del Municipio de Atizapán de Zaragoza extraído y compilado del "Nuevo Mapa Geológico de las Cuencas de México, Toluca y Puebla" de Mooser, 1996.	

4.2.3 Mapa Geológico del Municipio de Atizapán de Zaragoza elaborado para este trabajo	73
4.2.4 Mapa de Riesgos Geológicos del Municipio de Atizapán de Zaragoza elaborado para este trabajo.	76

Capítulo V

Conclusiones

5.1 Conclusiones	79
------------------	----

Referencias	81
-------------	----

Anexos	85
--------	----

Capítulo I

Conceptos Básicos

Capítulo I

1. Conceptos Básicos

1.1. Riesgo

Se entiende como la posibilidad de ocurrencia de daños o efectos indeseables sobre sistemas constituidos por personas, comunidades o sus bienes, como consecuencias de eventos o fenómenos perturbadores, los que pueden ser de origen natural o pueden resultar de acciones humanas. De acuerdo con las condiciones específicas del entorno de un sistema, este puede estar expuesto a diversos tipos de riesgo, asociados a diversas fuentes latentes de amenazas.

- 1.1.1 Riesgo aceptable: un riesgo para el cual, para los fines de vida o trabajo, estamos preparados para aceptar sin preocupación acerca de su manejo.
- 1.1.2 Riesgo social: el riesgo a la sociedad como un todo: uno donde la sociedad tendría que soportar la carga de un accidente de deslizamiento, causando un número de muertos, heridos, y pérdidas económicas o ambientales. (CENAPRED, 2006.)

1.2 Peligro

Probabilidad de ocurrencia de un evento que se presenta en la naturaleza o que tiene un origen antropogénico, que por su energía y persistencia puede ocasionar un desastre. (CENAPRED, 2006.)

- 1.2.1 Peligro geológico: es aquel que se origina en la corteza terrestre, ya sea en la corteza interna, como es el caso de los sismos, o en la superficie terrestre, como los deslizamientos. (Consejo de Recursos Minerales, 2004)

1.3 Desastres

Se considera como la interrupción brusca de la vida cotidiana, generadora de pérdidas humanas materiales y ambientales generalizadas que superan la competencia de la comunidad afectada para sobreponerse exclusivamente a través de sus propios medios.

Con esto establecer la importancia de los mecanismos de *prevención* y *mitigación*, previa identificación de las áreas susceptibles de afectación por la ocurrencia de fenómenos naturales. (Consejo de Recursos Minerales, 2004)

1.4 Prevención

Es la capacidad de anticipación a las causas que puedan producir un daño en la población realizando acciones que eviten dichas causas.

Para poder disponer de un sistema eficiente de prevención contra daños causados por fenómenos hidrometeorológicos extremos, comúnmente llamados catástrofes naturales, es necesario crear, tanto en el gobierno central, como en la población en general, la conciencia de la necesidad de un sistema de predicción y previsión de catástrofes naturales. (CENAPRED, 2006.)

1.5 Ciclo de prevención

Identificación de riesgos: conocer los peligros y amenazas a los que se está expuesto; estudiar y conocer los fenómenos perturbadores identificando dónde, cuándo y cómo afectan. Identificar y establecer, a distintos niveles de escala y detalle, las características y niveles actuales de riesgo, entendiendo el riesgo como la probabilidad de que ocurra un peligro y estamos conscientes de que ocurra.

Mitigación y prevención: consiste en diseñar acciones y programas para mitigar y reducir el impacto de los desastres antes de que estos ocurran.

Incluye la implementación de medidas para reducir la vulnerabilidad o la intensidad con la que impacta un fenómeno: planeación del uso de suelo, aplicación de códigos de construcción, obras de protección, educación y capacitación a la población, elaboración de planes operativos de protección civil y manuales de procedimientos, implementación de sistemas de monitoreo y de alerta temprana y preparación para la atención de emergencias.

Atención de emergencias: se refiere a las acciones que deben tomarse inmediatamente durante y después de un desastre con el fin de minimizar la pérdida de vidas humanas, sus bienes y la planta productiva, así como preservar los servicios públicos y el medio ambiente, sin olvidar la atención prioritaria y apoyo a los damnificados.

Recuperación y reconstrucción: acciones orientadas al restablecimiento y vuelta a la normalidad del sistema afectado. Esta etapa incluye la reconstrucción y mejoramiento de infraestructura y servicios dañados o destruidos.

Evaluación del impacto e incorporación de la experiencia: consiste en valorar el impacto económico y social, incluyendo daños directos e indirectos. Tiene entre otras ventajas: determinar la capacidad del gobierno para enfrentar las tareas de reconstrucción, retroalimentar el diagnóstico de riesgos con información de las regiones más vulnerables y de mayor impacto histórico y calcular la relación costo – beneficio de inversión en acciones de mitigación.

La experiencia adquirida en las etapas anteriores del ciclo de la prevención debe incorporarse para redefinir políticas de planeación, mitigación y reducción de vulnerabilidades, y evitar la reconstrucción del riesgo; es decir, que un mismo fenómeno vuelva a impactar en el futuro de manera semejante. (León Roldan, 2013)

1.6 Suelos:

Según su acepción en ingeniería geológica, son agregados naturales de granos minerales unidos por fuerzas de contactos normales y tangenciales a las superficies de partículas adyacentes, separados por medios mecánicos de poca energía o por agitación en agua. (González de Vallejo, 2002).

1.6.1 Suelos Residuales: Son el producto de la meteorización de la roca (principalmente química) y permanecen en su lugar de origen. El substrato rocoso es la roca madre de un suelo residual, hay un cambio suave entre el suelo residual y el substrato. El espesor es raramente superior de 10m. (Modificado de González de Vallejo, 2002).

1.6.2 Suelos Aluviales: son de origen aluvial, poco evolucionados aun que profundos, aparecen en las vegas de los principales ríos

1.7 Geología y Geotecnia

1.7.1 Geología

Ciencia que se encarga del estudio de los diferentes componentes físicos del planeta Tierra así como la evolución que ha tenido desde su formación hace millones de años.

1.7.2 Geotecnia

Es la rama de la Ingeniería que está compuesta por tres disciplinas: Mecánica de Suelos, Mecánica de Rocas y Geología Aplicada y se encarga de estudiar las propiedades mecánicas tanto de los suelos, como de los diferentes macizos rocosos que existen en nuestro planeta.

1.8 Estructuras Geológicas

Las estructuras geológicas están relacionadas con todos los accidentes tectónicos de la masa rocosa, éstas son formadas por movimientos verticales y horizontales en las placas tectónicas. La estructura geológica es determinante en el desarrollo del relieve. Las formas topográficas son la manifestación directa de las estructuras geológicas presentes. (León Roldan, 2013)

Tanto los fenómenos naturales como las estructuras geológicas, contribuyen en la definición de peligro para una zona urbana. Algunos de estos fenómenos son:

- Fracturas
- Fallas
- Sismos
- Deslizamientos
- Hundimientos
- Derrumbes

A continuación se mencionará brevemente en qué consiste cada uno de ellos, ya que los fenómenos naturales antes mencionados son un factor muy importante a considerar en la seguridad de una zona urbana.

1.8.1 Fracturas

Es un plano de discontinuidad de una masa rocosa o de material poco consolidado que se observa en la superficie como una línea con una abertura, con un ancho de milímetros o varios decímetros.

Las fracturas se detectan a partir de la identificación de alineamientos en las curvas de nivel y en la red hidrológica.

Son fácilmente distinguibles como fisuras o agrietamientos en la superficie del terreno, principalmente en ambientes montañosos y de piedemonte, que pueden continuar por varios centenares de metros o kilómetros. (CENAPRED, 2006.)

1.8.2 Fallas

De forma general es un plano de discontinuidad de una masa rocosa o material poco

consolidado en donde se observa, a diferencia de las fracturas, es un movimiento relativo entre los bloques resultantes, es decir, la o las fallas rompen una roca y se desplazan diferencialmente (CENAPRED, 2006.)

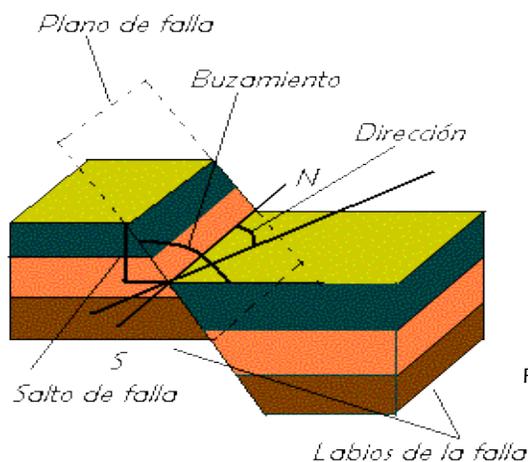


Fig. 1.1.- Elementos de una Falla Geológica

O bien Desde la perspectiva geotécnica de macizos rocosos, una falla se refiere a una fractura o zona de fractura, "idealizada" a un plano, a lo largo del cual ha habido un desplazamiento relativo de un lado respecto al otro. Su importancia desde el punto de vista de la estabilidad de taludes en macizos rocosos radica en que, las fallas se constituyen en discontinuidades adicionales que presentan menor resistencia al corte que la roca intacta, lo que indica que a lo largo de ella puede haber rotura por corte. (Salcedo, 1983).

Debe aclararse, que el término falla es muy utilizada en ingeniería, y se refiere en términos generales a cambios sustanciales en las propiedades mecánicas del material, que lo vuelve incapaz de desempeñar sus funciones.



Fotografía 1.1.- Falla localizada en el fraccionamiento Rincón de la Montaña, Municipio Atizapán de Zaragoza, Edo. De Mexico

Las fallas se clasifican de acuerdo a su tipo de desplazamiento en:

1.8.2.1 Fallas normales directa o de gravedad: cuando el bloque colgante o de techo se desplaza hacia abajo respecto al bloque yacente o de muro. El plano de falla es inclinado.

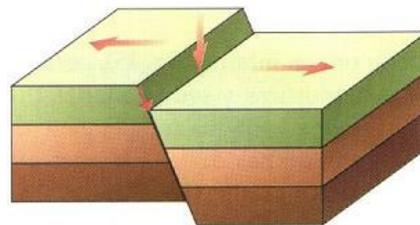


Fig.1.2.- Falla Normal

1.8.2.2 Fallas inversas: cuando el bloque colgante se mueve hacia arriba respecto del yaciente. Se denominan cabalgamientos a las fallas inversas de bajo ángulo de buzamiento. El plano de falla es inclinado.

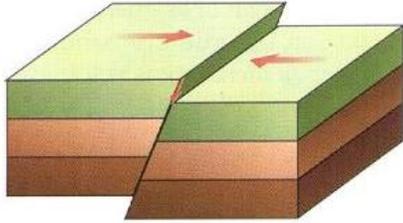


Fig.1.3.- Falla Inversa

1.8.2.3 Falla oblicua o mixta: cuando el desplazamiento es oblicuo tanto al rumbo como a la dirección de buzamiento. Se describen simplemente como una combinación de la terminología de las anteriores.

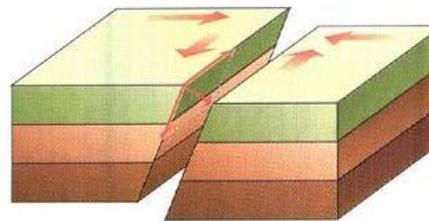


Fig.1.4.- Falla Mixta

1.8.2.4 Falla de rumbo, en dirección, direccional, transcurrente o de desgarre: cuando el desplazamiento es horizontal y paralelo al rumbo de la falla.

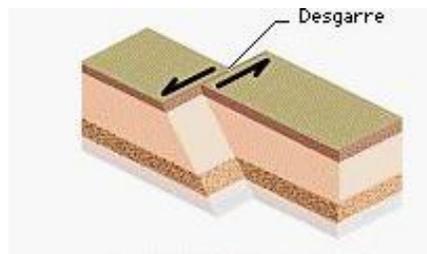


Fig.1.5.- Falla de Desgarre

1.8.2.5 Falla rotacional: cuando ha habido una componente de rotación en el desplazamiento relativo entre los dos bloques separados por la falla. A su vez se pueden dividir en:

- *Falla en tijera*, cuando el eje de rotación es perpendicular al plano de falla.
- *Falla cilíndrica*, cuando el eje de rotación es paralelo al plano de falla. El plano de falla suele ser curvo.
- *Falla cónica*, cuando el eje de rotación es oblicuo al plano de falla. El plano de falla suele ser curvo.

(<http://es.wikipedia.org/wiki/Falla>)

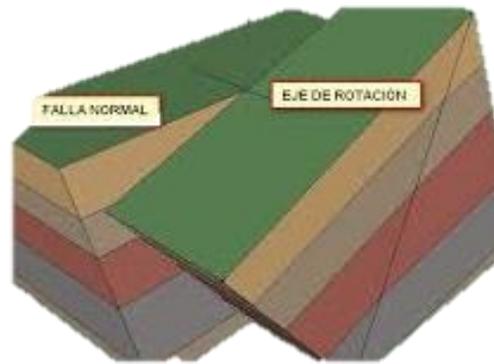


Fig.1.6.- Falla de Rotacional

O de acuerdo a la edad del último movimiento:

1.8.2.6 Fallas pasivas o inactivas: son aquellas que sufrieron un desplazamiento en algún evento tectónico, pero que no muestran evidencia de haberse vuelto a mover recientemente. (Puig, 1990)

1.8.2.7 Fallas activas: desde el punto de vista del ingeniero civil una falla activa cuando su último movimiento se registró hace por lo menos 30 000 años; sin embargo, el geólogo considera el intervalo un poco más amplio, es decir, de 50 000 años. (Comunicación personal Dr. José María Chávez A.)

1.8.3 Deslizamientos de tierras

Es un movimiento de roca o material poco consolidado pendiente abajo a lo largo de una o varias superficies planas o cóncavas denominadas superficies de deslizamiento. (CENAPRED, 2006.)



Fig.1.7.- Deslizamiento en roca

1.8.3.1 Flujos de material

Movimientos de suelos y/o fragmentos de rocas pendiente abajo de una ladera, en donde sus partículas, granos o fragmentos tienen movimientos relativos dentro de la masa que se mueve o desliza sobre una superficie de falla (<http://es.wikipedia.org/wiki/Falla>)

Estos a su vez se dividen en:

- 1.8.3.1.1 Flujo de derrubio:* son movimientos complejos que engloban Flujo de suelo y regolito que contiene una gran cantidad de agua. Es muy habitual en las regiones montañosas semiáridas y en las laderas de algunos volcanes.



Fig.1.8.- Flujo de Derrubio

1.8.3.1.2 *Flujo de tierra:* Movimiento descendente del sedimento rico en arcilla y saturado de agua. Muy característico de las regiones húmedas (Tarbuck y Lutgens, 2005)

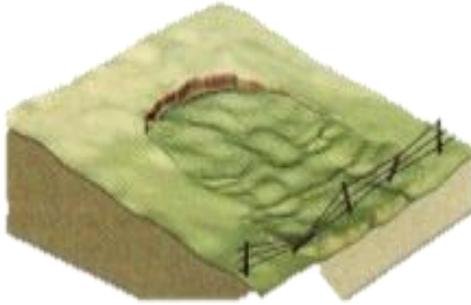


Fig.1.9.- Flujo de Tierra

1.8.4 Hundimientos

Movimiento vertical descendente de roca, suelo o material no consolidado



Fotografía 1.2.- Hundimiento de Tierra en el municipio de Atizapán de Zaragoza.

1.8.5 Caídos o Derrumbes

Son movimientos abruptos del suelo y fragmentos aislados de rocas que se originan en pendientes muy fuertes y acantilados, por lo que el movimiento es prácticamente en caída libre.

(<http://www.buenastareas.com/ensayos/Estructuras-Geologicas/332331.html>)

1.9 Taludes

Definido como cualquier superficie inclinada respecto a la horizontal que adopte permanentemente una estructura de tierra, sea natural o consecuencia de la intervención humana en una obra de ingeniería. Desde este punto de vista los taludes se dividen en naturales, como los cortes de laderas, ríos o barrancas; y artificiales, como los cortes y terraplenes. (Chávez A. J.M., 2006)

Un talud se puede construir con la pendiente más elevada que permite la resistencia del terreno manteniendo condiciones aceptables de estabilidad; por ello es muy importante revisar y analizar la estabilidad de un talud, ya que de ello depende la seguridad de la población que esté en contacto con él (González de Vallejo, L. 2002)

Las partes de las que consta un talud se muestran en la siguiente figura:

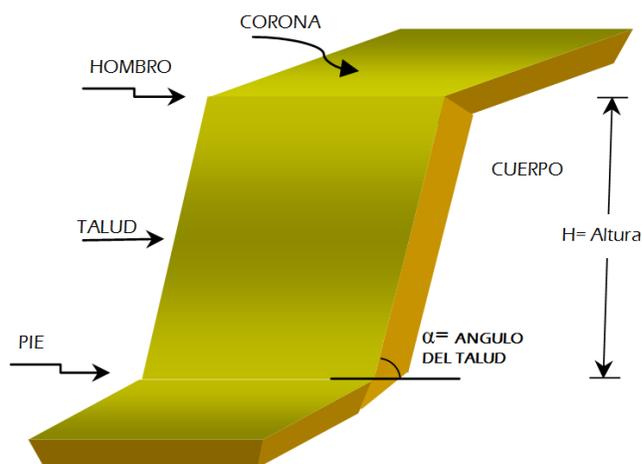


Fig.1.10.- Partes de un Talud

1.9.1 Tipos de Fallas en taludes:

1.9.1.1 Fallas por deslizamiento superficial: las fuerzas naturales que existen cerca de la superficie inclinada del talud hacen que las partículas se deslicen en proporciones más grandes de terreno debido a la falta de presión normal confinante (Chávez J. M., 2006).

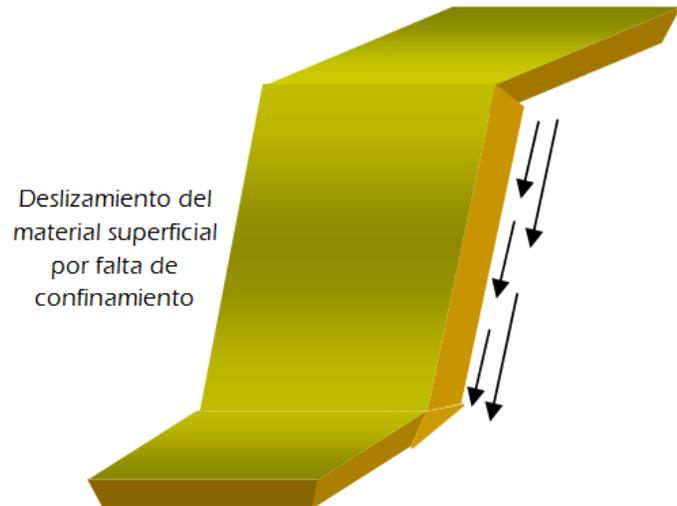


Fig. 1.11.- Falla por Deslizamiento Superficial en Talud

1.9.1.2 Falla por deslizamiento en laderas naturales sobre superficies de falla preexistentes: esta falla se da porque en las laderas naturales existen materiales que se encuentran en movimiento hacia abajo por un proceso de deformación bajo esfuerzo cortante en partes más profundas y que llega en muchas ocasiones a producir una verdadera superficie de falla.

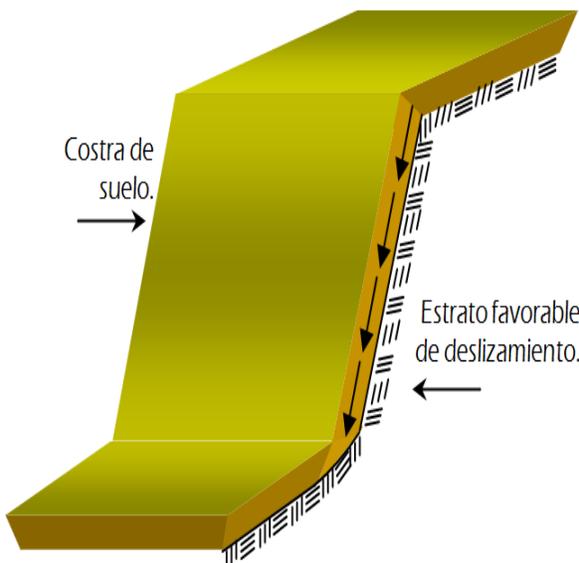


Fig. 1.12.- Falla por Deslizamiento en Laderas Naturales en Talud

1.9.1.3 Falla por movimiento del cuerpo de talud:

1.9.1.3.1 *Falla por rotación*; se define una superficie de falla curva o una superficie de deslizamiento a lo largo de la cual ocurre el movimiento del talud.

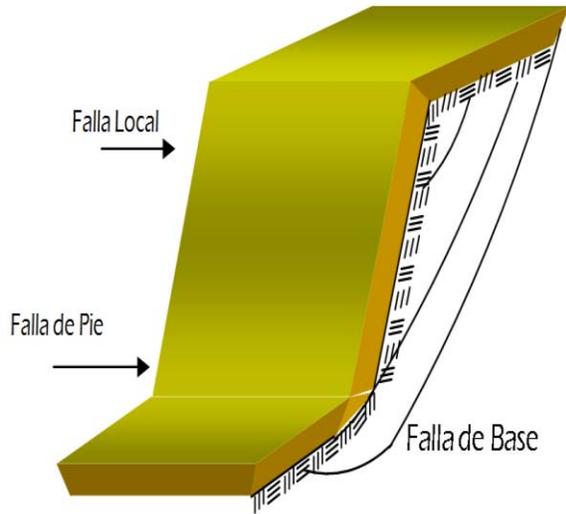


Fig.1.13.- Falla por Rotación en Talud

1.9.1.3.2 *Falla por traslación*: son las fallas que ocurren a lo largo de superficies débiles a un plano en el cuerpo del talud o en su terreno de cimentación; estos planos débiles suelen ser horizontales o muy poco inclinados respecto a la horizontal.

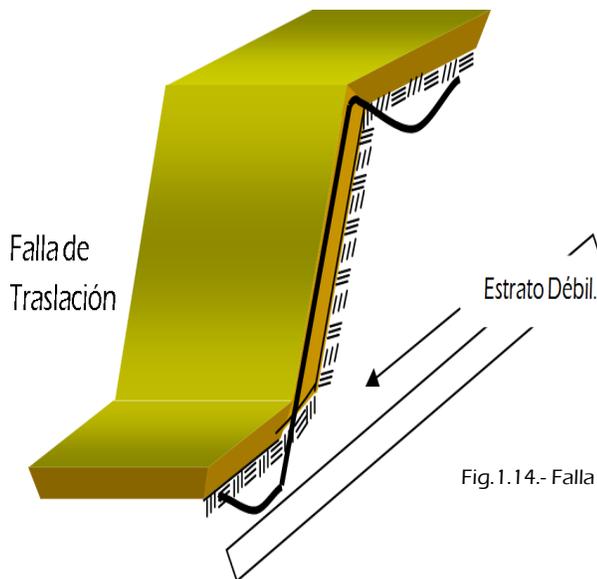


Fig.1.14.- Falla por Traslación en Talud

Existen diversos factores que influyen en la estabilidad de taludes; entre los cuales podemos definir:

- Factores Geométricos: altura e inclinación
- Factores Geológicos: condicionan la presencia de discontinuidades, zonas de debilidad y anisotropía en el talud.
- Factores Hidrogeológicos: presencia de agua.
- Factores Geotécnicos: resistencia y deformabilidad.

Los factores geológicos, hidrogeológicos y geotécnicos se consideran factores condicionantes, y son intrínsecos a los materiales naturales. En los suelos, la litología, estratigrafía, y las condiciones hidrogeológicas determinan las propiedades resistentes y el comportamiento del talud. En el caso de los macizos rocosos competentes, el principal factor condicionante es la estructura geológica, la disposición y frecuencia de las superficies de discontinuidad y el grado de fracturación.

Los factores desencadenantes provocan la rotura una vez que se cumplen una serie de condiciones; son factores externos que actúan sobre los suelos o macizos rocosos, modificando sus características y propiedades y las condiciones de equilibrio del talud. (González de Vallejo, 2002)

Es importante poner atención en cada uno de estos factores, ya que ellos nos guiarán al correcto desempeño del talud, así como la prevención y/o corrección de alguna deficiencia que llegase a tener en la estabilidad; además en caso de requerirlo, nos llevará al diseño y las medidas de seguridad que tomaremos para corregir cualquier defecto.

Capitulo II

Generalidades y Antecedentes del municipio Atizapán de Zaragoza

Capítulo II

2 Generalidades y Antecedentes del municipio Atizapán de Zaragoza

En este capítulo se presentan temas de interés para poder conocer las condiciones generales y las zonas de riesgo que existen en el Municipio.

El nombre oficial del municipio es Atizapán de Zaragoza, su cabecera municipal es Ciudad Adolfo López Mateos; cuenta con una superficie de 97.64 km² a una Altitud: 2,280 msnm.

Su población según datos del INEGI del año 2005 es de 472,526 habitantes.

Este municipio está expuesto a los fenómenos de tipo geológico (minas, sismicidad, agrietamiento de suelos, colapsos, inestabilidad de suelos), hidrometeorológicos (inundaciones pluviales, granizadas, heladas), químico-tecnológicos (incendios de todo tipo, explosiones, fugas y derrames de sustancias peligrosas) y sanitario-ecológicos.

2.1 Localización del Municipio

Atizapán de Zaragoza se localiza al noreste de Toluca, la capital del estado de México, entre los paralelos 19° 30' 55" y 19° 36' 43" de latitud norte y los meridianos 99° 12' 32" y 99° 21' 15" de longitud oeste respecto del Meridiano de Greenwich, a una altura promedio de 2,400 msnm. Limita al Norte, con los municipios de Nicolás Romero y Cuautitlán Izcalli; al Sur, con Jilotzingo y Naucalpan; al Oeste, con Isidro Fabela y al Este, con Tlalnepantla de Baz.

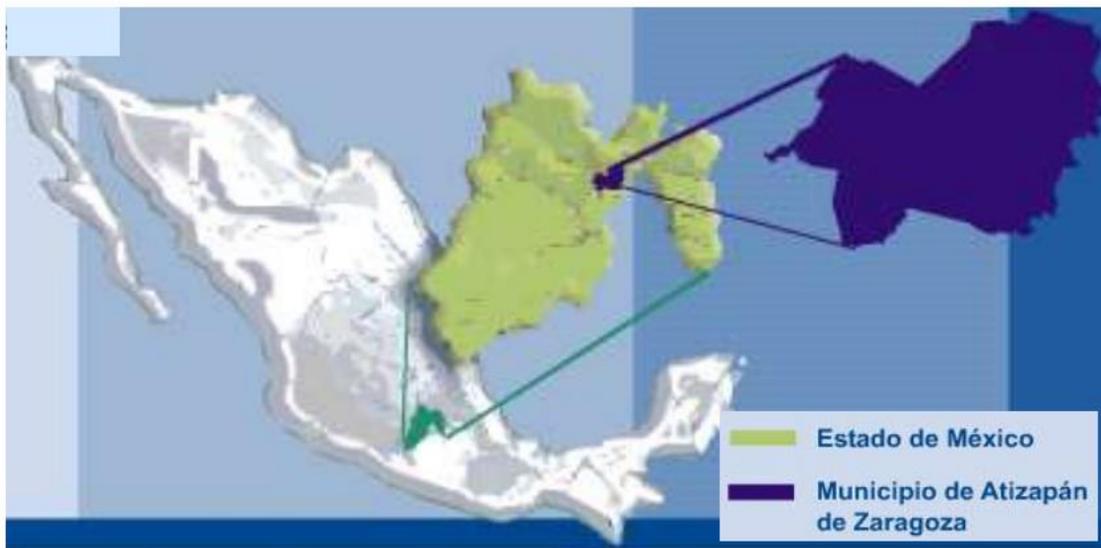


Figura 2.1.- Ubicación del Municipio de Atizapán de Zaragoza, Estado de México.
(Chávez, 2008.)

El acceso principal a la cabecera de este Municipio es a través de la autopista Manuel Ávila Camacho, mejor conocida como "Periférico" que, de Sur a Norte, entra de la Ciudad de

México al Estado de México y atraviesa el Municipio Naucalpan de Juárez, después de éste inicia el Municipio Atizapán de Zaragoza a cuya cabecera se accede por la avenida de Los Maestros. La distancia total desde el límite de la Cd. de México con el Edo. de México hasta la cabecera municipal de Atizapán es de aproximadamente 15 km.

2.2. División territorial

El municipio para su gobierno, administración y organización se divide en:

CATEGORÍA ADMINISTRATIVA	TOTAL
Cabecera Municipal	1
Colonia	92
Delegación	4
Fraccionamiento	44
Rancho	5
Zona Industrial	2
Total General	148

Cuadro 2.1

El territorio municipal está integrado por las siguientes localidades, pueblos, ranchos, colonias, fraccionamientos, conjuntos urbanos, zonas industriales y ejidos:

I. Cabecera Municipal:	II. Pueblos:	III. Ranchos:
Ciudad Adolfo López Mateos	Calacoaya	Viejo
	San Mateo Tecoloapan	Hila
	Chiluca	Sayavedra
		Blanco
IV. Colonias:		
Adolfo López Mateos	Fincas de Sayavedra	Peñitas
Adolfo López Mateos Ampliación I	General Lázaro Cárdenas del Río	Peñitas I (Ampliación)
Adolfo López Mateos Ampliación II	Hacienda de La Luz	Prados Iztacala I
Ahuehuetes	Ignacio López Rayón	Prados Iztacala II
Alfredo V. Bonfil	Jardines de Monterrey	Primero de Septiembre
Ampliación Emiliano Zapata I	La Cruz	Prof. Cristóbal Higuera
Ampliación Emiliano Zapata II	La Ermita	Prof. Cristóbal Higuera Ampliación

Ampliación Bosques de Iztacala	La Ladera	Rancho Castro
Atizapán 2000	La Nueva Era	Revolución
Barrio Norte	Las Águilas	Rinconada Bonfil
Bosques de Iztacala	Las Colonias	Rinconada Los Olivos
Bosques de Primavera	Las Flores	Rinconada López Mateos
Bosques de San Martín	Lázaro Cárdenas	Sagitario I
Capulín Ampliación	Lomas de Guadalupe	Sagitario II
Capulín Monte Sol	Lomas de Guadalupe Ampliación	San Antonio Pocitos
Cerro Grande	Lomas de Monte María	San José El Jaral
Cinco de Mayo	Lomas de San Lorenzo	San José El Jaral I
Demetrio Vallejo	Lomas de San Lorenzo Ampliación	San Juan Bosco
Demetrio Vallejo Ampliación	Lomas de San Miguel Norte	San Juan Iztacala Plano Norte
Ejidos San Miguel Chalma	Lomas de San Miguel Sur	San Juan Iztacala Plano Sur
El Capulín	Lomas de Tepalcapa	San Martín de Porres
El Cajón	Lomas de Tepalcapa Ampliación	San Martín de Porres Ampliación
El Calvario	Lomas de las Torres	San Miguel Xochimanga
El Capulín Calacoaya	Los Álamos	Seis de Octubre
El Chaparral Ampliación	Los Cajones	Tierra de En medio
El Cerrito	Los Olivos	Universidad Autónoma Metropolitana
El Chaparral	Luis Donald Colosio	Viejo Madín
El Mirador	Margarita Maza de Juárez	Villa Jardín
El Potrero	México 86	Villa de las Palmas
El Túnel (Sección)	México Nuevo	Villa de las Palmas Ampliación
Emiliano Zapata	Miraflores	Villa de las Torres
Ex Hacienda El Pedregal	Morelos	Villa de las Torres Ampliación
Ex Ejido El Mosco	Nuevo Madín	Villa San José
V. Fraccionamientos y Conjuntos Urbanos		
Atizapán Moderno	Fuentes del Sol	Los Reales
Bulevares de Atizapán	Hacienda de Valle Escondido	Mayorazgos del Bosque
Bosques de Atizapán	Hogares de Atizapán	Mayorazgos de La Concordia
Bosque Esmeralda	Jardines de Atizapán	Mayorazgos de Los Gigantes
Calacoaya Residencial	La Cañada	Paseos de México
Casitas Capistrano	La Condesa	Plazas del Condado
Club de Golf Bellavista	La Estadía	Prado Largo
Club de Golf Chiluca	Las Acacias	Privada de Las Arboledas

Club de Golf Hacienda	Las Alamedas	Privada Las Huertas
Club de Golf Valle Escondido	Las Arboledas	Real de Atizapán
Club Hípico San Miguel	Lomas de Atizapán	Real del Pedregal
Condado de Sayavedra	Lomas de Atizapán II	Residencial Campestre Chiluca
Conjunto Urbano Ex Hacienda del Pedregal	Lomas de Bellavista	Residencial San Mateo
El Campanario	Lomas de la Hacienda	Rincón Colonial
El Pedregal de Atizapán	Loma de Valle Escondido	Rincón de la Montaña
Explanada Calacoaya	Lomas Lindas I Sección	Rinconada de Las Arboledas
Fuentes de Satélite	Lomas Lindas II Sección	Unidad Habitacional ISSEMYM
Unidad Urbana Zaragoza	Valle Escondido	Vergel de Arboledas
Bellavista	Club Campestre La Joya	Villas de la Hacienda
VI. Zonas Industriales:		
Zona Industrial No. 1 (Prof. Cristóbal Higuera)		Zona Industrial No. 2 (ubicada junto a la colonia México Nuevo)
VII. Ejidos:		
Atizapán	San Bartolo Tenayuca	San Juan Iztacala
Calacoaya	San Mateo	Santiago Tepalcapa
Chiluca	San Miguel Chalma	
Espíritu Santo		
Parque Protegido		
Parque Atizapán-Valle Escondido		
Área de Conservación Ambiental		
Zona Conservación Espíritu Santo		

Cuadro 2.2

Localidades del municipio de Atizapán de Zaragoza 2009

(Plan de Desarrollo Municipal 2009- 2012, Atizapán de Zaragoza)

2.3 Tipo de vivienda en el municipio

En el municipio se pueden identificar cuatro tipos de vivienda predominantes: la vivienda residencial, media, popular y precaria. (Atlas de riesgo municipal, 2015)

2.3.1 Vivienda residencial:

Son viviendas unifamiliares, de dos o más plantas, de baja densidad de ocupación del predio, con lotes de 500 a 1200 m². Son construcciones con diseños arquitectónicos diversos y cuentan con todos los servicios de infraestructura. Se ubican principalmente al poniente de municipio (Zona Esmeralda), así como en algunas zonas aledañas a la Cabecera Municipal



Fotografía 2.1.- Vivienda residencial, Condado de Sayavedra

2.3.2 Vivienda media:

Se distingue por ser una zona de media densidad, con lotes promedio de 100 a 200 m² y cuenta con todos los servicios de infraestructura. Dentro de esta tipología se encuentran los fraccionamientos y colonias ubicadas en la zona sur y oriente del municipio.



Fotografía 2.2.- Vivienda media, Lomas de la Hacienda

2.3.3 Vivienda popular:

Comprende tres formas constructivas:

- 2.3.3.1 Vivienda típica: esta presenta una combinación de materiales duraderos y semiduraderos. Presenta carencia de algunos de sus servicios. Se localiza principalmente en las comunidades de Viejo Madín, Los Cajones y Rancho Blanco.
- 2.3.3.2 Vivienda progresiva: es la desarrollada por la autoconstrucción y carece de algunos servicios de infraestructura. Se ubica en la zona sur del municipio
- 2.3.3.3 Vivienda masiva: está constituida por unidades y fraccionamientos habitacionales. Por lo general son viviendas que cuentan con todos los servicios urbanos básicos, aunque que por sus dimensiones son pequeñas. Se ubican de manera dispersa en la zona aledaña de la Cabecera Municipal.



Fotografía 2.3.- Vivienda Popular, Capistrano

2.3.4 Vivienda precaria:

- En ella predominan materiales de desecho y carece de servicios básicos de infraestructura. Este tipo de vivienda se ubica principalmente en las comunidades de Rancho Blanco, Los Cajones, Atizapán 2000, Villa de las Torres y el Capulín.

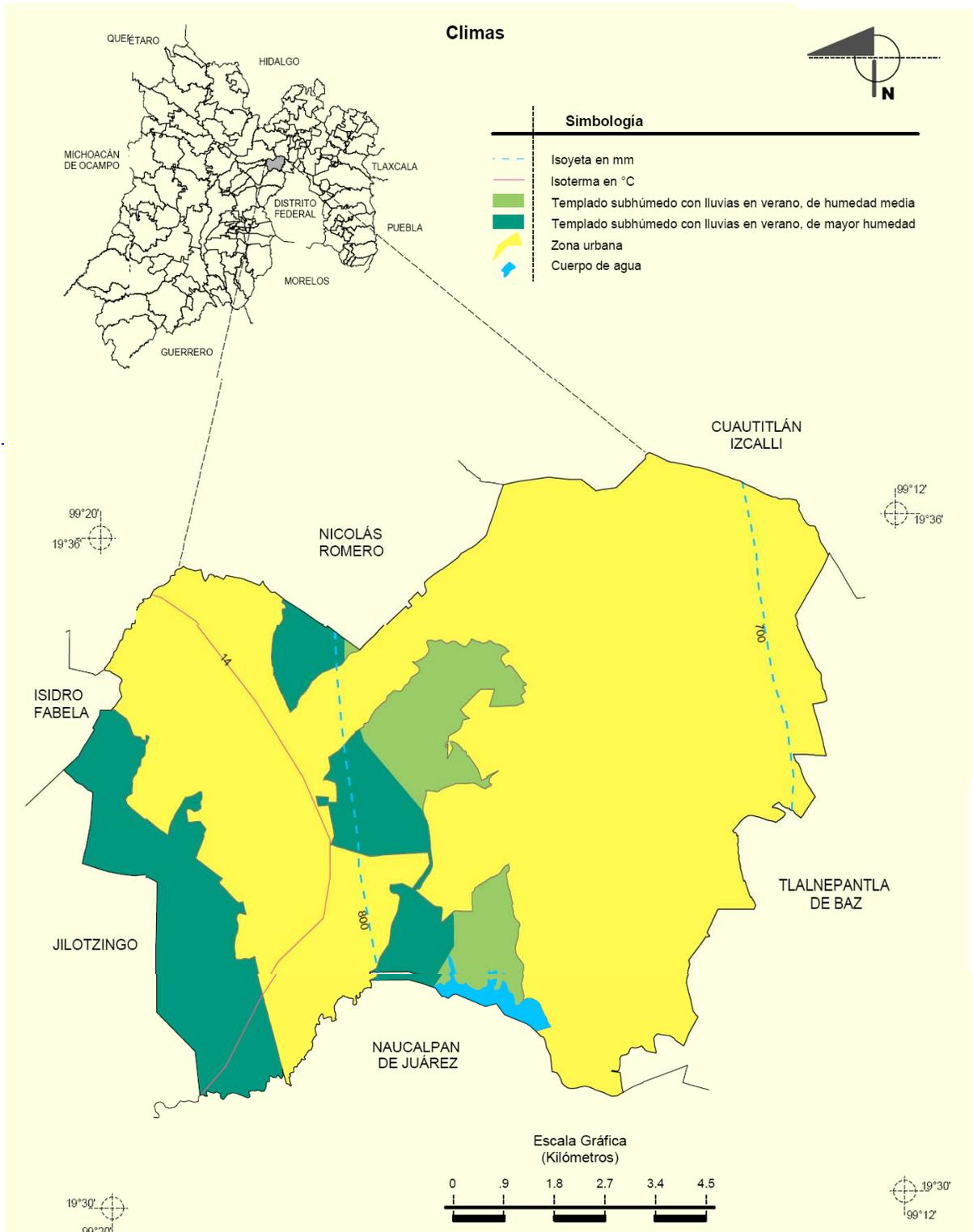


Fotografía 2.4.- Vivienda Precaria, Villa de las Torres

2.4 Condiciones Geográficas del Municipio de Atizapán de Zaragoza

2.4.1 Clima

El clima que predomina es templado subhúmedo, con una temperatura promedio de 12° alcanzada en el periodo de invierno y una máxima de 18° alcanzada en verano, con lluvias en esta estación con una precipitación de 800mm.



Mapa 2.1
(Prontuario, 2009)

2.4.2 Fisiografía

El municipio se encuentra en la provincia fisiográfica y Geológica del Eje Neovolcánico (100%), subprovincia de Lagos y Volcanes del Anáhuac (100%). Sus principales elevaciones son los cerros de la Biznaga (SIC), Atlaco, La Condesa y el Cerro Grande. Sistema de protoformas, lomerío de tobas y vaso lacustre (Prontuario, 2009)

2.4.3 Geomorfología

Presenta una zona de valles en su porción oriente, así como pequeños lomeríos y algunas elevaciones al centro y poniente, que corresponden a las derivaciones de la serranía de Monte Alto.

Las principales elevaciones son: El cerro de la Condesa, al sur; Atlaco, al oriente; San Juan y el pico la Biznaga al poniente y el cañón del Potrero al sureste.

2.4.4 Hidrología

El municipio forma parte de la Región Hidrológica número 26 denominada Alto Pánuco, en la subregión del río Moctezuma, dentro de las subcuencas de los lagos de Texcoco y Zumpango, así como en la subregión del río Cuautitlán.

Los ríos más importantes son el Tlalnepantla, el San Javier y el Moritas al norte; al sur se encuentra la Presa Madín. También corren los arroyos La Bolsa, La Herradura, El Sifón, Los Cajones, El Tejocote y El Xhinté.

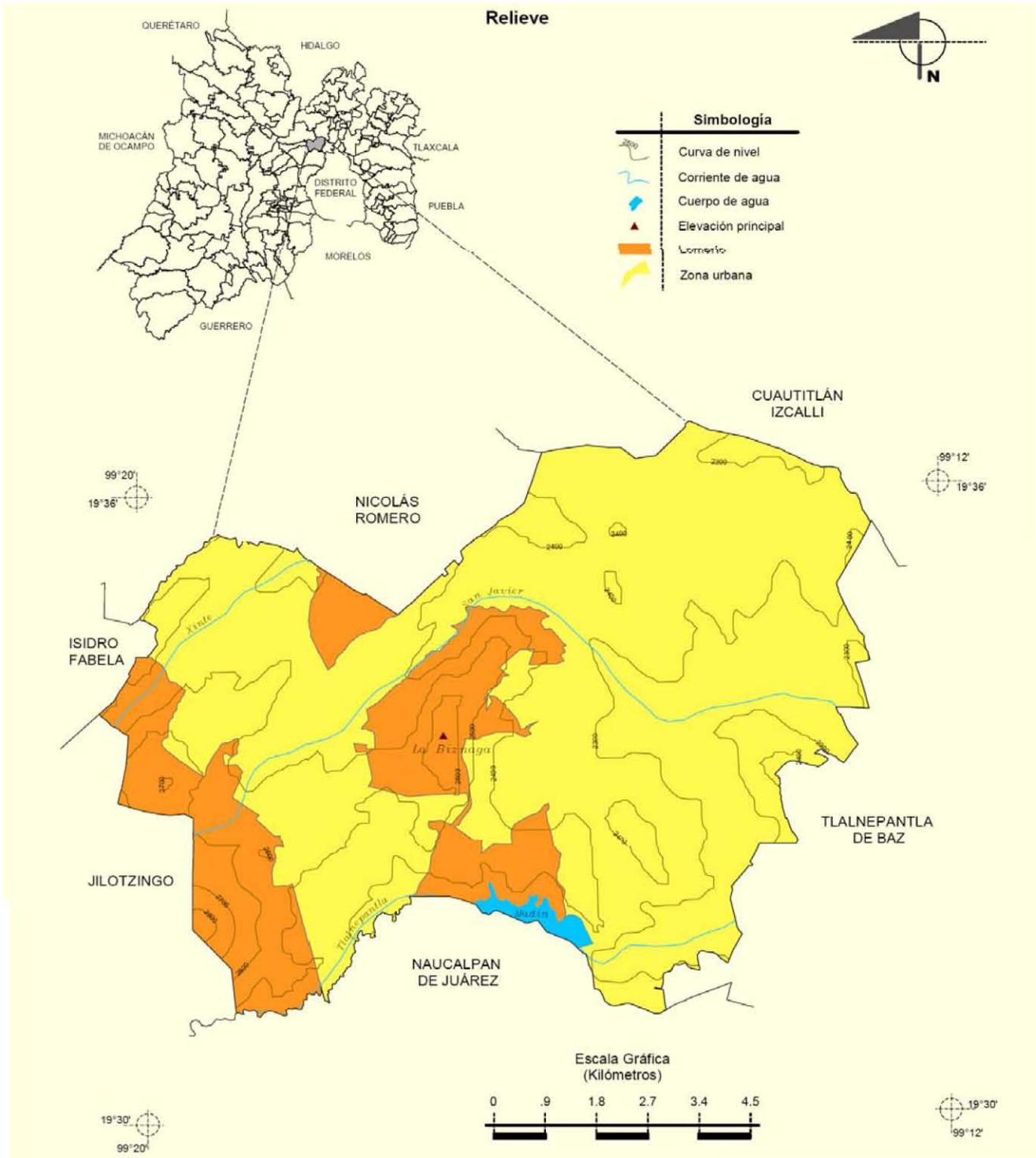
Al sur del municipio se ubican los arroyos San Juan, la Colmena y el Sifón, mismos que descargan en la presa Madín, con una capacidad de almacenamiento de 24, 700, 000 m³.

En general, los acuíferos de la zona se encuentran bajo rocas basálticas y sedimentos aluviales y lacustres; por lo que se localizan pozos con profundidad promedio de 186 m.

El municipio se localiza en la zona denominada como zona rígida, que significa: "se recomienda evitar la sobreexplotación de los mantos acuíferos"; sin embargo, el grado de permeabilidad en la zona es alta, situación que permite una rápida recarga de los mantos freáticos.

Los acuíferos más importantes se ubican en la Zona Esmeralda y al oriente, en la zona limítrofe con el municipio de Tlalnepantla. El sustrato geológico donde se almacena el agua corresponde a depósitos de aluvión. El aprovechamiento del agua subterránea se da

a través de 24 pozos profundos, de los que la mayoría se localiza en la zona baja del municipio. (Plan de desarrollo Urbano de Atizapán de Zaragoza, 2006)



2.5 Condiciones geológicas del Municipio de Atizapán de Zaragoza

2.5.1 Aspectos geológicos de la Cuenca de México

La Cuenca de México posee una interesante historia geológica. Para fines del Mioceno, hace unos catorce millones de años, como se puede apreciar en el mapa que se presenta, la actividad volcánica rindió sus primeros frutos: la Sierra de Pachuca (1), la de Guadalupe (2), la de Tepozotlán (3), la del Tepozán (4) y la de Las Pilas (5). Les seguirán, con cerca de diez millones de años, la Sierra de Las Cruces (6), que delimita la parte occidental de lo que hoy es la Cuenca de México y, al oriente, las primeras formaciones de la Sierra Nevada (7) y de la de Río Frío (8). Este amplio valle por donde circulaban varios ríos, quedó cerrado hace cerca de setecientos mil años, cuando una intensa actividad volcánica dio origen a la Sierra de Chichinautzin (9), privando al río Balsas de un afluente y formando una cuenca cerrada de cerca de 8 000 km². Al oriente, fruto de una serie de erupciones intermitentes a lo largo del Cuaternario, concluía la formación de la Sierra Nevada, en donde se levantan los conos del Popocatepetl y del Iztaccihuatl con sus fumarolas, dando a la cuenca el aspecto que se muestra en el mapa de la derecha y que es el que conocieron sus primeros pobladores. (Chávez, J. M., 2008).

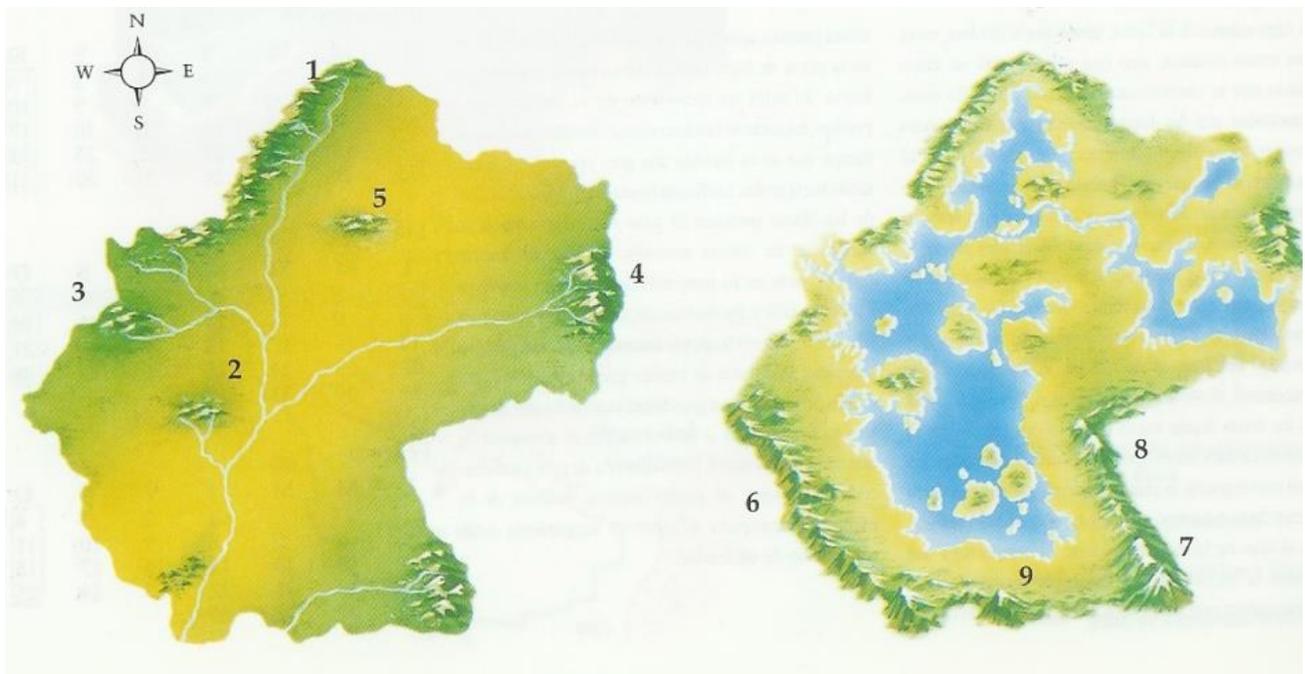


Figura 2.2.- Cuenca de México (Chávez, J. M., 2008)

En el trabajo de Díaz- Rodríguez (2006) se describen los principales eventos geológicos en la Cuenca de México de la siguiente manera:

- 3 Depósito de 2 000 m, aproximadamente, de calizas, areniscas y lutitas en un ambiente marino durante el Cretácico
- 4 Plegamiento y fallamiento normal de las rocas marinas durante el Terciario temprano, dando origen a un sistema tectónico regional de graben centrado en la Cuenca.
- 5 Depósito de sedimentos volcánicos, fluviales y lacustres en el graben durante el Plioceno- Eoceno.
- 6 Depósito de flujos de lava y materiales piroclásticos durante el Oligoceno, Mioceno y Pleistoceno.
- 7 Depósito de abanicos aluviales y de piamonte en las regiones del este y oeste, durante el Plioceno superior y el Pleistoceno.
- 8 Erupciones volcánicas de basalto y pómez durante el Pleistoceno, en la parte central y sur de la Cuenca. Las más importantes efusiones del Cinturón Volcánico del Chichinautzin, lo que causo el cierre de la cuenca.
- 9 Desarrollo del ambiente lacustre como una consecuencia del cierre de la Cuenca.
- 10 Desarrollo de un conjunto de fallas NE- SW, a través del piso de la Cuenca, bajo los depósitos lacustres.

2.5.2 Geología

Las unidades geológicas del territorio de Atizapán de Zaragoza pertenecen a las épocas terciaria y cuaternaria. En los cerros de la Biznaga, Chiluca, Solís y las prominencias más altas, se encuentran las rocas ígneas extrusivas (andesitas)

La litología que presenta el municipio de Atizapán de Zaragoza se encuentra conformada principalmente por rocas andesitas y brechas volcánicas. Se identifican dos tipos de suelo que según su origen geológico son *aluviones*, que se forman a través del acarreo de las partes altas del municipio y suelos residuales, que se forman en el sitio.

De acuerdo con la distribución litológica que hace el INEGI, estos materiales se localizan en las siguientes áreas:

DISTRIBUCIÓN DE LOS MATERIALES GEOLÓGICOS EN EL MUNICIPIO	
RECURSO	LOCALIZACIÓN
Andesitas	Parte alta de los cerros de Madín, Calacoaya, Barrientos, La Biznaga.
Brechas volcánicas	Cerro Boludo y límites con fuentes de Satélite, alrededores de la presa Madín, relleno sanitario y ambos márgenes del río Tlalnepantla.
Tobas	Norte y noreste de la cabecera municipal, al este en la zona limítrofe con Tlalnepantla, y oeste, margen derecha de la autopista Chamapa – Lechería.
Aluviones	Cabecera municipal, y en toda la parte baja del municipio, así como en el cauce del río Tlalnepantla, presa San Juan y cauce de arroyos y escurrimientos.

Fuente: Análisis con base en carta geológica. INEGI. 2000.

Cuadro 2.3

(http://seduv.edomexico.gob.mx/planes_municipales/atizapan_zaragoza/PMDU%20AZ%20uv%20jun%2006%20vColonos.pdf)

De acuerdo al atlas municipal del Municipio de Atizapán de Zaragoza:

Tipo de Roca	Superficie Ha	%	Aptitud al Desarrollo Urbano
Rocas igneas	7,859.09	80.49	
Toba	6,122.46	62.7	Alta a Moderada
Andesita	1,293.68	13.25	Moderada a Alta
Brecha volcánica	442.95	4.54	Baja

Suelos	1,631.07	16.7	
Aluvial	1,581.75	16.2	Baja
Residual	49.32	0.5	Baja
Rocas Sedimentarias	273.99	2.81	
Arenisca	273.99	2.81	Alta a Moderada
TOTAL	9,764.15	100	

Cuadro 2.4.- Unidades de Roca
(Ayuntamiento de Atizapán de Zaragoza, 2008)

DISTRIBUCIÓN DE LOS MATERIALES GEOLÓGICOS EN EL MUNICIPIO	
RECURSOS	LOCALIZACION
Andesitas: este tipo de roca de acuerdo al nivel de concentración que se tenga en el territorio local, va de moderada a alta y su restricción se da por su ubicación en fuertes pendientes	Parte alta de los cerros de Madín, Calacoaya, Barrientos y la Biznaga.
Brechas volcánicas: son de baja concentración, su restricción se presenta por el deslizamiento de materiales.	Cerro Boludo y límites con Fuentes de Satélite, alrededores de la presa Madín, relleno sanitario y ambos márgenes del Río Tlalnepantla.
Tobas: se caracterizan por ir de alta a moderada en cuanto al nivel de concentración que se registre en el municipio y su restricción se da por localizarse en fuertes pendientes.	Norte y noroeste de la cabecera municipal, al este en la zona que limita con Tlalnepantla, y oeste, margen derecha de la autopista Chamapa – Lechería.
Aluviones: este material se concentra en menor cantidad por lo que se considera como baja concentración, ya que su restricción tiene que ver con la baja resistencia que tiene para comprimirse.	Cabecera municipal y en toda la parte baja del municipio, así como, en el cauce del río Tlalnepantla, presa San Juan y cauces de arroyos y escurrimientos.

Cuadro 2.5
(Ayuntamiento de Atizapán de Zaragoza, 2015)

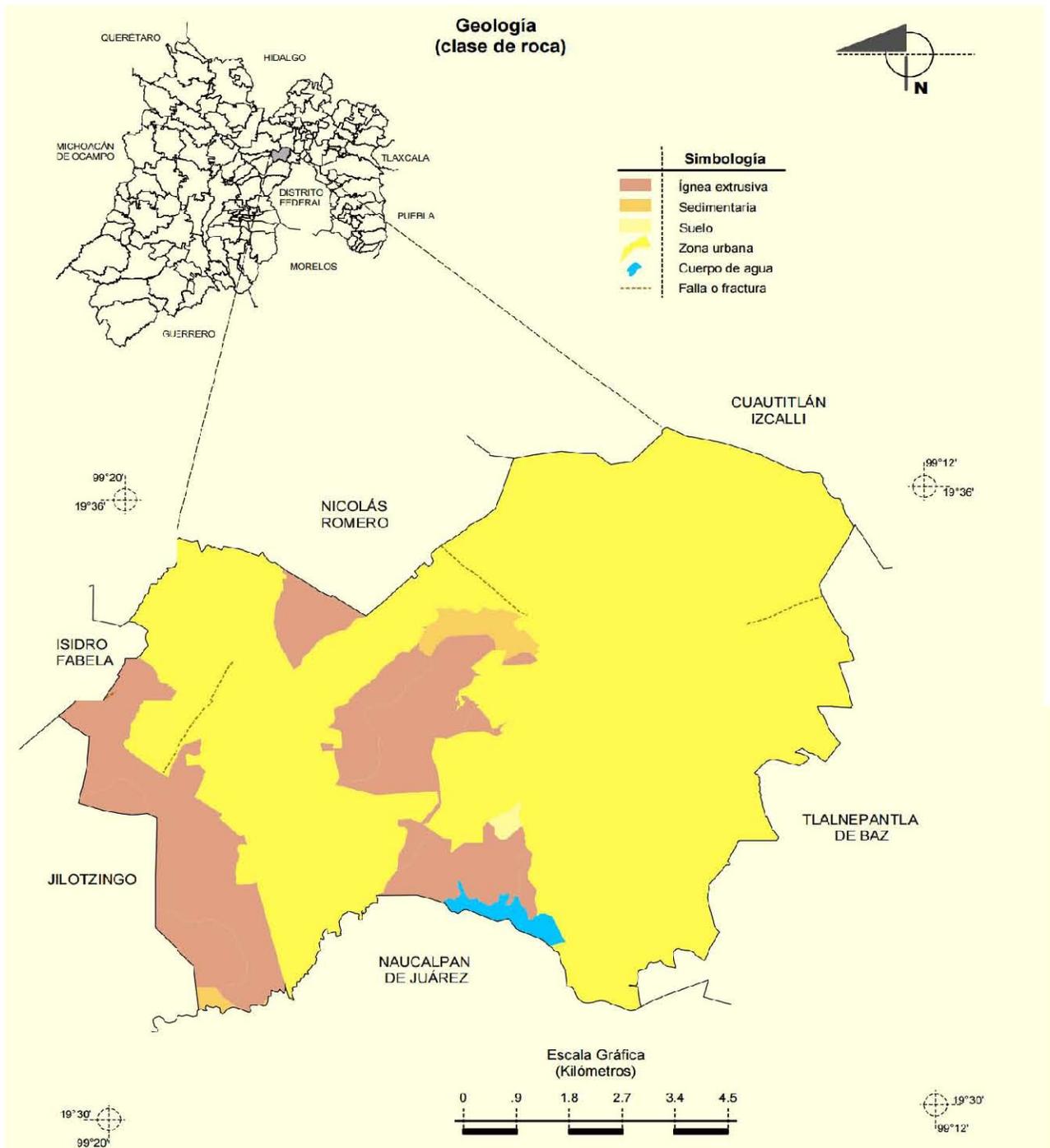
2.5.3 Discontinuidades

Al noroeste del municipio, en la Sierra de Monte Alto, se presentan varias fracturas de subsuelo con direcciones sureste-noroeste, una de ellas coincide con la barranca que divide a los fraccionamientos Hacienda Valle Escondido y Condado de Sayavedra.

La mayor parte de la superficie del municipio de Atizapán de Zaragoza forma parte del conjunto de cañadas, lomeríos y llanos de las estribaciones de la Sierra de Monte Alto. Las pendientes que presenta el municipio, se localizan de poniente a oriente, en la zona de oriente, donde se localiza la mayor parte del área urbana, se encuentran lomeríos suaves con pendientes que van de 0% a 13%

De acuerdo a los mapas de desarrollo urbano del municipio de Atizapán publicados en 2003 y 2015 y a los geológicos escala 1: 50 000 del INEGI de 2000 y 2008 las discontinuidades en este territorio están representadas principalmente por fracturas y fallas que afectan a derrames de andesitas y en raras ocasiones a brechas volcánicas y tobas, las principales rocas.

2.5.4 Mapas Geológicos



Mapa 2.3 (Prontuario, 2009)

2.6 Aspectos geotécnicos de la Cuenca de México

La Cuenca de México permaneció de forma exorreica (es decir las aguas de la cuenca tienen salida fluvial hacia el mar), hasta hace 700000 años cuando surgió producto de la gran actividad volcánica la sierra de Chichinautzin cerrando la cuenca y cubriendo la salida que iba del Río Balsas razón por la cual se formaron varios lagos. Los ríos que descendían de las sierras circundantes depositaron en potentes conos de eyección, materiales muy diversos al confluir a dichos lagos. La parte central de la cuenca se fue llenando con acarreo limo-arenoso, limo-arcilloso y emisiones de cenizas y pómez provenientes de los ríos, se localizan grandes depósitos aluviales de composición muy variable y estratificación cruzada o lenticular, evidencia de una dinámica erosiva debido a periodos de lluvia intensa (Díaz, 2006).

Los suelos arcillosos blandos son la consecuencia del proceso de depositación y de alteración físico-química de los materiales aluviales y de las cenizas volcánicas en el ambiente lacustre, donde existían abundantes colonias de microorganismos y vegetación acuática. El proceso sufrió largas interrupciones durante los periodos de intensa sequía, en los que el nivel del lago bajó y se formaron costras endurecidas por deshidratación inducida por secado solar. Otras breves interrupciones fueron provocadas por violentas etapas de actividad volcánica, en los periodos de sequía también ocurrían erupciones volcánicas, las que formaban contracturas cubiertas por arenas volcánicas (Santoyo et al, 2005)

El proceso descrito formó una secuencia ordenada de estratos de arcilla blanda separados por lentes duros de limos y arcillas arenosas, costras secas y arenas, basáltica o pumíticas, de las emisiones volcánicas. Los espesores de las costras duras por deshidratación solar tienen cambios graduales debido a las condiciones topográficas del fondo del lago; alcanzan su mayor espesor hacia las orillas del vaso y pierden importancia y aún llegan a desaparecer al centro del mismo.

Los suelos duros o tobas rojizas arcillosas de las Lomas son la consecuencia de la alteración del polvo volcánico depositado del clima relativamente caliente, condición en que se producen suelos con coloides debido a la actividad fitológica más intensa; éstos suelos son características del Yarmouth y del Sangamon. (Zetina, 2014)

En la figura 2.3, en la parte superior, se observa un corte desde la fosa del Mezquital hasta el Tepozteco, aproximadamente 150 km de largo, con una dirección Norte-Sur, abarcando sierras como las de Xalpan y la de Guadalupe. En la imagen inferior, con sección Poniente-Oriente, que va desde la sierra de las Cruces hasta el cerro Telapon, incluye la parte de Chapultepec, Peñón Viejo, y se ve claramente la Formación Tarango, recordando que son depósitos volcánicos, también se muestran algunas fallas en dirección noreste, y contempla lo que ya se ha mencionado, tobas en las faldas de las sierras y depósitos aluviales en las partes bajas (Santoyo et al., 2005)

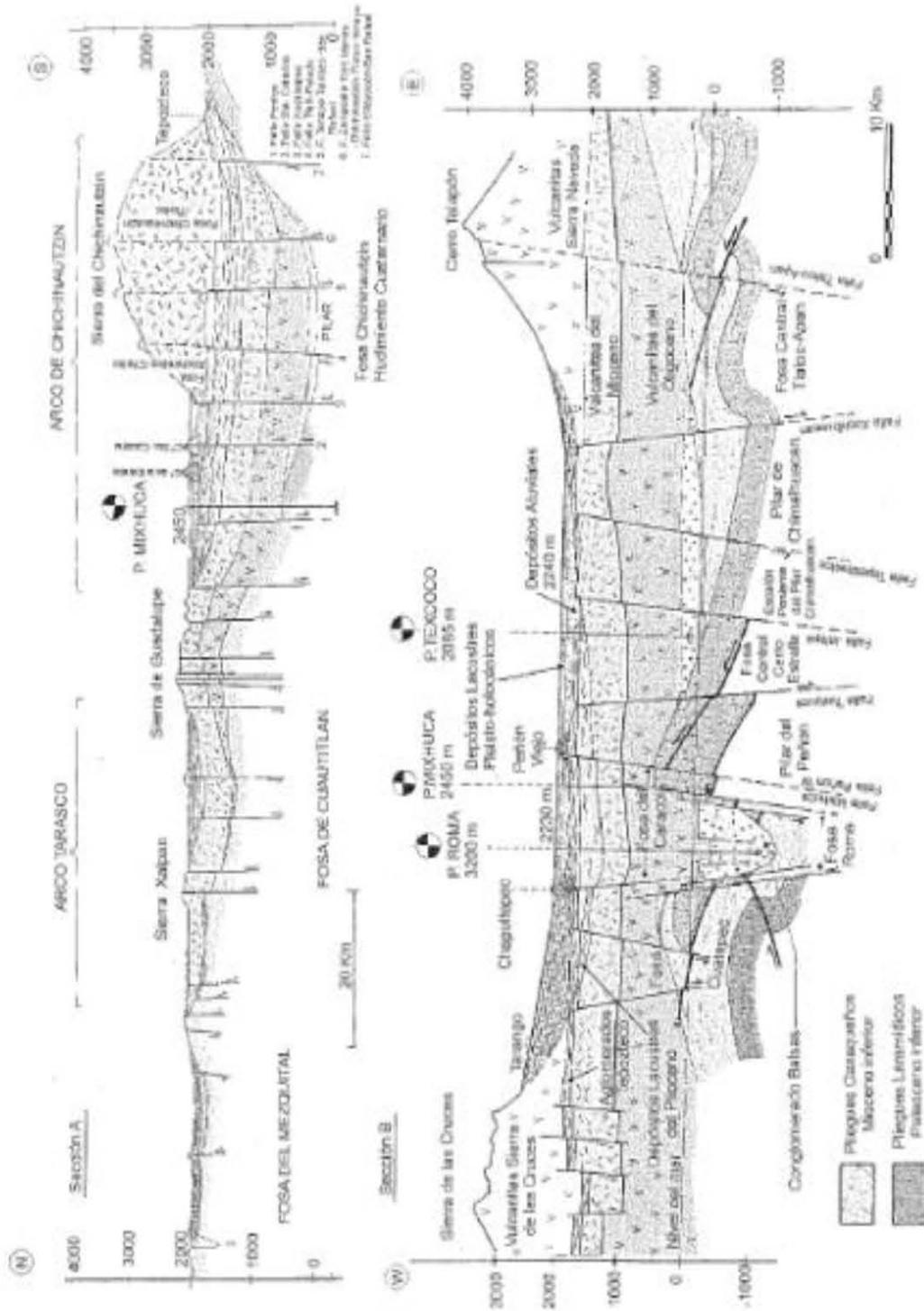


Figura 2.3 Corte Geológico de la Cuenca de México (Santoyo, 2005)

La figura 2.4 da una visión tridimensional de la cuenca, parte del volcán Chichinautzin hasta Pachuca, desde la sierra de las Cruces hasta la Sierra Nevada. En esta imagen aparecen también los arcos Tarasco y Chichinautzin y los colapsos del cerro San Miguel, muestra también la fosa Roma y un corte a lo largo de la sierra Chichinautzin la estratigrafía condensada de la cuenca. (Santoyo et al., 2005)

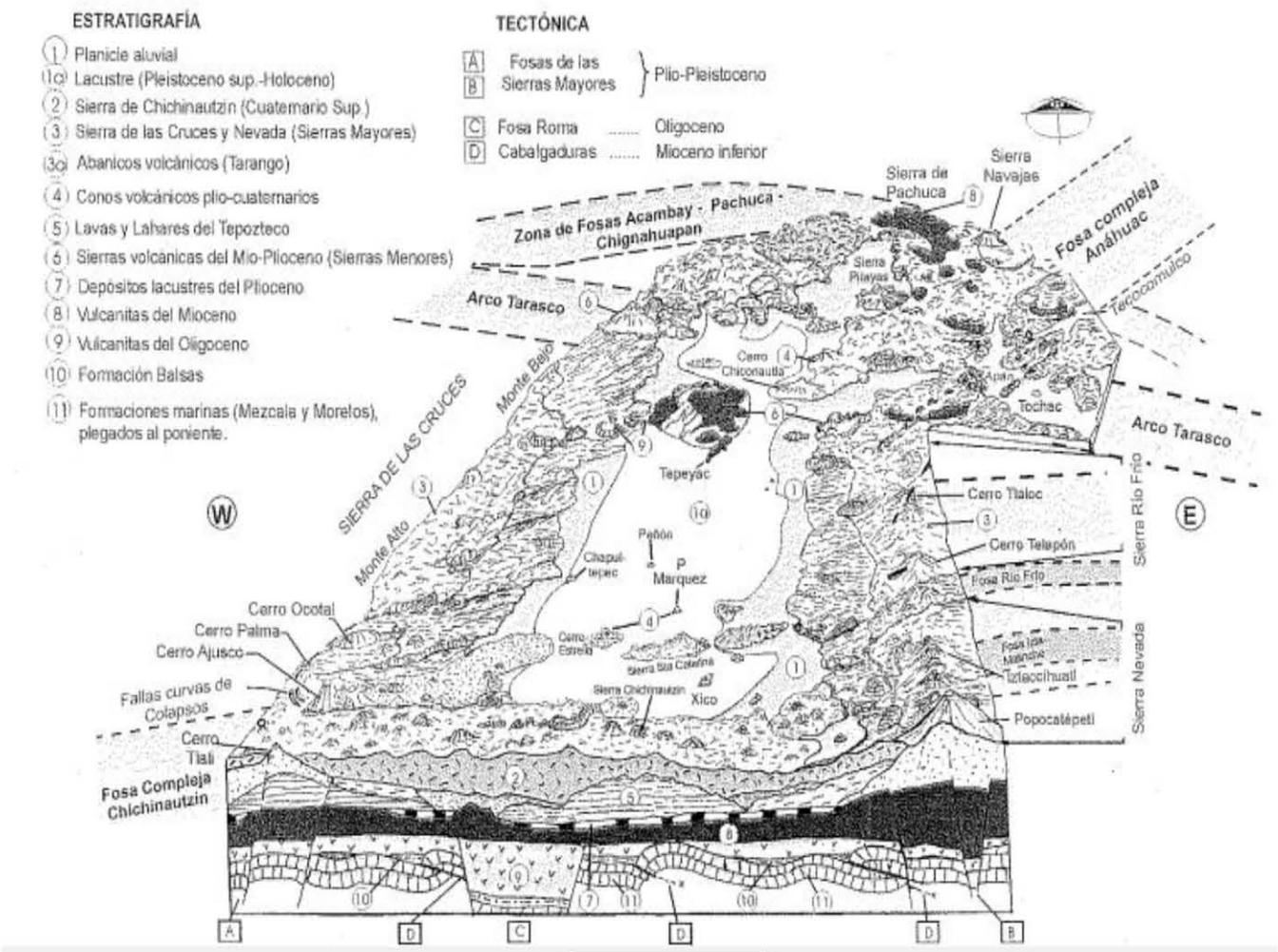


Figura 2.4 Visión Tridimensional de la Cuenca de México (Santoyo, 2005)

La figura 2.5 indica la estratigrafía del subsuelo de la Ciudad de México, clasificándola de la siguiente manera:

- A) arcillas superiores
- B) Capa dura
- C) arcillas inferiores consolidadas
- D) depósitos profundos

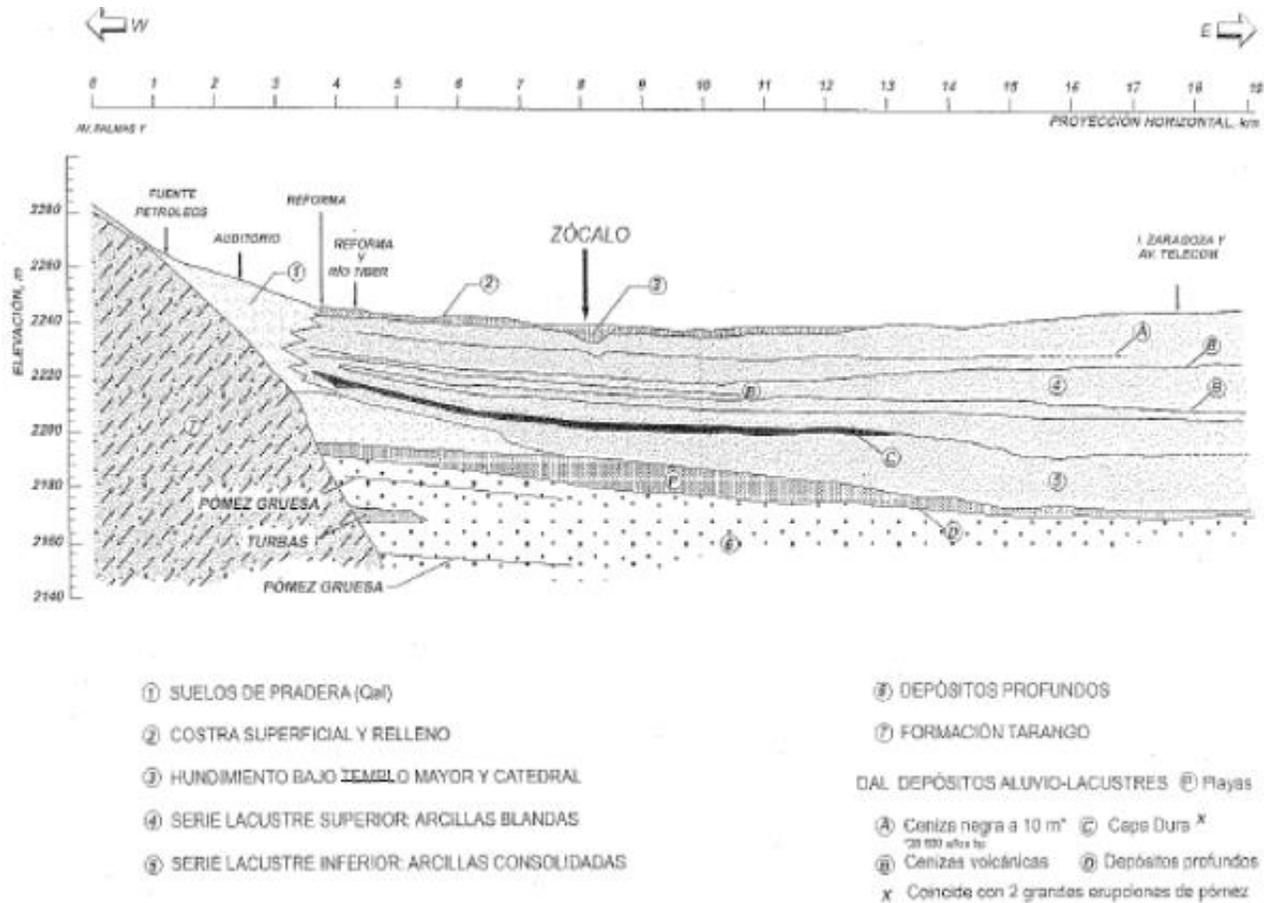


Figura 2.5 Estratigrafía del Valle de México (Santoyo, 2005)

2.6.1 Riesgos geotécnicos en el Municipio de Atizapán de Zaragoza

Este municipio está expuesto a los fenómenos de tipo geológico (zonas minadas, sismicidad, agrietamiento de suelos, colapsos, inestabilidad de suelos), hidrometeorológicos (inundaciones pluviales, granizadas, heladas), químico-tecnológicos (incendios de todo tipo, explosiones, fugas y derrames de sustancias peligrosas) y sanitario-ecológicos (residuos sólidos). Las áreas verdes y los baldíos ocupan una superficie relativamente pequeña. (Chávez, 2008.)

Los riesgos geológicos son provocados por estructuras en el subsuelo como fallas, grietas y fracturas, entre otras. Este fenómeno se da por el asentamiento del subsuelo, así como también por la extracción de materiales como arena, grava y "tepojal", que anteriormente se realizó en el municipio, y en la que se realizaban cuevas o cavernas para llegar a la zona donde se encontraban estos materiales.

Actualmente se tiene detectado este riesgo en 30 zonas del municipio, las cuales cubren una superficie estimada de 61.84 Ha.

También se presentan deslizamientos de tierras en los asentamientos humanos ubicados en las partes altas y medias de los cerros de Calacoaya, Madín y Biznaga, debido a que su sustrato está constituido a base de tobas, que al saturarse de agua pueden provocar el deslizamiento de la tierra por las pendientes pronunciadas del terreno (Plan de desarrollo Urbano de Atizapán de Zaragoza, 2006.)

2.6.1.1 Zonas Minadas

Este problema es común a la Ciudad de México y al Estado de México; lo constituye la inestabilidad real o potencial de terrenos que se encontraban en las afueras de la ciudad y que actualmente han sido alcanzados por la mancha urbana; se encuentran localizados principalmente en los lomeríos del poniente del área metropolitana. El problema se originó con el crecimiento de la ciudad, primero con la obtención de materiales para construcción tipo arena, grava, "tepetate", los cuales eran explotados de manera subterránea. Así se formaron túneles, galerías y salones en un enjambre subterráneo. Con el crecimiento de la ciudad estas áreas inestables han sido ocupadas tanto por fraccionamientos residenciales como por asentamientos humanos irregulares, para los cuales los peligros potenciales pasaron inadvertidos. Las consecuencias: colapso de techos de minas causando daños materiales y pérdidas de vidas. En la reglamentación de 1968 se prohibió la explotación de materiales pétreos por medio de excavaciones subterráneas (Morales y Monroy, 1984).

2.6.2 Mapas geotécnicos

Recientemente, Vera Noguez *et al* (2007), presentaron en un simposio de la Sociedad Mexicana de Ingeniería Sísmica un mapa de Zonificación Geotécnica del Estado de México en el cual se describen tres principales tipos de terrenos:

Terreno tipo I. De sierras, cerros, conformado por anticlinales (sic) de origen volcánico, sedimentarios y metamórficos.

Terreno tipo II. Planicie a Lomeríos, en el que los depósitos profundos se encuentran a veinte metros de profundidad, o menos, y que está constituido predominantemente por estratos arenosos y limos arenosos intercalados con capas de arcilla lacustre; el espesor de éstas es variable entre decenas de centímetros y pocos metros. Lomas, formadas por rocas o suelos generalmente firmes que fueron depositados fuera del ambiente lacustre, pero en los que pueden existir, superficialmente o intercalados, depósitos arenosos en estado suelto o cohesivos relativamente blandos. En esta zona es frecuente la presencia de oquedades en rocas, de cavernas y túneles excavados en suelos para explotar minas de arena y de rellenos no controlados.

Terreno tipo III. Lago, integrado por potentes depósitos de arcilla altamente compresibles, separados por capas arenosas con contenido diverso de limo o arcilla.

Estas capas arenosas son en general medianamente compactas a muy compactas y de espesor variable de centímetros a varios metros. Los depósitos lacustres suelen estar cubiertos superficialmente por suelos aluviales, materiales desecados y rellenos artificiales, el espesor de este conjunto puede ser superior a 50 m.

De acuerdo a esta zonificación geotécnica del Estado de México, el área del municipio de Atizapán está ubicada en el terreno tipo II de Planicie a Lomeríos.

En el norponiente del Valle de México se cuenta con algunos estudios de este tipo, pero no existe un análisis detallado de las características de terrenos principalmente rocosos, como levantamientos geológicos o geofísicos; la información de que se dispone es demasiado general, con mapas geológicos regionales o muy local, donde la descripción de la geología es tomada de la información general.

Dada la escasa información geológica-geotécnica a detalle disponible en esta zona, es necesario realizar levantamientos geológicos y definir o cartografiar estructuras que podrían representar un riesgo para la población.

Los atlas de riesgos que se han realizado hasta la fecha se limitan a identificar zonas minadas y algunas estructuras como fallas y fracturas, con una explicación muy somera, cuando existe, de las características geológicas de los sitios.

Capitulo III

Identificación de zonas de riesgo en Atizapán de Zaragoza

Capítulo III

3. Identificación de zonas de riesgo en Atizapán de Zaragoza

3.1 Zonas Minadas

	ZONAS DE MINAS	SUPERFICIE (M ²)	PREDIOS (NUMERO)	POBLACIÓN (HABITANTES)
1	LOMAS LINDAS	92000	200	2500
2	AHUEHUETES	12000	30	300
3	REAL DE ATIZAPÁN	11000	50	6000
4	CRISTOBAL HIGUERA	11500	40	250
5	MÉXICO NUEVO	7000	10	175
6	LOS OLIVOS	10500	80	450
7 Y 8	LOMAS DE GUADALUPE	60000	70	500
9	5 DE MAYO	58000	50	1200
10	1° DE SEPTIEMBRE	45000	60	1200
11	MEXICO 86	N/D	N/D	N/D
12	SAN MARTIN DE PORRES	N/D	N/D	N/D
13	HOGARES DE ATIZAPÁN	N/D	N/D	N/D
14	LAS ALAMEDAS CAV. HALCONES	6600	15	80
15	LAS ALAMEDAS CAV. PINZÓN	9992	9	403
16	TIERRA DE EN MEDIO	45000	130	450
17	LA CAÑADA	12000	60	100
18	SAN JUAN IXTACALA	36000	60	250
19	CERRO DE LA CRUZ	36000	75	250
20	LOMAS DE SAN LORENZO	27500	40	375
21	ALFREDO V. BONFIL	3906	40	200
22	AMPLIACIÓN LÓPEZ MATEOS	36000	60	375
23	EXHACIENDA DEL PEDREGAL	30000	50	335
24	EJIDO DE TEPALCAPA	30000	45	335
25	MORELOS	23500	20	250
26	TEMPLO CALACOAYA	5000	1	1000
27	CASA DE LA JUVENTUD	N/D	N/D	N/D
28	MONTE MARÍA	10000	N/D	500
29	CONDADO DE SAYAVEDRA	N/D	N/D	N/D
S/N	SAN JOSE PROVI	N/D	N/D	N/D
	ATIZAPÁN DE ZARAGOZA	618498	1195	17478

Cuadro 3.1

En el siguiente mapa (3.1) destacan las zonas minadas en la porción Oeste del Municipio de Atizapán identificadas en tonos oscuros. En la parte Sur- Oeste se observa la zona minada Calacoaya donde está la mina Guadalupe, cuyas excavaciones se muestran en la figura 3.2.

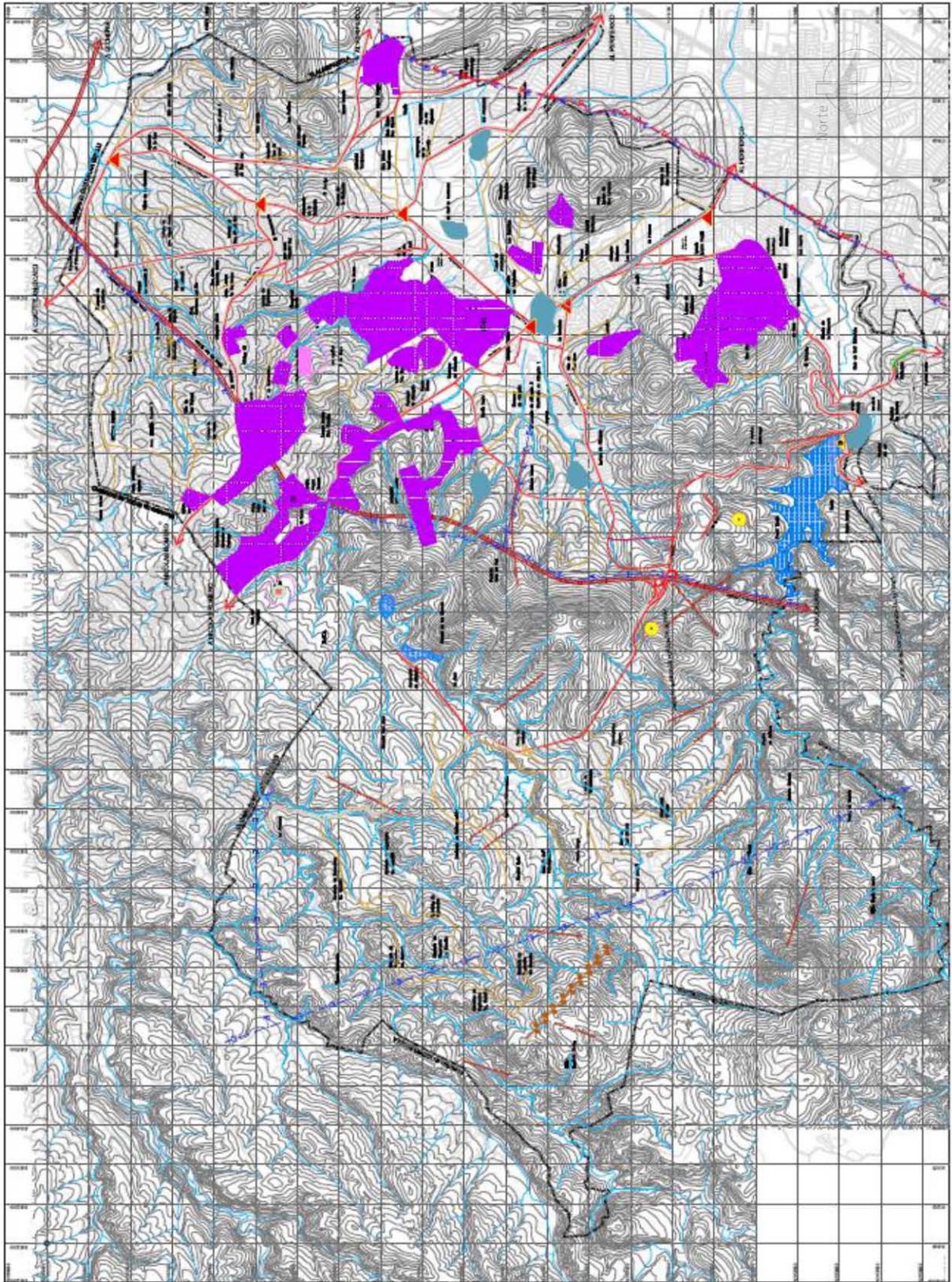


Figura.- 3.1 Zonas minadas en el Municipio de Atizapán de Zaragoza
(Mapa de Desarrollo Urbano de Atizapán de Zaragoza de 2003)

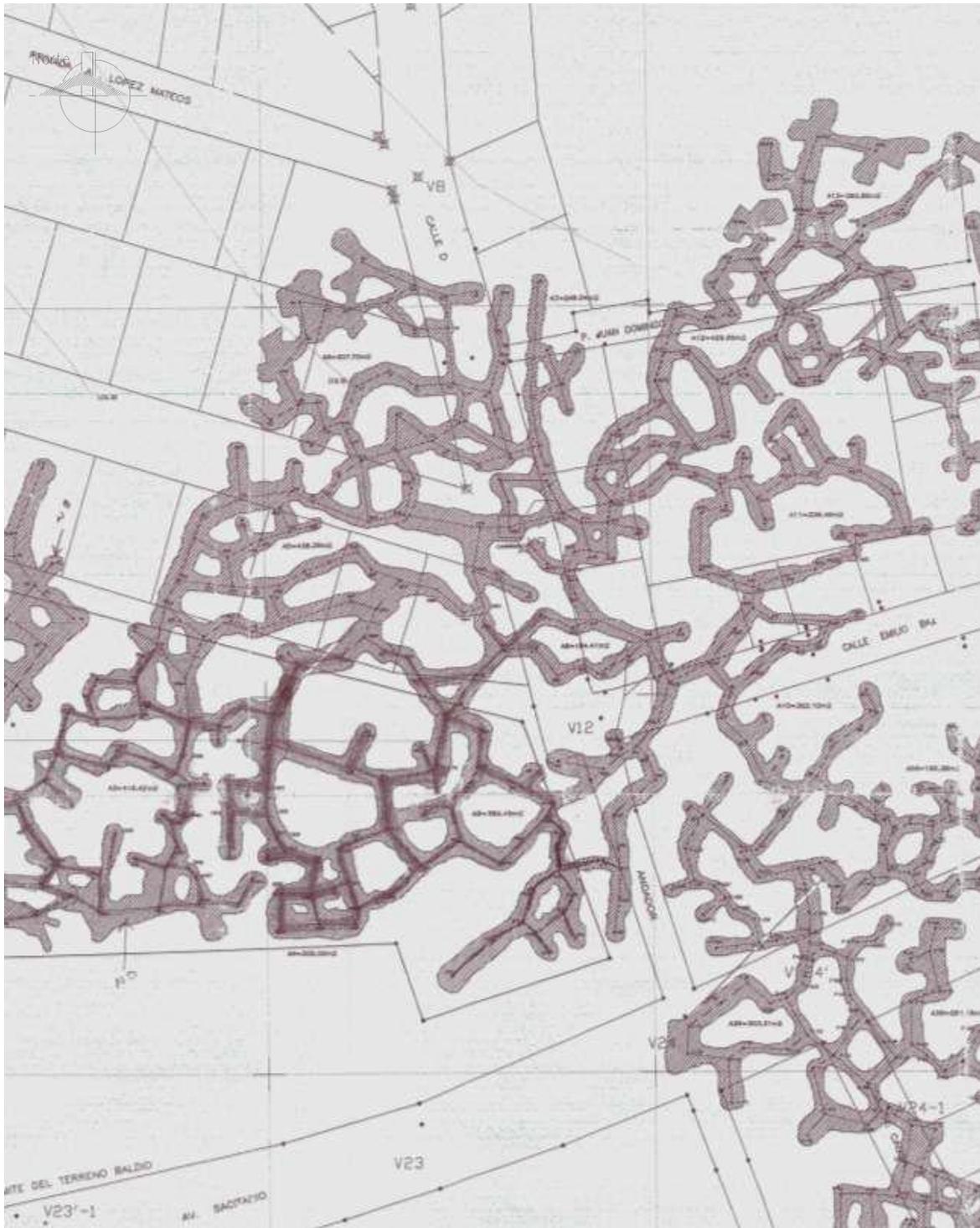
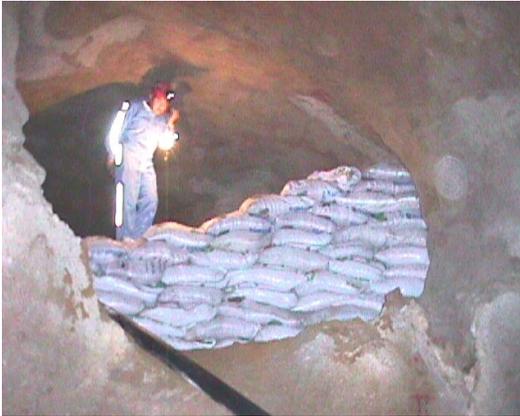


Figura 3.2. Cavidades en la colonia Lomas de Guadalupe de Atizapán de Zaragoza, Edo. de México.

La zona de lomas al poniente del Valle de México es conocida por estar afectada por cavidades subterráneas de origen artificial, resultado de explotaciones mineras realizadas sin control en el pasado con objeto de explotar material para construcción. Dicho problema afecta a un gran número de predios donde se encuentran asentamientos humanos que están en situación de riesgo.

Para reducir los efectos de dicha situación, a lo largo de los años se han empleado distintos procedimientos tales como instalación de revestimientos, concreto lanzado, colocación de costales rellenos de arena (fotografías 3.1 y 3.2), inyección de lechadas cementantes basadas en cemento Portland principalmente, etcétera. Volver a rellenar con material



Fotografía 3.1



Fotografía 3.2

La presencia de las cavidades afecta a un gran número de personas que habitan al pie de la Sierra de Las Cruces, en la zona de lomas, conformada por depósitos de materiales de origen volcánico (Chávez, J.M., 2008)

A partir del desarrollo del Sistema de Protección Civil en los tres niveles de gobierno de nuestro país, algunas autoridades han asumido la situación como una responsabilidad gubernamental, toda vez que la existencia de minas en el subsuelo genera problemas que afectan al desarrollo social y económico de las comunidades, sin mencionar el riesgo para las vidas, para el patrimonio y para el entorno de cientos de familias (figura 3.3).

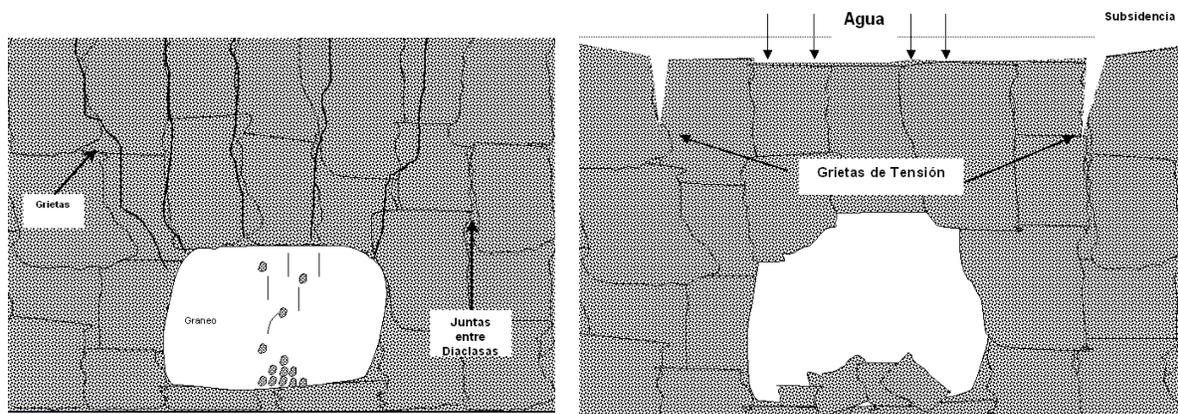


Figura 3.3.- El agua, principal agente en el colapso de minas.

Por estas razones, en 1998 el Ayuntamiento de Atizapán de Zaragoza implementó el Programa Nacional de Riesgos en Zonas Minadas, con la finalidad de cambiar la situación en que vive un gran número de ciudadanos del municipio.

Si se emplearan los métodos tradicionales, esta empresa representaría una inversión imposible de absorber para el presupuesto municipal. Por tal motivo, ha sido necesario desarrollar nuevos materiales y un procedimiento que emplee suelos del lugar así como un subproducto de la producción de acetileno, rico en hidróxido de calcio.

La Sociedad Mexicana de Mecánica de Suelos, en el Simposio denominado Cimentaciones en Zonas Minadas de la Ciudad de México, en 1976, recomendaba estudiar las propiedades puzolánicas de los suelos naturales con miras a emplearlos económicamente en el relleno de cavidades.

Actualmente, la Dirección de Protección Civil del Municipio de Atizapán de Zaragoza utiliza la mezcla de hidróxido de calcio con el desecho del mineral de perlita expandida (carlita) para rehabilitar las minas que fueron excavadas con fines de extracción de materiales para construcción y que se encuentran prácticamente en toda la extensión del municipio. (Chávez, J.M., y Ortiz Hermosillo, R. E., 2010).

3.1.1 Soluciones a los problemas

Actualmente en Atizapán existen 64 minas, algunas de las cuales tienen varios kilómetros de extensión. Los trabajos realizados por la Dirección de Protección Civil y Bomberos de Atizapán para la rehabilitación de las zonas minadas han sido prioritarios durante la presente administración, utilizando para el relleno de esas cavidades una técnica innovadora que consiste en inyectar una mezcla de hidróxido de calcio (cal) con desecho de la industrialización de perlita. Al consolidar, el material derivado de la mezcla ha resultado ser de una gran resistencia, igual o superior a la del suelo sobre el que se excavaron las minas. Con este procedimiento se han rehabilitado, a partir de 2003, alrededor del 10% de las cavidades con un costo menor al de otros métodos debido a que la cal y el desecho de perlita se obtienen de manera gratuita (Chávez, J.M., y Ortiz Hermosillo, R. E., 2010).

A partir de 1998 ha sido relleno el diez por ciento de las zonas minadas por medio de la inyección de este cementante (fotografías 3.3 y 3.4), reduciendo los costos en comparación con otros métodos y con una eficiencia mayor, debido a que el hidróxido de calcio y la perlita se obtienen en forma gratuita como subproducto o desecho de industrias de la zona.



Fotografía 3.3



Fotoarafia 3.4

Fotos 3.3 y 3.4 Relleno de la mina Capulín- Montesol. Atizapán de Zaragoza, Edo. de Mex.

A continuación se da un breve resumen del análisis

En pruebas de Compresión Simple realizadas en el laboratorio de Mecánica de Suelos de la FES Acatlán a varias muestras de la mezcla inyectada ya consolidada, se obtuvo una capacidad de carga de 25 kg/cm² en promedio antes de la falla, como se observa en las figuras 3.4 y 3.5 y en las fotografías 3.5 y 3.6 (Chávez, J.M., y Ortiz Hermosillo, R. E., 2010).

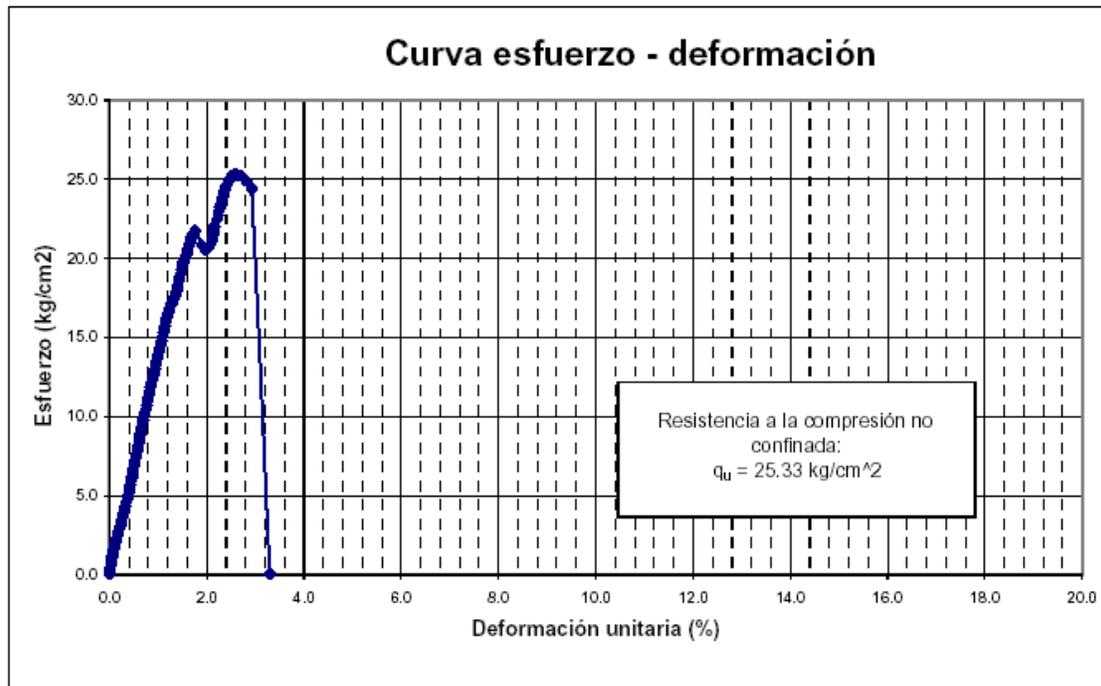


Figura 3.4.- Gráfica esfuerzo-deformación de la mezcla inyectada en las cavidades de Atizapán.

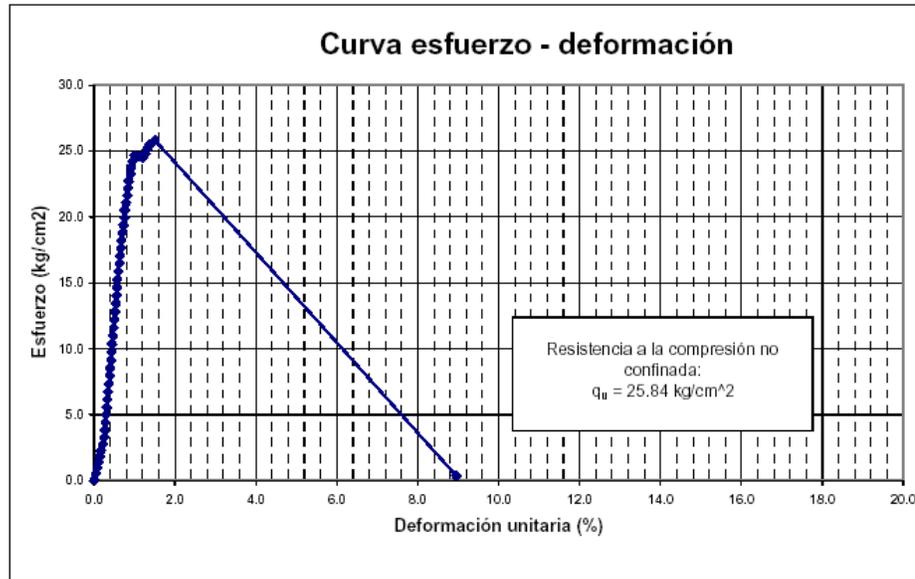
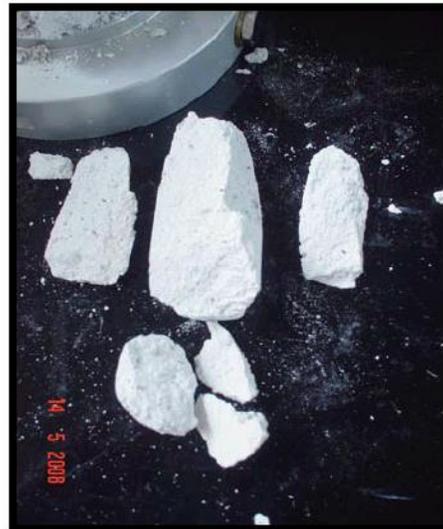


Figura 3.5.- Gráfica esfuerzo-deformación de la mezcla inyectada en las cavidades de Atizapán.



Fotos 3.5 y 3.6 Material inyectado en las cavidades de Atizapán después de la falla en pruebas de Compresión Simple.

La capacidad de carga de la mezcla inyectada en las minas de Atizapán iguala o supera a la del propio suelo en que fueron excavadas (Chávez, J.M., y Ortiz Hermsillo, R. E., 2010).

3.2 Zonas de Discontinuidades

Debido al crecimiento acelerado de la mancha urbana, nos vemos en la necesidad de hacer estudios especializados para garantizar la seguridad de la población y en lo que respecta a las zonas de fallas, fracturas, contactos litológicos y otras discontinuidades es muy escasa la información que se tiene, ya que la única identificación de estas zonas las ha realizado el INEGI en la elaboración de mapas, ubicando y estudiando solamente los puntos de mayor importancia, por ello es que se está realizando el Atlas Multidisciplinario y de Riesgo Geotécnico de la Zona Conurbada al Norponiente del Valle de México, para conocer mejor el área del Municipio por medio de recorridos de campo y así contar con información exacta acerca del tema. Por consiguiente el presente trabajo contribuirá a establecer la ubicación de éstas estructuras lo que ayudará a las autoridades correspondientes a diseñar un control de riesgo y prevención adecuado ya con los puntos debidamente identificados.

3.3 Fracturas y Fallas.

3.3.1 Falla de Galerías Atizapán



Figura 3.6 Vista en Imagen de Satélite de la Falla (León Roldan, 2013).



Ésta falla se encuentra ubicada en la intersección entre la autopista Chiluca-Madín y México Nuevo, enfrente del semáforo y está ubicada en las coordenadas $19^{\circ}32'40''$ N y $99^{\circ}16'21''$ W. Se muestra un salto de falla de aproximadamente 5m, por lo que es considerada como una falla importante; claramente se percibe el desplazamiento de los bloques debido a un horizonte de color amarillento, el cual se corta y continúa algunos metros más abajo.

Fotografía 3.7.- Salto de falla. (León Roldan, 2013)

El terreno es una zona de fallas escalonadas que se reflejan en el lado opuesto de la cañada como el intervalo achurado que se encuentra delimitado a ambos lados por fracturas con aparente deslizamiento. En un talud ubicado al frente de la falla principal se percibe la continuación de la falla; este punto tiene las coordenadas $19^{\circ}32'41''$ N y $99^{\circ}16'22''$ W, por lo que la hace aún más importante.



Fotografías 3.8 y 3.9.- Falla principal y Reflejo de la falla en el talud ubicado al frente de la falla principal. (León Roldan, 2013)

En el recorrido que se realizó en ésta zona, se hicieron recolecciones de muestras tanto de las partes inferior y superior del segundo estrato, así como de la franja misma; en las cuales se notan signos de intemperismo debido a la exposición al medio ambiente. Todas las muestras tienden a estar entre los colores café claro-amarillo y también tienden a tener tonos grisáceos, salvo las muestras de material volcánico que presentan un tono rojizo. Las muestras se encuentran bastante consolidadas.

A unos cuantos metros de la falla principal se encuentra un derrame de material volcánico que sobreyace a la toba, el cual a su vez se encuentra cubierto por lahares y tobas parecidas al horizonte amarillo de la falla principal; como es una zona de bastante interés, se tomaron muestras para analizarlas y compararlas con las rocas que se encuentran cerca de la Presa Madín; esto para verificar si se trata del mismo tipo de roca.

Así como se realizaron recorridos frente a la falla, de igual manera se recorrió el terreno por la parte posterior a la misma en dirección a la Presa Madín, y a aproximadamente unos 100m de la falla principal se encontró lo que parecen ser reflejos de la misma, los cuales están ubicados en las coordenadas $19^{\circ} 32' 37''$ N y $99^{\circ} 16' 21''$ W y $19^{\circ} 32' 37''$ N y $99^{\circ} 16' 19''$ W; este último reflejo tiene un rumbo y echado S 30° E - 55° NE. Más adelante se encontró un cauce que aparentemente es una brecha de falla la cual tiene un ancho aproximado de 20m. (Modificado de León Roldan, 2013).

Es importante mencionar que tiempo después de realizar estos recorridos, el cerro donde se podía observar la prolongación de la falla fue excavado casi en su totalidad (abril-junio de 2012) y para ocultar la falla se le colocó concreto lanzado, pero también es importante decir que la falla sigue en el subsuelo, ya que tiene un salto de falla considerable. (León Roldan, 2013)



Figura 3.7 Imagen donde se muestra claramente la excavación del cerro donde se observaba la prolongación de la falla, así como el concreto lanzado que fue colocado para ocultar la falla. (León Roldan, 2013)

Esta zona implica riesgo si se pretende realizar alguna construcción, ya que este punto se encuentra en la zona B del mapa de Regiones Sísmicas de México, lo cual quiere decir que se registran sismos no tan frecuentemente o son zonas afectadas por altas aceleraciones pero que no sobrepasan el 70% de la aceleración del suelo. Aunque la Ciudad de México se encuentra ubicada en la zona B, debido a las condiciones del subsuelo del valle de México, pueden esperarse altas aceleraciones; esto de alguna manera llegaría a afectar a este sitio, ya que podría tender a deslizarse debido a la presencia de la falla que aunque no se pueda ver, sigue ahí y representa un riesgo para la población que está en contacto con esta zona, por lo que es responsabilidad de las autoridades competentes prohibir y/o tener un reglamento más estricto en cuanto a la construcción en esta zona en específico (León Roldan, 2013)

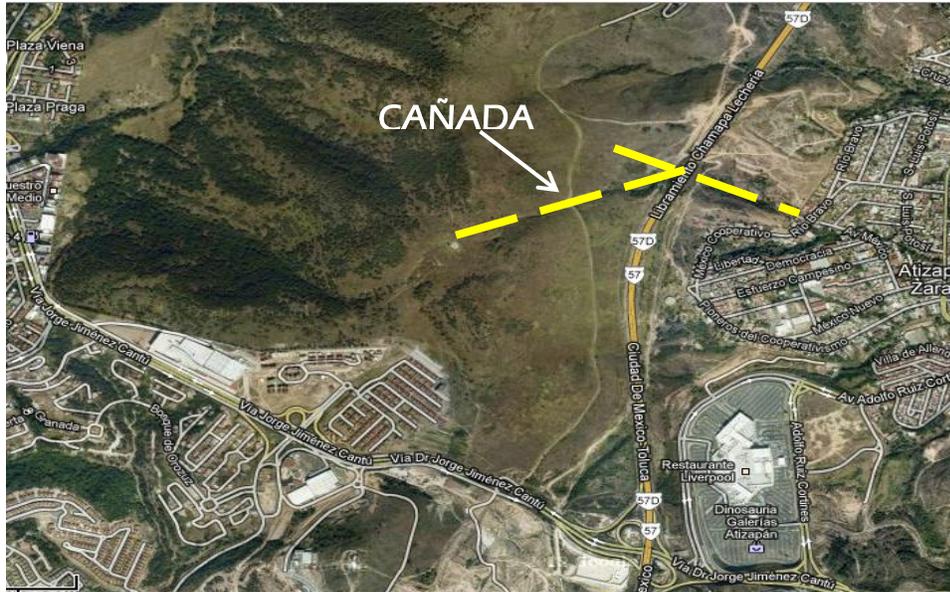
Al hacer una prolongación de la línea que atraviesa la falla podemos ver que no pasa por la cortina de la Presa Madín, aunque sí atraviesa una zona del embalse; esto no quiere decir necesariamente que la Presa representa un riesgo o que la falla llegue hasta esta área; pero nuevamente las autoridades deben tener muy en cuenta este punto.



Figura 3.8 Prolongación de la línea de Falla de Galerías Atizapán hasta la Presa Madín.
(León Roldan, 2013)

♦ **Cañada con aparente plano de falla**

Esta cañada en la que aparentemente se muestra un plano de falla se localiza en dirección oeste de la autopista Ciudad de México-Toluca, el punto donde se tomaron muestras y al que se llegó por el camino de terracería tiene las coordenadas $19^{\circ} 33' 32''$ N y $99^{\circ} 16' 47''$ W, pero se puede observar que la cañada se extiende desde varios metros hacia arriba y hacia abajo, atravesando perpendicularmente la autopista y continuando incluso metros después. En el lado derecho de la misma se observó un material tobáceo con brecha, con fragmentos de roca bastante redondeados y perfectamente visibles.



Son afloramientos de brechas volcánicas con un tamaño regular, fracturas donde se percibe un cambio de material entre tobas y lo que aparentemente es pumita. Los colores van del café claro-oscuro en las tobas y gris oscuro en las brechas volcánicas en las cuales se muestran algunos minerales dentro de ellas y a su vez muestran también señales de intemperismo debido a la exposición al medio ambiente.



Figura 3.10 Afloramiento de brechas volcánicas sobre el camino de terracería las coordenadas $19^{\circ} 33' 32''$ N y $99^{\circ} 16' 47''$ W (León Roldan, 2013)



Aproximadamente a 50m de la cañada se encuentra un afloramiento de lahares marcando un contacto entre estos y una toba de grano grueso de tonalidades amarillentas y con horizontes delgados de 3 a 4cm de espesor de caliche.

Figura 3.11 La vegetación en línea indica el camino de la cañada

La cañada es un buen punto para que las autoridades de Protección Civil observen con frecuencia, ya que puede llegar a ser un punto de riesgo, ya que, como se mencionó anteriormente atraviesa de forma perpendicular la autopista Cd. De México-Toluca y la cañada se encuentra delimitada hacia ambos lados por zonas urbanas.



Figura 3.12 Imagen donde se muestra la formación de caliche ubicada sobre el camino de terracería, (León Roldan, 2013)

3.4 Deslizamientos de taludes

3.4.1 Talud En Roca Ubicado En El Fraccionamiento Rincón De La Montaña

3.4.1.1 Geología del Talud

Para determinar la geología superficial del sitio de estudio se hicieron recorridos identificando estructuras expuestas de las cuales se recolectaron muestras de mano. Para el análisis del talud se obtuvo una muestra de roca a partir de la cual se elaboró una lámina delgada con el objetivo de identificar al microscopio los minerales que la constituyen.

El talud presenta una roca de color gris oscuro con cristales de plagioclasas sódicas de 3mm de largo como mineral esencial y augita como mineral accesorio principal (figura 3.13). El macizo rocoso se encuentra intensamente meteorizado y esto se refleja en sus cristales cuando se observan al microscopio, pues presentan alteraciones a minerales secundarios como arcillas u otros como óxidos de hierro que debilitan a la roca. Se observa en la fotografía de microscopio cristales grandes de plagioclasas rodeados de microlitos o pequeños cristales también de plagioclasas que fluyen alrededor de ellos mostrando el flujo común en un derrame volcánico de este tipo (figura 3.14)(Soriano, C., 2015)



Figura 3.13.- Muestra de roca andesita de talud

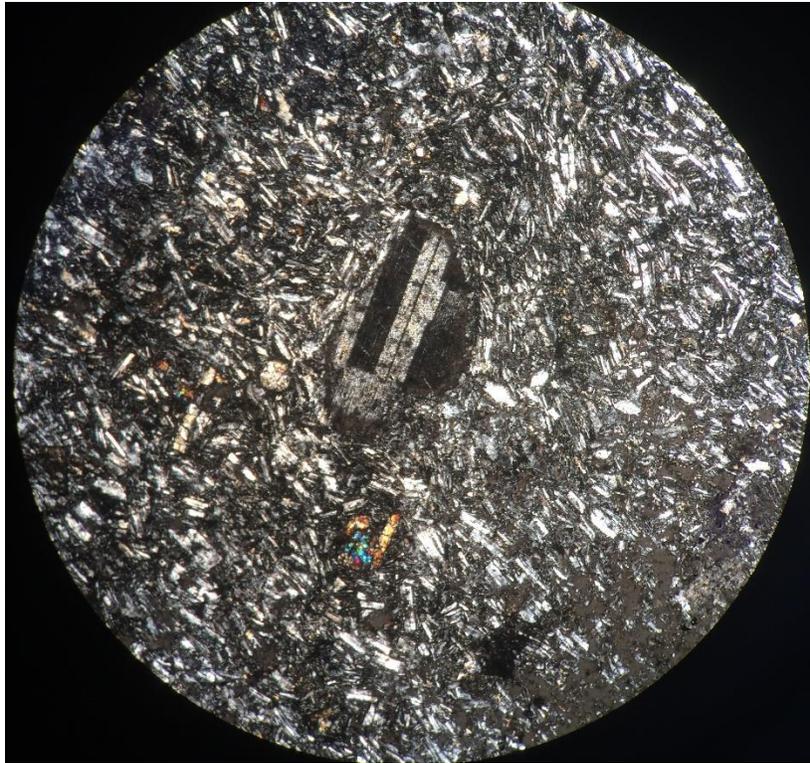


Figura 3.14.- Lamina delgada de la Muestra de la Figura 3.13

3.4.1.2 Clasificación y caracterización del macizo rocoso

Descripción y zonificación del afloramiento

En general el talud presenta las mismas características, se secciono en 5 partes a lo largo, las cuales dependían del buzamiento de la cara del talud, posteriormente se decidió analizar la sección 1 debido a que en ésta se presenta el mayor riesgo ya que el edificio 41 se encuentra a unos 10 m de la cara del talud. (figura 3.16) (Soriano, 2015)



Figura 3.15.- Secciones del Talud

El talud fue producto de un corte en principio para generar el material necesario de los agregados de la planta de asfalto que antes existía en el sitio, posteriormente se nivelaron plataformas para dar forma a las terrazas sobre las cuales se construyeron los edificios.



Figura 3.16.- Talud de Estudio

Capitulo IV

Marco metodológico y Comparativa de mapas

Capítulo IV

Marco metodológico y Comparativa de mapas

En este capítulo se hará una descripción de los mapas geológicos que se han hecho del municipio de Atizapán de Zaragoza, por lo menos de los que se tiene conocimiento, o de los que se ha tenido acceso, como es el caso del mapa geológico publicado por INEGI en 1976 con el nombre de carta Cuautitlán con la clave E-14-A-29 y que contiene gran parte del territorio de Atizapán de Zaragoza. En 1996 fue publicado por la CFE (Comisión Federal de Electricidad) el "Nuevo Mapa Geológico de las Cuencas de Mexico, Toluca y Puebla" donde aparece la geología del municipio de Atizapán desarrollada por Federico Mooser et al.

4.1 Marco metodológico

La metodología empleada para la realización de este trabajo especial ha sido llevada a cabo en cuatro etapas fundamentales, en orden cronológico éstas son:

ETAPA DE PLANIFICACIÓN:

- Recopilación y Análisis del material bibliográfico de la zona de estudio: búsqueda y análisis de tesis de licenciatura, libros, Informes técnicos, boletines, artículos, manuales de riesgo; además de mapas topográficos.

ETAPA DE CAMPO

La interpretación de los planos realizada en la etapa anterior, permitió llevar a cabo una planificación adecuada de las jornadas de campo, y así ejecutar el levantamiento geológico del área de estudio, ambos levantamientos efectuados simultáneamente y en los mismos afloramientos, pero para fines prácticos se describirá a continuación:

- Levantamiento Geológico: Para el levantamiento geológico se procedió a describir en cada uno de los afloramientos aspectos y características como: ubicación por medio de un G.P.S, litología y mineralogía, colores fresco y meteorizado, medición y orientación de planos y estructuras geológicas presentes. Además de realizar la caracterización geológica in situ tomando 19 muestras de mano representativas en dichos afloramientos, de las cuales 5 fueron seleccionadas para la elaboración de láminas delgadas y posterior estudio petrográfico, llevado a cabo en el laboratorio de Geología del Posgrado de la Facultad de Estudios Superiores Acatlán, perteneciente a la UNAM, esto con la finalidad de definir las unidades litológicas presentes en la zona estudiada.

ETAPA DE LABORATORIO

Procedimiento para muestreo de rocas y la elaboración de sus láminas delgadas

Introducción

El conocimiento de la geología de un sitio es fundamental para un análisis geotécnico. La correcta ubicación de contactos litológicos, la descripción de las características de las rocas así como una clasificación definitiva dependen en muchos casos de un buen estudio petrográfico o microscópico. A partir de dicho análisis se pueden también distinguir las características internas y propiedades de los minerales que constituyen a la roca además de sus condiciones como grado de alteración o fracturamiento, detectando incluso discontinuidades como fallas o fracturas, porque la roca, así como los minerales que la constituyen estarán afectados por los movimientos provocados por los mismos.

Es importante realizar estudios de este tipo porque puede haber ocasiones en que una roca se muestre a simple vista como un material compacto y resistente. Sin embargo estas condiciones pueden cambiar internamente y esto sólo se identificaría al estudiarlas en el microscopio.

Los resultados obtenidos del muestreo de roca nos darán pauta a determinar si el material de un sitio en particular requerirá tratamiento para mejorar sus condiciones mecánicas, lo cual influirá directamente en el diseño ya sea de la cimentación o de la estructura civil a construir; mencionando también que se deberán realizar estudios a profundidad para concluir qué tipo de tratamiento se aplicará a dicho sitio.

Las rocas son masas o agregados de uno o varios tipos de minerales o materia orgánica, que se han formado como resultado de la actuación de uno o varios procesos geológicos. Todos los datos necesarios para conocer su origen y evolución, cómo se han formado y las transformaciones que han sufrido hasta que las vemos actualmente, se encuentran en la propia roca, en su composición química y mineralógica, en su geometría tanto interna como externa. La descripción, clasificación y nomenclatura de los distintos tipos de roca requiere, para hacerlo de manera precisa y rigurosa, utilizar criterios de textura y composición que sólo son observables al microscopio, sin desestimar aquellos aspectos que puedan observarse a simple vista o con ayuda de una lupa, y que son de gran utilidad para el estudio previo de las rocas de campo. (Piedad, 2000)

CARACTERÍSTICAS DE LOS MINERALES Y ROCAS ÍGNEAS DE LA ZONA

Para la identificación de los minerales se consideran sus propiedades físicas: forma cristalina, dureza, peso específico, crucero, color, raspadura y fractura, entre otras.

- ♦ Forma cristalina: cada mineral presenta una forma cristalina característica, producto de su estructura y arreglo molecular.

- ♦ Dureza: es la propiedad que tienen los minerales de ser rayados por otros, para ello existe una escala o patrón de dureza conocido como escala de Mohs, para lo cual se escogieron 10 minerales de menor a mayor dureza con capacidad de rayar o ser rayados: 1-talco, 2-yeso, 3-calcita, 4-fluorita, 5-apatito, 6-ortoclasa, 7-cuarzo, 8-topacio, 9-corindón, 10-diamante. La dureza de micropartículas puede ser medida bajo el microscopio, mediante su resistencia a la indentación. La microdureza da por resultado un número característico de cada mineral. (Piedad, 2000)
- ♦ Lustre: es la forma en que un mineral se ve a la luz reflejada. Hay varias clases de lustre: metálico, adamantino, vítreo, resinoso, aperlado y sedoso.
- ♦ Crucero: es la tendencia de un mineral a romperse conforme a direcciones preferentes, a lo largo de superficies planas, siguiendo planos de debilidad que son consecuencia del arreglo interno de sus átomos.
- ♦ Color: el color se usa en ciertas distinciones de carácter general. Por ejemplo, los minerales ferrosos generalmente son oscuros.

Dado que en el área de estudio de la Presa Madín existen sólo rocas ígneas, se mencionarán únicamente las características de éstas rocas para su identificación.

Los minerales primarios, por ser los más abundantes, son los que dan nombre a las diferentes clases de rocas ígneas: minerales no máficos (feldespatos, plagioclasas, feldespatoides y cuarzo), y minerales máficos (piroxenos, anfíboles, micas y olivino).

La estructura es un rasgo macroscópico observable a simple vista y se refiere a: lineamientos, bandeamientos, estratificación, vesicular y gradación granulométrica.

La textura es el acomodo de los minerales y de sus relaciones mutuas. Se debe a características observables al microscopio con incidencia en el aspecto megascópico. Para precisar la textura deben definirse tres características fundamentales:

- ♦ Granularidad
- ♦ Cristalinidad
- ♦ Fábrica

La granularidad es de dos tipos:

Afanítica: el tamaño de los granos fluctúa entre los 0.5mm y las 10 micras.

Fanerítica: el tamaño de los granos es mayor a 0.5mm.

La Cristalinidad se refiere al grado de cristalización de una roca y se determina conforme a la relación entre las cantidades de cristal y de vidrio.

La fábrica se refiere a la forma o desarrollo de las caras de los cristales del mineral y a las relaciones existentes entre los diversos compuestos de la roca

Equipo

♦ MICROSCOPIO POLARIZANTE

El microscopio polarizante se emplea universalmente para examinar los minerales transparentes (figura 4.11). Se utiliza para estudiar los granos minerales, rocas y otros cristales. Es particularmente utilizado para determinar las propiedades ópticas de los cristales individuales o agregados y en la interpretación de texturas y relaciones varias de las sustancias naturales o artificiales, tal y como aparecen en las secciones delgadas.

El sistema de lentes se parece en muchos aspectos al de los microscopios compuestos comunes, pero tiene varias modificaciones que incrementan su utilidad para el estudio de los minerales. Las características más distintivas son los dispositivos polarizante y analizador, situados respectivamente debajo y encima de la platina. Otros elementos característicos son la platina giratoria, la lámina de yeso, la cuña de cuarzo y el compensador. (León Roldan, 2013)

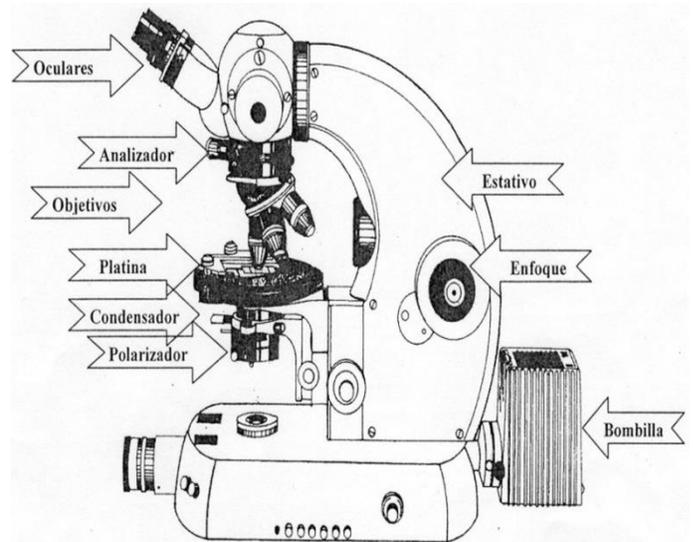


Figura 4. 11 Partes de un microscopio polarizante. (Chávez, 2006.).

En un microscopio polarizante la luz pasa a través del nicol inferior o polarizador donde se difracta y sale un único haz de rayos que vibra en un plano. Este haz de luz polarizada pasa a través de la lámina delgada y se divide en dos series de rayos que vibran en dos planos perpendiculares entre sí, el rayo ordinario y el extraordinario, y con velocidades diferentes que son específicas en cada mineral. La observación de las rocas en estas condiciones, es decir con nicoles paralelos, permite determinar algunas características de los minerales, como su color, relieve, etc. Cuando introducimos el analizador, la observación es entonces con nicoles cruzados, y los dos rayos que proceden de la lámina delgada pasan a vibrar en un mismo plano, pero conservan la misma frecuencia de velocidad inicial y en consecuencia llegan al observador con un desfase, que es la causa de otras propiedades, como los colores de interferencia, que son también propios de cada mineral (León Roldan, 2013)

En el laboratorio de Geología de la Unidad de Posgrado de la Facultad de Estudios Superiores Acatlán, se cuenta con un microscopio polarizante, el cual es utilizado por los estudiantes para la identificación y clasificación de las rocas ensayadas; a continuación se muestran algunas imágenes del mismo (figura 4.12).



Figura 4. 12 Microscopio Polarizante del Laboratorio de Geología de la FES Acatlán (León Roldan, 2013)

Sierra mineralógica

Para cortar las esquirlas se pueden utilizar varios tipos de sierras, generalmente de disco metálico con polvo de diamante industrial o de carborundum en el borde. Ésta puede ser un disco de cobre laminado, endurecido, que gira dentro de una artesa llena de carborundum y lodo, en el borde del disco rotativo recoge el polvo abrasivo y produce una fricción contra la muestra. Manteniendo una mezcla adecuada de carborundum, barro y agua es posible cortar completamente en pocos minutos un canal delgado de unos dos centímetros en cuarzo (Figura 4.13)

La acción de abrasión es efectuada en un disco horizontal alimentado por carborundum en las partículas sueltas o que puede estar embebido de él.

Empleando sierras metálicas que contengan polvo de diamante embebido en el canto, pueden efectuarse cortes rápidos y precisos.

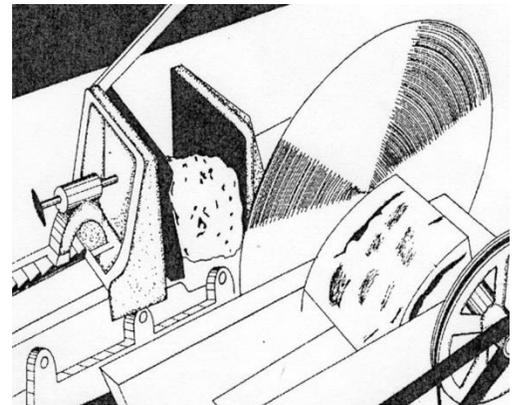


Figura 4. 13 Ejemplo de una sierra mineralógica. (Chávez, 2006.).

En el laboratorio de Geología de la Unidad de Posgrado de la Facultad de Estudios Superiores Acatlán, se cuenta con una sierra de este tipo; a continuación se muestran algunas imágenes de la misma (figura 4.14).

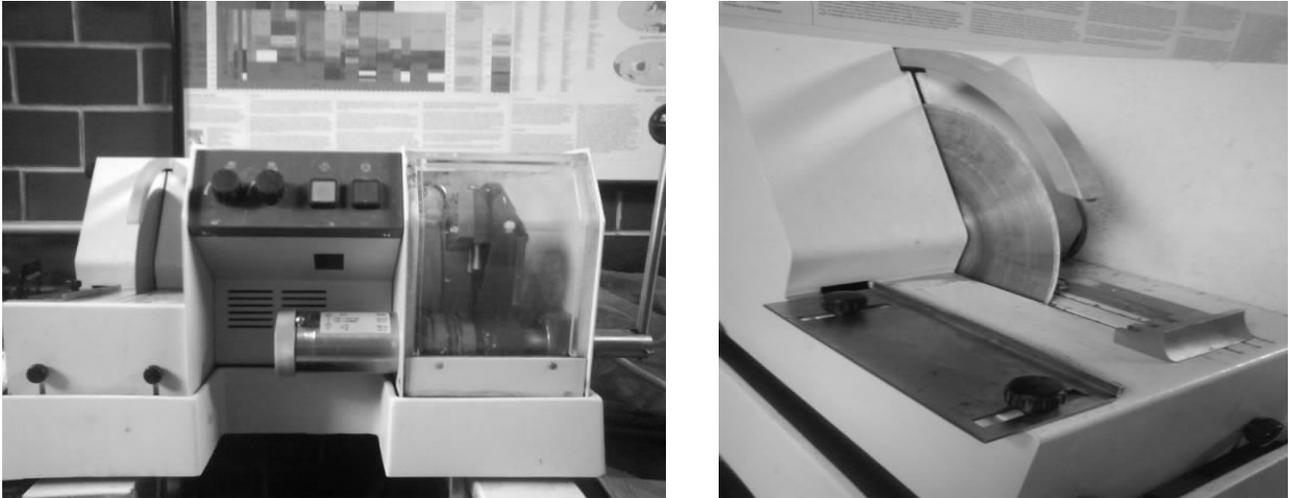


Figura 4. 14 Sierra Cortadora de rocas del laboratorio de Geología de la FES Acatlán (León Roldan, 2013).

- **Procedimiento para elaborar láminas delgadas**

Básicamente hay dos métodos para producir una lámina delgada uniforme de 0.03mm a partir de una esquirla de algunos centímetros de grosor. En el primero, la esquirla es pulida en etapas sucesivas con carborundum y esmeril sobre una pulidora, de modo similar al empleado para producir una superficie especular en la esquirla. En el segundo método, se corta la esquirla en una sierra cuidadosamente ajustada a unos 0.06mm de espesor y luego se termina en una pulidora hasta 0.03mm.

El primer paso de la fabricación de una sección delgada incluye la preparación de una esquirla mineral con una superficie lisa apta para ser colocada sobre un portaobjetos. Esta esquirla puede ser arrancada de la muestra y alisada por uno de sus lados, o aserrada directamente de ella. Una esquirla ideal tiene un área de 2cm² y 3mm de espesor.

Cuando una esquirla está lista, se pule por un lado de la superficie plana utilizando sucesivamente carborundum 100, FFF y 600, terminando con esmeril 302 ½ de la American Optical Company. En el caso de una roca muy blanda, se omite el primer pulido con carborundum 100, ya que es muy grueso y tiende a destruir los materiales blandos.

La superficie de fondo, plana, pero no muy pulimentada, se lava, se seca, y después se monta sobre un cristal portaobjetos empleando como cementante bálsamo de Canadá o Lakeside 70. El bálsamo debe ser cocido a 160°C durante unos dos minutos hasta obtener un botón sólido y tenaz; la esquirla debe ser calentada también a 120°C antes de su

montura. El bálsamo no debe ser sobrecosido, pues se torna demasiado quebradizo y hasta puede volverse castaño. Cuando el bálsamo está aún líquido y caliente, se coloca la esquirra calentada sobre el portaobjetos previamente untado con bálsamo de Canadá cocido. Calentando el conjunto, queda la esquirra firmemente cementada al cristal portaobjetos. La ligadura debe ser una capa continua de bálsamo de Canadá no interrumpida por burbujas de aire (León Roldan, 2013).

El pulido mecánico de las esquirras montadas se ejecuta sobre discos pulidores de metal o sobre una superficie plana. Estos discos deben tener un diámetro mínimo de 30 cm y con una velocidad de rotación de 600 r.p.m. El cojinete de apoyo debe estar protegido contra el polvo abrasivo.

Cuando se utilizan sierras de precisión de diamante para el corte inicial de las esquirras, hasta 6 u 8 centésimas, pueden terminarse las esquirras a mano sobre un cristal plano con polvo abrasivo o, en última instancia con una lija de mano.

La lámina se continúa hasta obtener un espesor de 0.03mm, el cual debe controlarse durante esta última etapa por la observación microscópica de los colores de interferencia que dan algunos minerales conocidos que contenga la sección, cuando se le cubre con una película de agua.

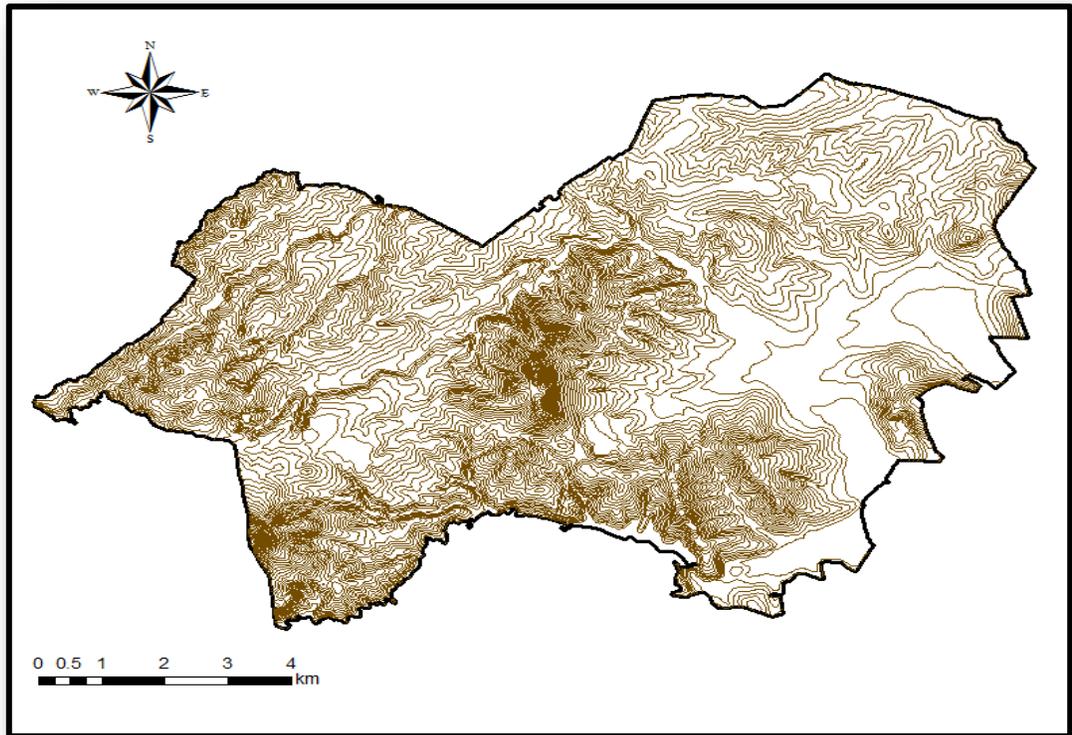
Cuando la sección ha sido pulida hasta su espesor adecuado, se lava para liberarla del polvo de la pulimentación y se seca. Entonces se unta con bálsamo fresco la superficie de la lámina, se calienta y cubre con un cristal portaobjetos. A continuación es enfriada la preparación y disuelto con xylol el exceso de bálsamo que rodea el borde del cubreobjetos. La sección delgada queda protegida y lista para su utilización.

ETAPA DE OFICINA O DE GABINETE.

En esta etapa se llevaron a cabo todas las actividades pertinentes para la elaboración de los mapas.

Mapas

Interpretación de la topografía: este mapa nos fue útil para observar de forma representativa las características naturales del área por medio de signos convencionales sobre una superficie plana, así como las medidas horizontales y las elevaciones respecto al nivel del mar. Este mapa fue generado en el programa ArcGis bajando las curvas de nivel de la página de internet del INEGI, generando así un mapa topográfico, como el que se muestra (mapa 4.1)



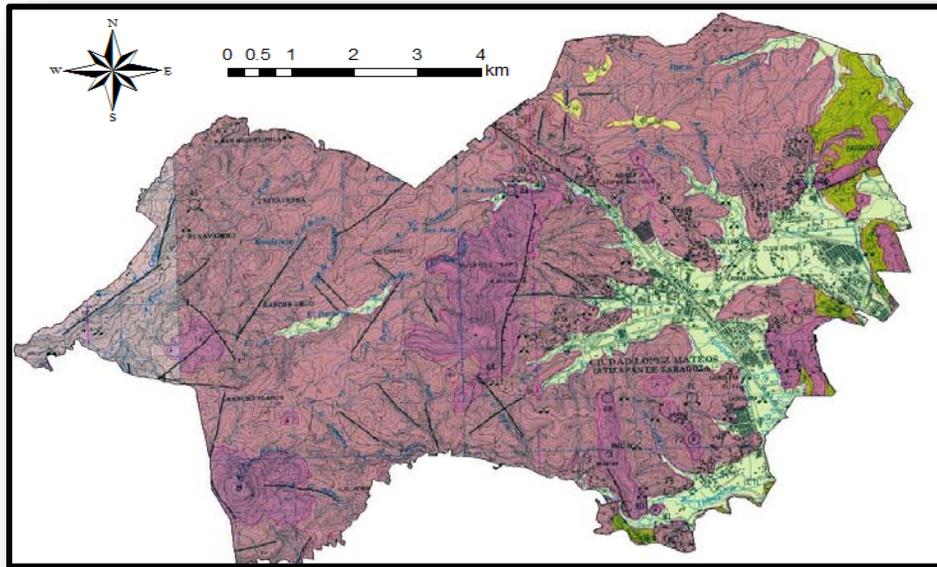
Mapa 4.1.- Mapa Topográfico del Municipio de Atizapán de Zaragoza

Generación de Mapas: El producto principal de este trabajo son dos mapas, uno que representa la geología del municipio y otro que muestra algunos riesgos geológicos; éstos se obtuvieron mediante la combinación o integración de diversos mapas, fueron generados en el programa ArcGis, a escala 1:50 000. Estos mapas son:

- Mapa Mosser: en base a las cartas 5a (Cuautitlan) y 2b (Villa del Carbón) que son parte del "Nuevo Mapa Geológico de las Cuencas de México, Toluca y Puebla" en escala 1: 100 000 (mapa 4.2).

Se obtuvo:

- Mapa INEGI (mapa 4.3):



Mapa 4.3.- Mapa Geológico del Municipio de Atizapán de Zaragoza extraído y compilado de la carta geológica Cuautitlán E-14-A-29 tercera impresión 2002

4.2 Comparativa de mapas

Recientemente el Servicio Geológico Mexicano (SGM) publicó un mapa en el cual aparece escasa información sobre el área que nos interesa.

También existen mapas geológicos publicados por el mismo municipio de Atizapán o en diversas páginas de internet, pero estos contienen generalmente información extraída de la mencionada en los tres mapas anteriores.

El mapa desarrollado en esta ocasión para este proyecto contiene algunas diferencias notorias en comparación con los mencionados.

No obstante la expansión urbana en prácticamente más del 60% del territorio de este municipio y el uso de suelo industrial donde se construyen grandes naves, los estudios geológicos son escasos o prácticamente nulos y los geotécnicos se podría decir desconocidos a no ser en algunos casos solamente por cumplir con alguna normatividad, algunos de mecánica de suelos como penetración estándar o en otros casos reconocimientos superficiales o en ocasiones estudios de geofísica contratados por empresas constructoras, cuyos resultados resultan confidenciales y no son expuestos a la

opinión pública; de tal manera que unificar y organizar la información de instituciones gubernamentales y de organizaciones privadas resulta sumamente complicado.

En el caso del municipio de Atizapán la información geológica con la que se cuenta esta principalmente basada en interpretación de fotografías aéreas como los mapas hechos por el INEGI, el Servicio Geológico Mexicano, el Instituto de Geografía del Estado de Mexico. Estos mapas no coinciden entre sí y en algunos la información es escasa.

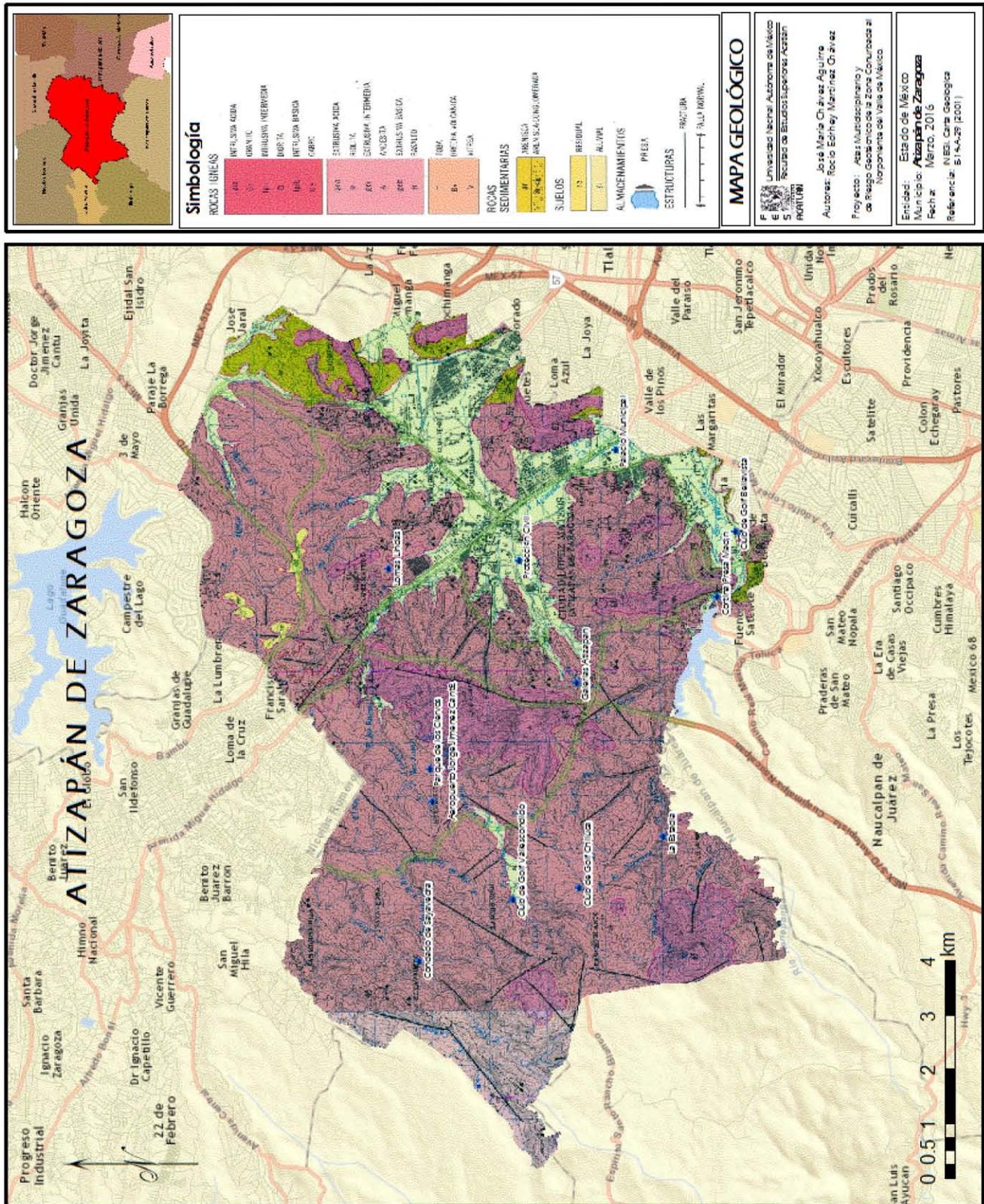
4.2.1 Mapa Geológico del Municipio de Atizapán de Zaragoza extraído y compilado de la carta geológica Cuautitlán E-14-A-29 tercera impresión:

Difiere en varios aspectos de la presentación que se hace en el “Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos.” Atizapán de Zaragoza, Mexico, 2009 donde se presenta la geología según INEGI 2005 con notorias diferencias en cuanto a la cartografía, tal vez debido a la intensa expansión urbana que ha ocultado en muchos casos los afloramientos de roca. Sin embargo, la correspondencia más cercana con la información recabada de campo para el trabajo cartográfico actual coincide más con la carta geológica mencionada en primer lugar, es decir la hoja Cuautitlán de 2001, en la cual se aprecian principalmente rocas ígneas extrusivas. La secuencia completa se puede observar en el Cerro de La Biznaga en cuya base muestra una brecha volcánica andesítica, la cual está cubierta por toba que podría correlacionarse con la descrita como la Formación Tarango; a esta secuencia de rocas piroclásticas le sobreyacen andesitas que generalmente coronan las cimas de los cerros (mapa 4.4).

4.2.2 Mapa Geológico del Municipio de Atizapán de Zaragoza extraído y compilado del “Nuevo Mapa Geológico de las Cuencas de México, Toluca y Puebla” de Mooser, 1996.

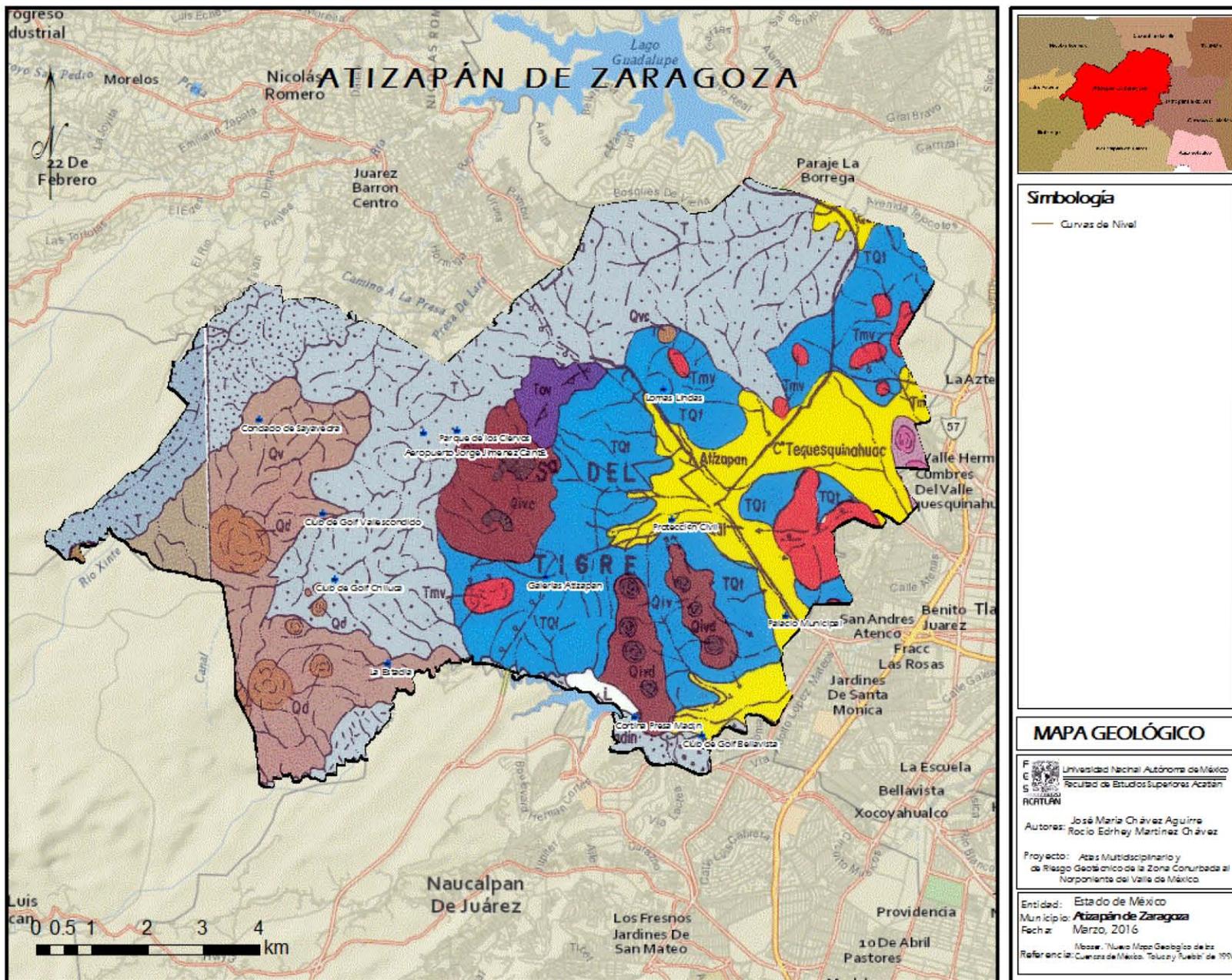
Por el contrario en lo que respecta a la cartografía presentada por Federico Mosser en 1996, se detalla un poco más la geología del municipio con mayor precisión en la verificación de campo y en la descripción litológica (mapa 4.5)

La litología está ampliamente descrita, diferenciada en prácticamente dos unidades, una representada por las rocas piroclásticas de la Formación Tarango y otra por “vulcanitas” o rocas volcánicas del Terciario alrededor del pueblo de Atizapán, que incluyen los cerros de La Biznaga y el de La Cruz cercanas a la presa Madin, en cuyo conjunto forman la Sierra del Tigre. Destacan en la descripción litológica de Mooser una serie de estructuras dómicas que en realidad existen, pues algunas de ellas fueron verificadas por nuestro equipo de trabajo como conductos por los cuales surge un pórfido andesítico que se describe en su momento en el mapa geológico de Atizapán, que se ubica en un costado de la cortina de la presa Madin. Es importante destacar que los colores con los que se expresan los tipos de roca en el mapa de F. Mooser que se tomó como base para el desarrollo del presente, no son los adecuados, de acuerdo al Código de la Nomenclatura Estratigráfica.



Mapa 4.4

"ANÁLISIS DE PELIGROS Y RIESGOS NATURALES EN EL MUNICIPIO DE ATIZAPÁN DE ZARAGOZA, ESTADO DE MÉXICO, PARTICIPACIÓN DE LA INGENIERÍA CIVIL EN SU DETECCIÓN Y REMEDIACIÓN"



Mapa 4.5

"ANÁLISIS DE PELIGROS Y RIESGOS NATURALES EN EL MUNICIPIO DE ATIZAPÁN DE ZARAGOZA, ESTADO DE MÉXICO, PARTICIPACIÓN DE LA INGENIERÍA CIVIL EN SU DETECCIÓN Y REMEDIACIÓN"

4.2.3 Mapa Geológico del Municipio de Atizapán de Zaragoza elaborado para este trabajo.

Con estas bases se procede a la descripción del mapa geológico que se presenta en este trabajo, para cuya elaboración se tomó en cuenta la información mencionada anteriormente y se hicieron varios recorridos de campo (mapa 4.6)

Las rocas más antiguas se encuentran al Este del municipio y están representadas por andesitas del Mioceno, mencionadas también por Vázquez y Jaimes (1989) aflorando en la Sierras de Tepozotlán y de las Cruces como andesitas de lamprobolita o de augita.

Aunque no se cuenta con dataciones geocronométricas, se supone que el vulcanismo más reciente, representativo del Plioceno, se manifiesta por rocas ígneas intrusivas y extrusivas en prácticamente todo el territorio del municipio, predominando las segundas, por ejemplo, cerca de la cortina de la Presa Madín, a unos 500 mts al Este de ella, se encuentra un afloramiento de forma dómica de Pórfido Andesítico, que aparece en buena parte hacia el Sur ya en el municipio de Naucalpan y que no había sido anteriormente mapeado. Por este cuerpo se observan las extravasaciones de las tobas y lavas posteriores de la Formación Tarango y demás conjuntos de rocas (comunicación personal Dr. J. Ma. Chávez).

Fue de esta Formación de donde se extrajeron los materiales para la construcción durante la expansión de la Ciudad de México, en las décadas de 1940 y 1950 aprovechando las características de las tobas puzolánicas. Además de las tobas se encuentran lahares, y algunos derrames de andesitas (Igei). Esta Formación prácticamente se extiende en el 80% del territorio del Municipio de Atizapán de Zaragoza, de ahí que fuera requerido para la explotación de materiales para la construcción.

Cubriendo a la Formación Tarango se tiene a la Andesita Brechada (Ab) que aflora en la mitad del territorio de Atizapán prácticamente en una línea Norte- Sur siguiendo los Cerros de "La Biznaga" (sic). Esta roca está compuesta de grandes cristales de plagioclasa sódica con fragmentos de andesita en una matriz de microlitos de plagioclasa también sódica.

Sobre la Andesita Brechada (Ab) se encuentran derrames de Andesita (Igei) en los Cerros de "La Biznaga", pero también aflora esta roca en los extremos Este y Oeste del Municipio de Atizapán, por ejemplo en el Cerro de "La Cruz" a un costado de la Presa Madin, se trata de una roca con un elevado contenido de cristales de plagioclasa sódica como minerales esenciales en una textura fluidal y con hornblenda como mineral accesorio.

Cubre a la Andesita (Igei) una Brecha Volcánica (Bv) que presenta un contenido marcado de fragmentos de roca de Andesita en una matriz de plagioclasa sódica y de máficos como la hornblenda. Sus afloramientos son notorios en la parte media al Norte del municipio, al Sur a un costado de la Presa Madin y al Oeste del Territorio de Atizapán.

Sobre esta secuencia de rocas se encuentran en ocasiones rocas sedimentarias al Este del municipio como areniscas y conglomerados o areniscas intercaladas con tobas mapeadas y reportadas por el INEGI.

Los suelos están representados por las partes altas residuales y por las partes bajas fluviales o aluviales.

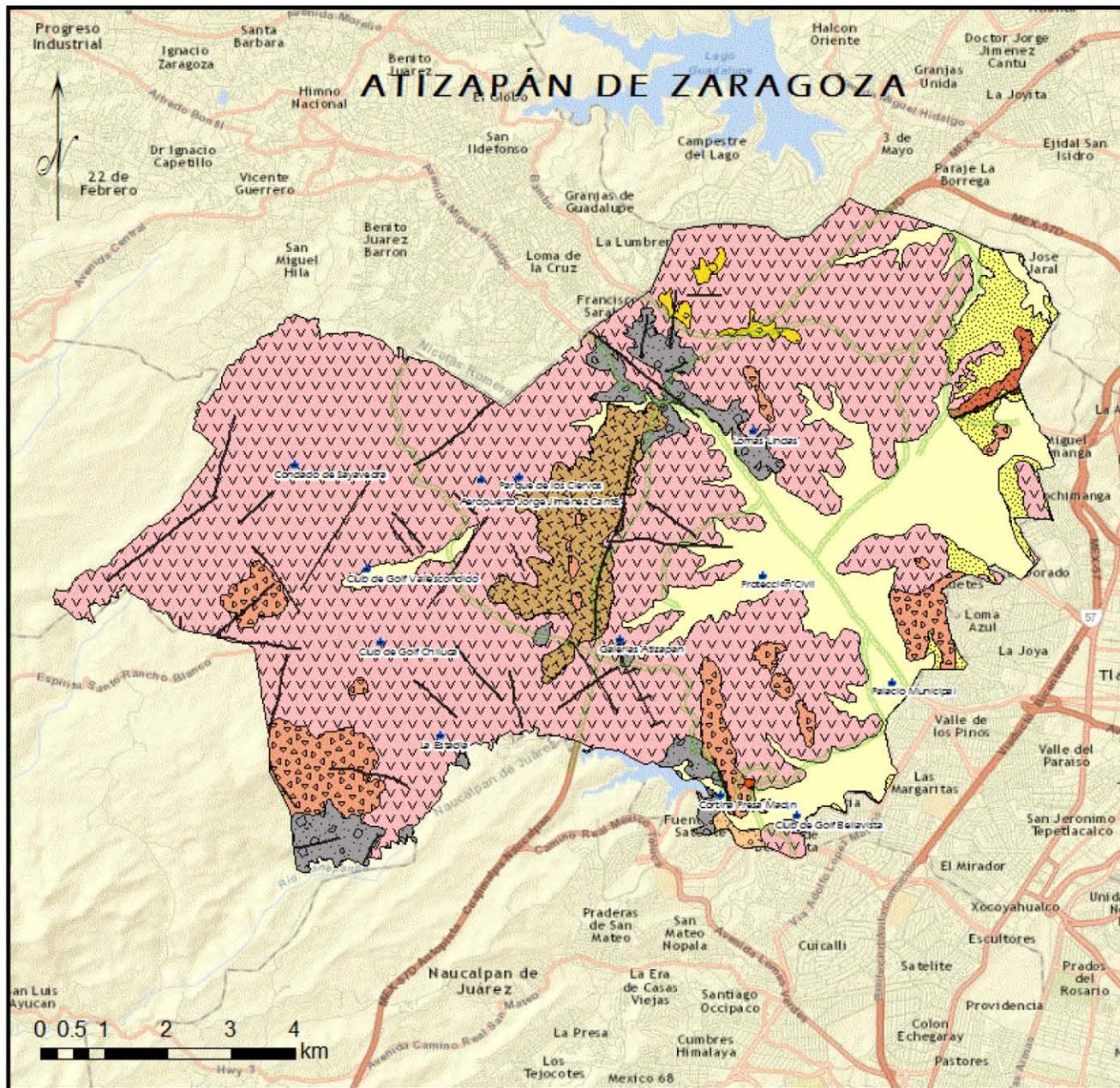
En lo que respecta a las estructuras geológicas, las fallas son de tipo normal y no son frecuentes, destaca la de la falda Este del cerro la Biznaga marcada por el INEGI con una longitud de aproximadamente 3 km con dirección N -S y buzamiento al E. Afecta a brechas volcánicas y andesitas y se encuentra paralela directamente a la autopista Chamapa- Lechería. Esta estructura se cruza al sur del territorio del municipio cerca de la Plaza Galerías Atizapán con otra falla normal cartografiada por nuestro equipo de trabajo, la cual se extiende hacia el embalse de la presa Madin.

Al límite Oeste del municipio en los últimos afloramientos de Andesita se encuentra una falla de tipo normal con una longitud aproximada de 1.5 km, con orientación NW-SE y que buza hacia el NE, que según la ubicación en el mapa del INEGI afecta a tobas de la Formación Tarango y a las andesitas.

Al límite noreste, cerca del cerro Barrientos se encuentra otra falla normal con longitud aproximada de 1 km con orientación NE – SW y buzamiento hacia el SE que afecta a andesitas y areniscas.

Hacia el Oeste del cerro de La Biznaga se encuentran varias fracturas, de las cuales una de ellas fue determinada como falla normal cerca del club de golf Valle Escondido y afecta a andesitas.

En el límite Este del municipio se marca una falla normal que afecta a las andesitas del Mioceno (Igei- Mioceno) (mapa 4.6).



Simbología

	al
	re
	ar-T
	ar-cg
	Bv
	Igei
	Ab
	T
	Igii
	Igei-M
	Falla
	Fracturas

Notas:

- al Suelos Aluviales
- re Suelos Residuales
- ar-T Arenas Tobaceas
- ar-cg Arenas Conglomerado
- Bv Brecha Volcanica
- Igei Ignea extrusiva intermedia (Andesita)
- Ab Andesita brechada
- T Formación Tarango (alban licos volcánicos, lahares, flujos piroclásticos, ignimbritas, tobas, pomex, depósitos fluviales)
- Igii Ignea intrusiva intermedia (Porfido andesítico cubierto por basalto y dacitas)
- Igei-M Ignea extrusiva intermedia del Mioceno

MAPA GEOLÓGICO

Elaborado por:
 Universidad Nacional Autónoma de México
 Instituto de Estudios Superiores Acatlán
 IESACATLAN

Autores:
 José María Chávez Aguirre
 Rocío Edrhey Martínez Chávez

Proyecto: Atlas Multidisciplinario y de Riesgo Geotécnico de la Zona Conurbada al Norponiente del Valle de México.

Entidad: Estado de México
 Municipio: **Atizapán de Zaragoza**
 Fecha: Marzo, 2016

"ANÁLISIS DE PELIGROS Y RIESGOS NATURALES EN EL MUNICIPIO DE ATIZAPÁN DE ZARAGOZA, ESTADO DE MÉXICO, PARTICIPACIÓN DE LA INGENIERÍA CIVIL EN SU DETECCIÓN Y REMEDIACIÓN"

Mapa 4.6

4.2.4 Mapa de Riesgos Geológicos del Municipio de Atizapán de Zaragoza elaborado para este trabajo.

El análisis del mapa de Riesgos Geológicos (mapa 4.7) desarrollado para este trabajo conduce a la ubicación principalmente de varias zonas minadas consideradas riesgo en el municipio de Atizapán. Actualmente existen en el territorio 68 excavaciones de este tipo, todas en la Formación Tarango que fueron hechas durante los años 1947-1957 para extraer materiales del tipo de la arena con el objetivo de alimentar la construcción de la Cd. de México en su expansión hacia el norponiente.

A partir de 1957 estas excavaciones fueron abandonadas porque el gobierno prohibió la excavación subterránea de sus materiales. Las obras mineras se abandonaron rápidamente sin dejar información o datos sobre su ubicación como mapas topográficos o cálculos de su volumen y/o profundidad, por lo que actualmente constituyen cavidades en el subsuelo que representan potenciales zonas de riesgo para las construcciones de cualquier tipo.

En el territorio de Atizapán curiosamente se encuentran ubicadas 68 zonas minadas precisamente en la zona Oeste del municipio, lo cual se observa claramente en el mapa, hecho que coincide con la urbanización tanto de carácter industrial como social. Estas minas están clasificadas en 3 tipos de riesgo:

- Alto (cuando el espesor de techo es menor o igual a 3m)
- Medio (cuando el espesor es mayor a 3m pero menor o igual a 7m)
- Bajo (cuando el espesor de techo es mayor a 7m)

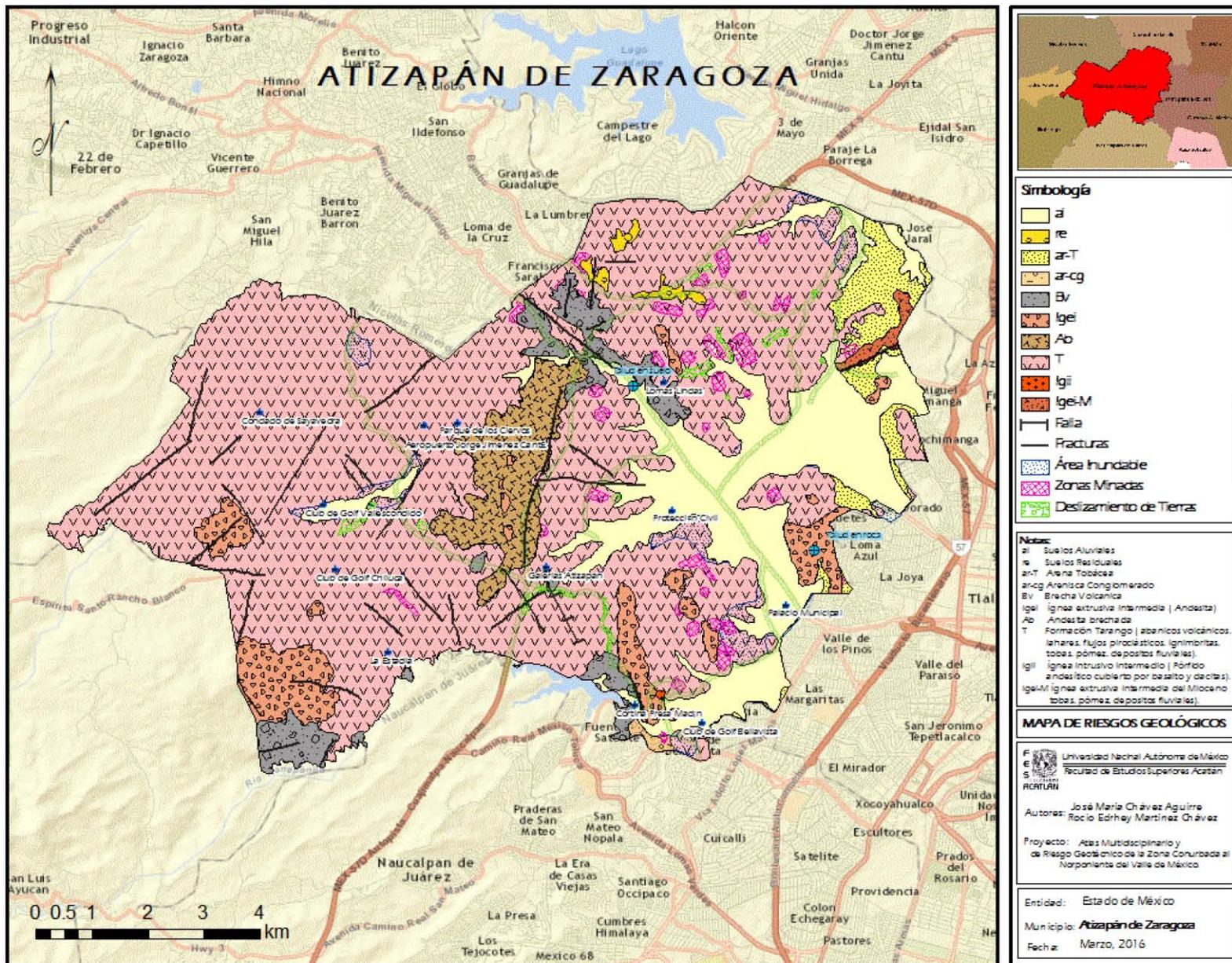
(Comunicación personal con Protección Civil del municipio de Atizapán, Arq. Juan Islas)

La extensión de estas excavaciones es variada, algunas alcanzan decenas o centenas de metros y otras hasta varios kilómetros.

Su forma de rehabilitación incluye varios métodos, los cuales han sido utilizados en su mayoría en otros lugares del Valle de México, afectado en algunas áreas por el mismo problema como son: malla ciclónica, concreto lanzado, relleno con costales de arena, muros de mampostería, losas de concreto, pilote de conotubo, rellenos de concreto, de suelo-cemento, cemento con bentonita, bloques de piedra compactados con cemento, cascajo, entre otros, la mayoría de alto costo.

En el caso del municipio de Atizapán se han utilizado otros métodos que compiten con eficiencia y muy bajo costo en comparación con los ya mencionados.

La descripción y ubicación de las demás zonas o sitios de riesgo geológico mostrados en el mapa se detallan en el capítulo 3 (anterior).



Mapa 4.7

Capítulo V

Conclusiones

Capítulo V

Conclusiones

El resultado de este trabajo es la elaboración de un mapa Geológico y otro de Riesgos Geológicos del municipio de Atizapán que contienen datos que no habían sido publicados con anterioridad, para cuyo desarrollo se llevó a cabo una intensa investigación bibliográfica y revisión de la documentación, así como de mapas relacionados existentes, los cuales contienen información demasiado general o confidencial. Sin embargo, se logró reunir ésta para plasmarla en mapas. Todo fue verificado en campo con detalle gracias en gran parte al apoyo de las autoridades de Protección Civil del municipio de Atizapán.

Del análisis de estos mapas se desprenden las siguientes conclusiones:

- Las tobas de la Formación Tarango fueron motivo de explotación indiscriminada durante varios años, ya que por su apariencia y disposición de arena, formaron parte de los materiales de construcción de la Ciudad de México durante su expansión hacia el norponiente de la Cuenca. Esta explotación subterránea sin control dejó gran cantidad de extensas cavidades ocultas, que actualmente constituyen un riesgo para las construcciones, pues su falta de ubicación provoca que se descubran demasiado tarde, cuando las edificaciones sufren fracturamientos en sus muros, hundimientos, basculamientos e incluso colapsos.

La relación con la respuesta a las ondas sísmicas en estas zonas es clara: el suelo está debilitado por las cavidades y es más susceptible a derrumbes en caso de sismo.

- Por otra parte, en lo que respecta a estructuras geológicas, en el territorio de Atizapán las secuencias de rocas descritas están afectadas por fracturamiento y fallamiento que se muestra tanto en el mapa Geológico como en el de Riesgos Geológicos (mapas 4.6 y 4.7) sin una dirección preferencial marcada, aunque las más importantes fracturas y fallas se observan en la mitad Oeste del territorio pero esto es debido por una parte a la urbanización de la mitad Este y a la presencia de suelo.

En los mapas elaborados para este trabajo se ubican con precisión los lugares que poseen información geológica y geotécnica, es decir, se identificaron puntos de afloramientos visitados durante las jornadas de campo, de zonas minadas, y de ocurrencia de siniestros geotécnicos; identificados con los nombres o códigos representativos. Además de las zonas más vulnerables.

- Se considera que la falla localizada en la falda Este del Cerro de La Biznaga, es importante debido a que presenta un salto de más de 6 mts en el sitio de la Plaza Galerías de Atizapán y también presenta desplazamientos importantes en la autopista Chamapa- Lechería, a un costado de esta plaza comercial. No se sabe si esta falla es activa, por lo que es

recomendable monitorearla, para ello existen diversos métodos; bien se pudiera colocar un acelerómetro y así verificar si existe movimiento alguno.

- En cuanto a otro tipo de estructuras, el INEGI solamente ubica un volcán al sur- oeste del municipio, sin embargo, habría que considerar las estructuras dómicas marcadas por Mooser (1996) en el cerro de La Cruz a un costado de la presa Madin y el pórfido andesítico mencionado en este trabajo cerca de la cortina de la misma presa por el cual se proyectan las tobas de la Formación Tarango.
- La información recopilada en el presente trabajo, plasmada en los mapas 4.6 y 4.7, es de gran ayuda para una orientación preventiva, como la determinación de los peligros naturales de tipo geológico en diferentes zonas del territorio y da forma a criterios adecuados al momento de realizar alguna nueva edificación.
- Es recomendable que las instituciones que trabajan en el municipio, relacionadas con prevención y mitigación de los riesgos a los que está expuesta la población, hagan mención de las condiciones geográficas, geológicas y geotécnicas en las que se encuentra Atizapán. Para ello en este trabajo se ha recabado información ilustrada con propuestas cartográficas y mapeo que no se habían realizado en este lugar.
- Se hicieron análisis de las zonas de riesgos más importantes en el municipio, con énfasis en las zonas minadas y en los deslizamientos de taludes.
- En este trabajo se desarrollan propuestas de prevención y remediación en estas zonas de riesgo, temas en el que el ingeniero civil juega un papel muy importante.
- En vista del acelerado incremento de la población es necesario obtener información geológica y geotécnica actualizada y unificada, para la planificación y desarrollo de obras que tengan gran impacto en la población, como lo es la ampliación de los servicios de transporte público urbano subterráneo y vías alternas superficiales, además de la construcción de complejos urbanísticos, entre otros; para elevar la calidad de vida de los habitantes del municipio Atizapán de Zaragoza.

Referencias

Bibliografía

- Ayuntamiento de Atizapán de Zaragoza (2015) **Atlas de Riesgos Municipal 2015**
- Ayuntamiento de Atizapán de Zaragoza (2006) **Plan de desarrollo Urbano de Atizapán de Zaragoza 2006**
- Ayuntamiento de Atizapán de Zaragoza (2008) **Plan de Desarrollo Municipal Atizapán de Zaragoza 2008**
- Ayuntamiento de Atizapán de Zaragoza (2009) **Plan de Desarrollo Municipal Atizapán de Zaragoza 2009- 2012**
- Ayuntamiento de Atizapán de Zaragoza (2009) **Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos**, Clave geoestadística 1501-3, 2009
- Ayuntamiento de Atizapán de Zaragoza (2013) **Plan de Desarrollo Municipal Atizapán de Zaragoza 2013- 2015**
- CENAPRED, Sistema Nacional de Protección Civil. (2006) **Serie: Atlas Nacional de Riesgos. Guía Básica para la elaboración de Atlas Estatales y Municipales de Peligros y Riesgos: Conceptos Básicos sobre Peligros, Riesgos y su representación Geográfica**, 1° Edición, México, 2006
- CENAPRED, Sistema Nacional de Protección Civil. (2006) **Serie: Atlas Nacional de Riesgos. Guía Básica para la elaboración de Atlas Estatales y Municipales de Peligros y Riesgos: Fenómenos Geológicos**, 1° Edición, México, 2006.
- Consejo de Recursos Minerales, SEDESOL, Programa Hábitat. (2004) **Guía Metodológica para la elaboración de Atlas de Peligros Naturales a Nivel de Ciudad: Identificación y Zonificación**. México, 2004.
- Chávez Aguirre, J. Ma. (2006) **Geotecnia**, CFE, México, 2006.
- Chávez Aguirre, J. Ma. (2008) **Atlas Multidisciplinario y de Riesgo Geotécnico de la Zona Conurbada al Norponiente del Valle de México**, Academia de Ingeniería, México, 2008.

- Chávez Aguirre, J. Ma. y Ortiz Herмосillo R. E., (2010) **Estudio preliminar sobre la caracterización de morteros para la inyección de minas**, FES Acatlán, UNAM Revista Multidisciplina núm. 6, 2010, pp 87-102.
- Díaz- Rodríguez, J.A. (2006) **Los Suelos Lacustres de la Ciudad de México**. Revista Internacional de Desastres Naturales, Accidentes e Infraestructura Civil. Vol. 6 (2) 111.
- INEGI (1976). **Carta Geológica Cuautitlán escala 1:50 000 clave E- 14- A- 29**
- González de Vallejo, L. (2002) **Ingeniería Geológica**, Edit. Pearson, Madrid, 2002.
- León Roldan, A. (2013) **Análisis de Riesgo Geotécnico en el Área de la Presa Madín, Municipio de Atizapán de Zaragoza, Estado de México**. Tesis Profesional Ingeniería Civil FES Acatlán, UNAM. 2013.
- Mooser, F; Montiel, A; Zúñiga, Á. (1996) **Nuevo mapa Geológico de las Cuencas de México, Toluca y Puebla**, CFE, México, 1996.
- Morales y Monroy R., (1984), **Problemática del uso del suelo en el Valle de México**. Foro sobre Reordenación Urbana del D. F. Colegio de Ingenieros Civiles de México. Asociación Mexicana de Ingeniería Urbana. México.
- Piedad Franco, María. et. al. (2000). **Enseñanza de la Petrología con el microscopio petrográfico**, Universidad de Salamanca, España, 2000.
- Puig, J. (1990) **Geología Aplicada a la Ingeniería Civil y Fotointerpretación**,
- Salcedo, D. (1983). **Macizos Rocosos: Caracterización, resistencia al corte y mecanismos de rotura**. Trabajo presentado en la conferencia del 25 aniversario de la SVMSH. Caracas.
- Soriano, C. E. (2015). **Análisis Geotécnico del Talud en Roca del Fraccionamiento Rincón de la Montaña, Atizapán, Edo. de Méx.** Examen por el diploma de Especialización en Geotecnia del Programa de posgrado de la FES Acatlán, UNAM 2015.
- Tarbuck, E. J.; Lutgens, F. K., y Tas, D. (2005) **Ciencias de la Tierra, una Introducción a la Geología Física**. Pearson Educación S.A., Madrid, 2005.

- Vázquez, E. y Jaimes, R. (1989). **Geología de la Cuenca de México**". Simposio sobre **Tópicos Geológicos de la Cuenca del Valle de México**. 25 de julio de 1989. Editado por la Sociedad Mexicana de Mecánica de Suelos, A.C. México, D. F. 1990.
- Vera Noguez, R., Miranda Navarro, S. y Ramírez de Alba, H. (2007). **Propuesta del título de Seguridad Estructural para el Reglamento General de Construcciones del Estado de México y Municipios**. XVI Congreso de la Sociedad Mexicana de Ingeniería Sísmica. Ixtapa, Guerrero, 2007
- Zetina, C., J. L. (2014), **Propuesta de Microzonificación Sísmica del Municipio de Naucalpan**. Tesis Profesional Ingeniería Civil FES Acatlán, UNAM. 2014.

DIRECCIONES ELECTRÓNICAS

- [http://es.wikipedia.org/wiki/Prevención_\(fenómenos_naturales_extremos\)](http://es.wikipedia.org/wiki/Prevención_(fenómenos_naturales_extremos))
- <http://www.buenastareas.com/ensayos/Estructuras-Geologicas/332331.html>
- <http://www.atizapan.gob.mx/site/index.php/municipio>
- <http://www.atizapan.gob.mx>
- <http://sinat.semarnat.gob.mx/dgiraDocs/documentos/mex/estudios/2004/15EM2004VD016.pdf>
- <http://www.ai.org.mx/ai/archivos/coloquios/5/Atlas%20Multidisciplinario%20y%20de%20Riesgo%20Geotecnico%20de%20la%20Zona%20Conurbada.pdf>
- <http://es.wikipedia.org/wiki/Falla>
- http://seduv.edomexico.gob.mx/planes_municipales/atizapan_zaragoza/PMDU%20AZ%20uv%20_jun%2006_%20vColonos.pdf

Anexos

Anexo 1. Muestras de roca colectadas en campo.

CERRO DE LA BIZNAGA							
MUESTRA	UBICACIÓN		DESCRIPCION DE LA MUESTRA		NOTAS Y OBSERVACIONES	CONCLUSIONES	
			CAMPO	MICROSCOPIO POLARIZANTE		CAMPO	MICROSCOPIO
16	19.45230	-99.28033	Roca color rosa grisáceo con textura porfídica en partes y fluidal en otras. Cristales de plagioclasas sumamente alterados dejando en ocasiones solamente sus cajas (box works). Cristales de ferro magnesianos sumamente alterados por óxidos de fierro o remplazados por este. metales como magnetita y pirita y abundantes óxidos de sílice en bandas	-	Falda sur del cerro de la biznaga. Mezcla de intercalación de brecha volcánica y andesita	Brecha andesítica	Andesita Porfídica de hornblenda
17'	19.55530	-99.28520	Roca de color rosa grisáceo, textura porfiada con fenocristales de plagioclasas muy alteradas y de ferromagnesianos invadidos por óxidos de fierro. El color rosa se debe a que la roca fue afectada por una gran cantidad de óxidos de fierro.	Andesita porfiada e intensamente alterada por óxidos de fierro. Fenocristales de plagioclasa sódica sumamente alterados a sencita y maficos, como anfíboles de hornblenda, también invadidos por los óxidos de fierro, alterando su estructura.	Cause de un arroyo intermitente en la cima del parque de los ciervos en el cerro de la biznaga.		
18	19.55725	-99.28476	Roca sumamente alterada por óxidos de fierro compuesta por cristales de plagioclasas y de maficos (ferromagnesianos), probablemente con hornblenda. Sumamente alterados por óxidos de fierro. El conjunto en una textura porfídica, es decir, fenocristales de los minerales descritos en una matriz afanítica intensamente oxidada y alterada por fierro.	Existencia de fenocristales de plagioclasa sódica en una matriz de microlitos también de plagioclasa. Los fenocristales están sondeados. Se encuentran minerales accesorios entre los cuales predominan los anfíboles hornblenda	Cerro de la biznaga (andesita, afloramiento)	Andesita hematizada	Andesita porfídica de hornblenda
19	19.55874	-99.28259	Similar a la muestra N° 18 con cristales bien definidos de plagioclasa y de ferromagnesianos pero esta vez alineados u orientados en la dirección del flujo. La textura es fluidal	Existencia de fenocristales rodeados por gran cantidad de microlitos de plagioclasa y hornblenda con una dirección de flujo muy marcada, con lo cual se confirma como lava.	Brecha andesítica, en el afloramiento del cerro de la biznaga	Andesita hematizada	Andesita Porfídica sumamente alterada por óxidos de fierro

20	19.55848	-99.28130	Muestra color gris. Roca compuesta por cristales de plagioclasa y de maficos (ferromagnesianos) bien conservados. Sin al intensa oxidación de hierro de las muestras anteriores. Textura ligeramente porfídica en una matriz afanítica con leve orientación que manifiesta flujo.	Existencia de cristales fragmentados de plagioclasa y de maficos como al hornblenda en una matriz de microlitos también de plagioclasa y maficos. Así mismo se observa brechamiento intenso.	Andesita intensamente fracturada similar a la de "Rincón de la montaña"	Andesita Brechada
----	----------	-----------	---	--	---	-------------------

Fotografías muestras



Fig. 5.1 .- Fotos de la Muestra 16



Fig. 5.1 .- Fotos de la Muestra 17



Fig. 5.3.- Fotos de la Muestra 18

Anexo 2. Fotomicrografías de las muestras seleccionadas para realizar las laminillas delgadas y observadas al microscopio:

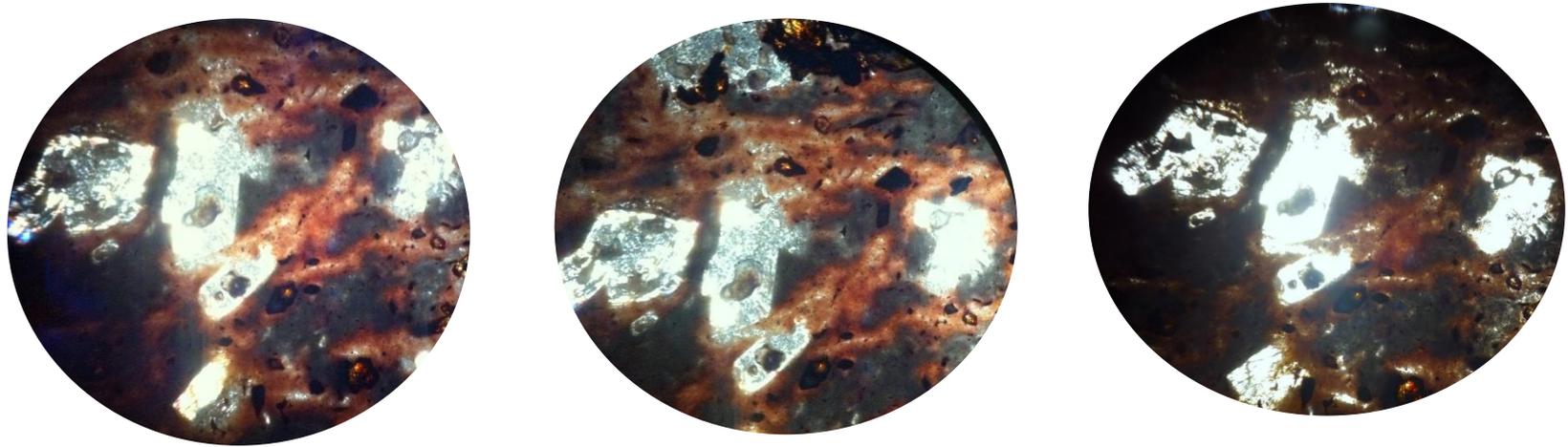


Fig. 5.1 .- Fotos de la Muestra 17

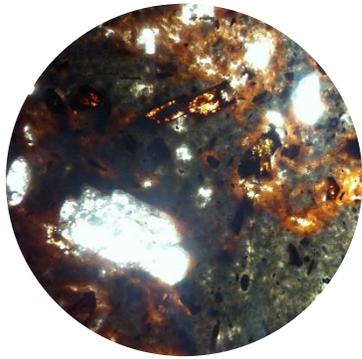


Fig. 5.2 .- Fotos de la Muestra 18

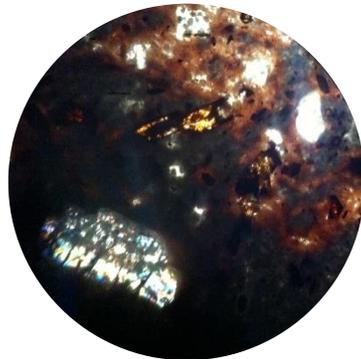


Fig. 5.3 .- Fotos de la Muestra 19

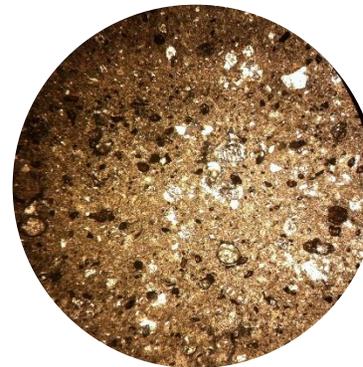
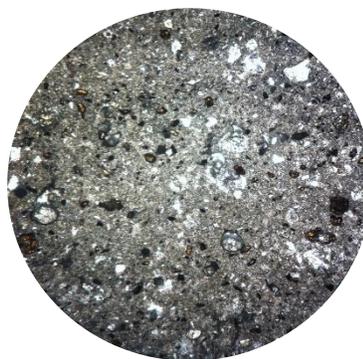


Fig. 5.4 .- Fotos de la Muestra 20