

SISTEMA DE BIBLIOTECAS  
Instituto de Investigación de Zonas  
Desérticas, UASLP

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE SAN LUIS POTOSI

---

ESCUELA DE INGENIERIA



Exploración Geológico - Minera del Poniente  
de la Veta Maravillas del Distrito  
Pachuca - Real del Monte, Hgo.

T E S I S   P R O F E S I O N A L

Q U E   P A R A   O B T E N E R  
E L   T I T U L O   D E  
I N G E N I E R O   G E O L O G O  
P R E S E N T A  
R A F A E L   E .   R O D R I G U E Z   R O D R I G U E Z

EX. 115019



SISTEMA DE  
BIBLIOTECA  
U.A.S. P. 1121  
Nº DE REG. 737

TL  
16  
RGFS  
1972



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SAN PABLO DE LOS RÍOS  
 ESCUELA DE INGENIERÍA  
 SAN PABLO DE LOS RÍOS, T. L. X. G. MÉXICO

Noviembre 10, 1973

Al Pasante Sr. Rafael Evodio Rodríguez Rodríguez  
 P r e s e n t e.

En atención a su solicitud relativa me es grato indicar a usted que el H. Consejo Técnico Consultivo de la Escuela de Ingeniería ha designado como Asesor del Trabajo Recepcional que deberá desarrollar en su Examen Profesional de Ingeniero Geólogo, al Sr. Ing. Luis García Gutiérrez. - Así como el Tema propuesto para el mismo es:

EXPLORACION GEOLOGICO-MINERA DEL PONIENTE DE LA VETA MARA VILLAS, DEL DISTRITO PACHUCA-REAL DEL MONTE, HGO."

T E M A R I O:

- I.- RESUMEN
- II.- GENERALIDADES
- III.- GEOGRAFIA
- IV.- GEOLOGIA
- V.- YACIMIENTOS MINERALES
- VI.- EXPLORACION Y EXPLOTACION
- VII.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES
- BIBLIOGRAFIA

Ruego a usted tomar debida nota de que en cumplimiento con lo especificado por la Ley de Profesionales, debe prestar - Servicio Social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito indispensable para sustentar su Examen Profesional.

A t e n t a m e n t e.

"MODOS ET CUNCTARUM RERUM MENSURAS AUDABO".

EL DIRECTOR DE LA ESCUELA

ING. *MAYRA* CARLOS SILVA.

CON AMOR Y CARIÑO A MIS PADRES:  
EZEQUIEL RODRIGUEZ CHAVEZ  
MA. GUADALUPE RODRIGUEZ DE RODRIGUEZ  
POR SUS SABIOS CONSEJOS PARA QUE  
LOGRARA LLEGAR A LA META.

A MIS HERMANOS:  
VIRGINIA  
EZEQUIEL  
SILVIA  
MARTHA PATRICIA

A MIS MAESTROS Y  
AMIGOS.

1979

"EXPLORACION GEOLOGICO-MINERA DEL PONIENTE DE LA  
VETA MARAVILLAS  
DEL DISTRITO PACHUCA-REAL DEL MONTE, HGO."

C O N T E N I D O

I.- RESUMEN	1
II.- GENERALIDADES	4
II.A.- INTRODUCCION	4
II.B.- OBJETIVO DEL TRABAJO	4
II.C.- METODO DE TRABAJO	5
II.D.- ESTUDIOS PREVIOS	7
II.E.- SITUACION LEGAL	8
II.F.- RECONOCIMIENTOS	9
III.- GEOGRAFIA	10
III.A.- LOCALIZACION Y EXTENSION DEL AREA	10
III.B.- ACCESO Y VIAS DE COMUNICACION	10
III.C.- FISIOGRAFIA	11
III.C.a.- OROGRAFIA	12
III.C.b.- HIDROGRAFIA	13
III.D.- CLIMA Y VEGETACION	14
III.E.- CULTURA Y ECONOMIA	14
IV.- GEOLOGIA	17
IV.A.- GEOLOGIA REGIONAL	17
IV.A.a.- ESTRATIGRAFIA	17
IV.A.b.- TECTONICA	34
IV.A.c.- HISTORIA GEOLOGICA	38

IV.B.- GEOLOGIA LOCAL	41
IV.B.a.- ESTRATIGRAFIA Y PETROGRAFIA	41
IV.B.b.- ESTRUCTURAS	47
V.- YACIMIENTOS MINERALES	50
V.A.- HISTORIA MINERA DEL DISTRITO	50
V.B.- MINERALOGIA	52
V.C.- FORMA DEL CUERPO	53
V.D.- ROCA ENCAJONANTE Y GANGA	54
V.E.- PARAGENESIS	55
V.F.- ALTERACION	56
V.F.a.- ALTERACION DE LAS ROCAS DE LOS RESPALDOS	56
V.F.b.- ALTERACION DE LOS CUERPOS DE MINERAL	57
V.G.- GENESIS DEL YACIMIENTO	57
VI.- EXPLORACION Y EXPLOTACION	59
VI.A.- PROGRAMA DE OBRAS MINERAS	63
VI.B.- PROGRAMA DE BARRENACION DE DIAMANTE	63
VI.C.- CALCULOS DE RESERVAS	63
VI.D.- PREPARACION Y EXPLOTACION	65
VII.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	70
VII.A.- CONCLUSIONES	70
VII.B.- RECOMENDACIONES	72

## I L U S T R A C I O N E S

	ENTRE PAGINAS
Lámina No. III-1.- Localización del área de estudio.	10 - 11
Lámina No. III-2.- Provincias fisiográficas	11 - 12
Lámina No. IV-1.- Columna estratigráfica	17 - 18
Lámina No. IV-2.- Historia geológica	38 - 39
Lámina No. V-1.- Paragénesis de la Veta Maravillas	55 - 56
Lámina No. VI-1.- Reservas y recursos minerales	63 - 64
Lámina No. VI-2.- Diagrama isométrico de secciones verticales	Al final
Lámina No. VI-3.- Sección longitudinal de la Veta Maravillas	Al final
Plano No. 1.- Geología superficial de la unidad San Juan Pachuca	Al final
Plano No. 2.- Geología del subsuelo de la unidad San Juan Pachuca	Al final
Plano No. 3.- Geología del nivel 170 de la mina San Juan Pachuca	Al final
Plano No. 4.- Geología del nivel 370 de la mina San Juan Pachuca	Al final

## I.- RESUMEN

El distrito de Pachuca-Real del Monte está situado en la parte centro-meridional del estado de Hidalgo, o sea en la parte centro-oriental de México, a unos 93 km al nor-noreste de la capital de la República. Ocupa el borde septentrional de la provincia fisiográfica denominada por Raisz (1959) como Altiplanicie Neovolcánica, o por Williams (1950) como Zona Neovolcánica; precisamente es el lugar en donde esta faja de volcanismo-máfico del Plioceno y Pleistoceno cubre las rocas mesozoicas plegadas de la Sierra Madre Oriental, cuya orientación es al nor-noreste.

Desde que se inició la explotación minera hacia principios del siglo 16, el distrito ha producido más de 38 millones de kilogramos (1,181,932,359.87 de onzas troyanas) de plata fina y más de 192 mil kilogramos (5,971,868.76 millones de onzas troyanas) de oro fino, que representa el 6% de la producción mundial en dicho intervalo.

Las rocas del distrito consisten en productos volcánicos interestratificados y ligeramente inclinados, cuya edad varía probablemente desde el Oligoceno Temprano hasta el Plioceno Tardío, que descansan discordantemente encima de formaciones marinas mesozoicas intensamente plegadas y profundamente erosionadas y cuya dirección estructural es hacia el nor-noreste. La sucesión volcánica terciaria está dividida en 10 formaciones, que comenzando con la más antigua se denominan: Formaciones -- Santiago, Corteza, Pachuca, Real del Monte, Santa Gertrudis, -- Vizcaína, Cerezo, Tezuantla, Zumate y San Cristóbal. La división entre una unidad litológica y otra está marcada en las -- más antiguas por una discordancia erosional y en las más re---

cientes por una discordancia angular. El espesor original -- máximo de la sucesión volcánica en cualquier lugar determinado probablemente fué de unos 2,600 m.

Las rocas terciarias han sido deformadas por movimientos de -- báscula de amplitud variable entre ligera y grande, acompaña-- dos por el desarrollo de numerosas fallas con buzamientos muy-- inclinados, principalmente del tipo normal, que en su mayoría-- tienen rumbos que varían desde el noreste al este-oeste. El - movimiento de báscula comenzó hacia el final del Mioceno y fué seguido por la intrusión de numerosos diques con orientación - hacia el poniente, entre el final del tiempo Vizcaína y el -- tiempo Tezuantla, o sea durante el Mioceno Tardío y el Plioceno Temprano. El emplazamiento de diques fué seguido por falla mientos amplios con sato vertical hasta de 480 m y desplaza--- mientos horizontales de hasta 50 m, y con movimientos de báscu la con buzamientos locales hasta de 400.

Una alteración intensa consistente en la propilitización, albi tización y carbonatización, parece que ha afectado particularmente a las rocas adyacentes a las primeras fallas formadas y en grado menor a las de las fallas posteriores. Los primeros minerales de veta que se formaron fueron principalmente el --- cuarzo y la piritita, con abundancia local de calcita y con cantidades menores de albita y clorita. En algunos lugares estos minerales sustituyeron parcialmente a las rocas de los respaldos de las vetas. En algunos lugares fueron acompañados en el depósito por minerales posteriores como por pequeñas cantida-- des de esfalerita, galena y calcopiritita. La mineralización ar gentífera en gran parte siguió a los sulfuros de metales básicos, pero en ciertos lugares fué simultánea con los sulfuros -

más tardíos y con la última parte del cuarzo y de la calcita.

Los minerales argentíferos principales son: argentita, estefanita y polibasita. Aunque algunos de los minerales argentíferos parcialmente sustituyeron los primeros minerales de veta, gran parte de la plata se presenta en forma de costras delgadas de sulfuros y minerales de ganga, que llenan aberturas a lo largo de las vetas y fracturas. La oxidación y lixiviación supergénicas han tenido poco o ningún efecto en la mayoría de los cuerpos de mineralización profundos, pero han alterado algunos de los cuerpos de minerales más altos. En donde se presenta la alteración supergénica, se han oxidado principalmente los minerales que contienen fierro y manganeso.

Siguiendo la clasificación de Lindgren (1933), los yacimientos argentíferos del distrito de Pachuca-Real del Monte se consideran como depósitos hidrotermales del tipo epitermal, formados por aguas calientes ascendentes, relacionados con la actividad ígnea, introducidos en fisuras preexistentes y depositados por proceso físico químicos. De acuerdo con Bateman (1950), se consideran como vetas de fisura, que se formaron por relleno de cavidades por medio de procesos hidrotermales, o sea rellenos hidrotermales de fisura del tipo epitermal.

## II.- GENERALIDADES

### II.A.- INTRODUCCION

Debido a la gran importancia que representa el distrito de Pachuca-Real del Monte en la producción de plata en el mercado nacional, es necesario hacer programas de exploración a corto y largo plazos para tener reservas para ser explotadas tanto de inmediato como en el futuro mínimo de dos años; de tal manera, que sea una exploración sistemática, para que a su vez la explotación del mineral económico sea racional.

El objeto de contar con reservas suficientes para que en determinado momento la producción no sufra caídas tan bruscas, es con el fin de que, como la exploración puede sufrir contratiempos debidos a aspectos tanto económicos como técnicos, no se retrasen los objetivos antes mencionados.

El trabajo presente describe brevemente tanto la geología del distrito minero como la local del área de estudio, los yacimientos minerales y los métodos de explotación de las vetas.

### II.B.- OBJETIVO DEL TRABAJO.

Debido a que el distrito minero sólo ha tenido exploración y explotación intensas y sistemáticas desde principios del siglo 20, se ha llegado a tener la necesidad de desarrollar programas de exploración y explotación a mediano y largo plazos para incrementar esas actividades racionalmente.

El Consejo de Recursos Minerales, por medio de su Departamento de Consultas del Ejecutivo, está encauzado en su proyecto de Pachuca, precisamente para llevar a cabo un programa de explo-

ración a mediano y largo plazos para incrementar las reservas de mineral del distrito que puedan ser explotadas en forma racional. Se enfoca principalmente a donde, debido a los trabajos de exploraciones superficiales, se ha logrado determinar áreas que presentan interés geológico y litológico, para continuar su exploración en el subsuelo y estudiar el comportamiento de las estructuras a la profundidad y determinar si presentan interés económico para ser explotadas en zonas determinadas.

El objetivo de la exploración de la Veta Maravillas radica en que la misma no presente exploración hacia el poniente, ni a profundidades mayores de 170 m con respecto a la mina de San Juan Pachuca. También consiste en determinar un horizonte favorable para la explotación del mineral con interés económico y ubicar reservas de mineral para el futuro no mayor de dos años.

#### II.C.- METODO DE TRABAJO

El método de trabajo se desarrolló de acuerdo con las siguientes cinco etapas.

##### II.C.a-RECOPIACION DE INFORMACION

Consistió principalmente en consultar todo tipo de información que se encontrara a la mano sobre el distrito de Pachuca-Real del Monte, tanto informes de geología, mineralogía, petrografía, litología y estructuras, como de planos topográficos y geológicos, de secciones verticales, tanto longitudinales como transversales, de las vetas.

## II.C.b-TRABAJOS DE CAMPO.

Se dividieron en dos etapas:

### 1.- LEVANTAMIENTOS TOPOGRAFICOS.

Es el levantamiento topográfico llevado a cabo en todo tipo de obras mineras realizadas en la unidad San Juan Pachuca. Trabajo realizado por el Departamento de Medidas de dicha unidad, vaciando sus datos en planos y secciones verticales en escala de 1:500.

### 2.- LEVANTAMIENTO GEOLOGICO.

Consistieron en dos tipos de levantamientos: el primero es el geológico superficial, que tuvo como finalidad la comprobación de la continuidad de las estructuras y el comportamiento de las mismas, teniendo como base planos topográficos superficiales en escala de 1:5000.

El segundo fué el levantamiento geológico del subsuelo en detalle, para confirmar el comportamiento tanto estructural como mineralógico y petrográfico de las estructuras observadas en la superficie. Se trabajó en planos en escala 1:500 y, si era necesario más detalle, en escala 1:200.

## II.C.c- MUESTREO

Llevado a cabo en forma sistemática en todas las obras mineras o sea en las frentes, rebajes y cielos de las vetas y, cuando la obra es un crucero, se muestrea solamente el lugar en donde se identifica la veta o hilo. Consiste en sacar muestras de canal a intervalos de dos

metros una de otra, de tal manera que sean sacadas perpendicularmente a la veta.

#### II.C.d- TRABAJOS DE LABORATORIO.

Principalmente se hacen ensayos químicos cualitativos de las muestras obtenidas, tanto superficiales como del subsuelo; el objetivo fundamental es obtener las leyes de la plata y del oro en gramos por tonelada.

Regularmente se mandan al laboratorio de petrografía -- del Consejo de Recursos Minerales las muestras para ser investigadas por petrografía, mineralogía y paragenésis.

#### II.C.e- GABINETE.

Se elaboran planos y secciones verticales geológico-mineros de las vetas para la debida interpretación del -- comportamiento de las mismas, también se hace el cálculo de reservas y el informe correspondiente, con sus de bidas conclusiones y recomendaciones.

#### II.D.- ESTUDIOS PREVIOS.

Los estudios escritos o publicados sobre el distrito de Pachuca-Real del Monte se remontan hasta medidado del siglo 19 y se refieren a la producción de mineral y a los detalles relacionados con la explotación de las vetas. Fué hasta el final de -- este siglo cuando aparecieron descripciones geológicas breves de las rocas y vetas.

Entre los estudios publicados hasta antes del año de 1924, -- cuando la compañía de Real del Monte y Pachuca comenzó a levantar mapas detallados de las formaciones litológicas y de las -

estructuras y a estudiar detenidamente la petrografía y mineralogía de las rocas encajonantes y de los rellenos de vetas, se pueden citar los de Aguilera et al (1897), Ordóñez y Rangel -- (1899), Ordóñez (1902), Pope (1911) y Michell (1922).

Después de 1924, apareció una serie de publicaciones con información nueva sobre la geología de las rocas de la región y el desarrollo de los sistemas de vetas. Las contribuciones más significativas entre éstas, son las de Hulin (1929a, 1929b), -- Santillán (1931), Wisser (1937, 1941, 1946, 1948, 1951), - - - Thornburg (1948, 1952), Bastin (1948), Geyne (1949, 1955, 1956) y la publicación mas completa que ha salido sobre el distrito, que es la de Geyne, Fries, Segerstrom, Black y Wilson (1963).

Además, la compañía de Real del Monte y Pachuca en sus archivos tiene numerosos informes privados sobre la geología de áreas seleccionadas, así como mapas geológicos detallados de casi todos los laboríos mineros del distrito, mapas de rebajes y de ensayos de todas las vetas, descripciones de los núcleos de barrenos de diamante y también información petrográfica y mineralógica de los mismos.

#### II.E.- SITUACION LEGAL

Todos los terrenos que se encuentran en el área de estudio, como la mayoría de los del distrito minero, se localizan en áreas pertenecientes a lo que la ley minera llama reservas nacionales; la concesión de los mismos la tiene la compañía de Real del Monte y Pachuca.

## II.F.- RECONOCIMIENTOS

Quiero expresar mi agradecimiento al Ing. Guillermo P. Salas, Director del Consejo de Recursos Minerales y al Ing. Alejandro Briones y García, Sub-Director Técnico de la misma Institución, por todas las facilidades que me proporcionaron para la realización de este trabajo; al igual que a los Ingenieros Luis Brizuela Venegas, Gerente de Evaluación y Contratos, -- Julio César Baca Carreón, Jefe del Departamento de Consultas del Ejecutivo y Jaime Valverde Ramírez, Jefe del Proyecto Pachuca, de la misma institución.

A los Ingenieros Luis García Gutiérrez, David Atisha Castillo, Victor Julián Ruiz, José Santos Martínez Reyes y Florentino - Muñoz Cabral, por sus atentos consejos y observaciones en la corrección del presente trabajo.

De igual manera agradezco la intervención de los Ingenieros - Raúl Güereca Meza, Gutberto Saldaña Saucedo y Luis Alfonso -- Alba Solis, por su colaboración en el trabajo de campo.

A todos los compañeros del Departamento de Dibujo, al personal secretarial, gente de campo y a toda aquella persona que intervino directa o indirectamente en la realización del presente trabajo.

### III.- GEOGRAFIA

#### III.A.- LOCALIZACION Y EXTENSION DEL AREA

El área de estudio se encuentra localizada dentro del distrito minero de Pachuca-Real del Monte y al norte de la ciudad de Pachuca, capital del estado de Hidalgo. La ciudad de Pachuca se encuentra al noreste de la ciudad de México, a la distancia de 93 km, situada a  $20^{\circ}07'44''$  de latitud norte y  $96^{\circ}43'55''$  de longitud oeste del meridiano de Greenwich y a 2,426 m sobre el nivel del mar, tomando como punto de referencia la torre de la iglesia de Nuestra Señora de la Asunción (Lámina No. III-1).

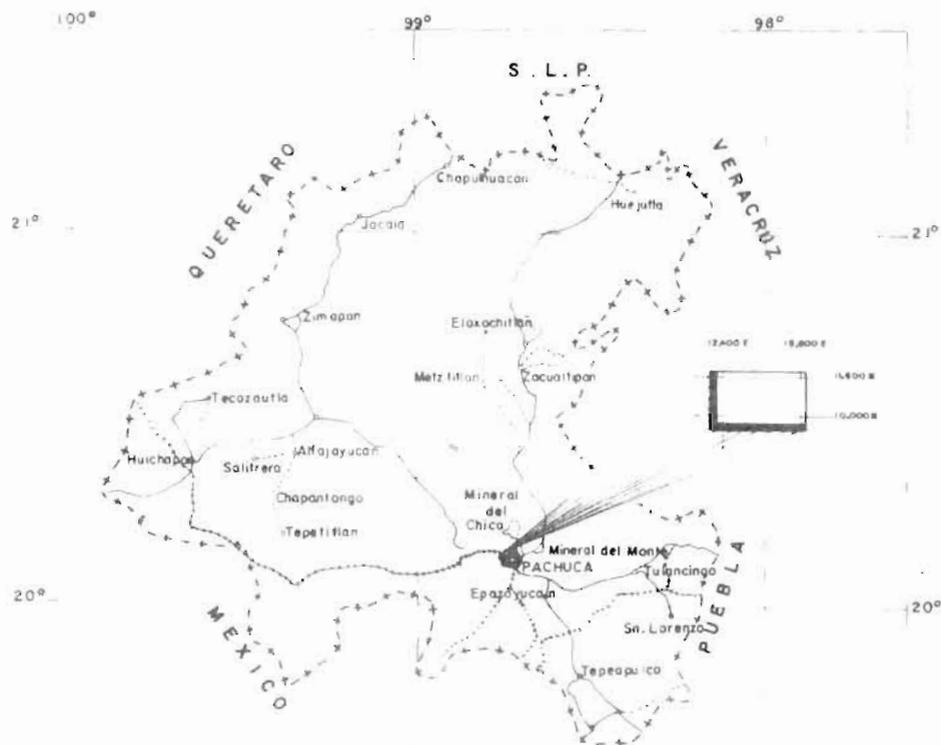
Este distrito es el más grande de un grupo de áreas mineralizadas que ocupan una faja que se extiende al N 45 W de Pachuca, - por la distancia de unos 180 km a través de los estados de Hidalgo y Querétaro, hasta la parte oriental de Guanajuato, así como al sureste desde Pachuca por unos 150 km hasta Teziutlán, Pue. Desde el extremo noroeste hacia el sureste, estas áreas mineralizadas se denominan como sigue: Xichú, en el estado de Guanajuato; Río Blanco, Pinal de Amoles, Soyatal y El Doctor, - en el estado de Querétaro; Zimapán, Bonanza-Pechuga, San Clemente, Cardonal, Plomosa, Capula, Santa Rosa, El Chico y Pachuca-Real del Monte, en el estado de Hidalgo; Tetela y Teziutlán, en el estado de Puebla.

La zona estudiada tiene la superficie de 7.2 km<sup>2</sup>.

#### III.B.- ACCESO Y VIAS DE COMUNICACION.

La ciudad de Pachuca está situada a 93 km de la ciudad de México, por la carretera No. 130 México-Tuxpan. Esta carretera se desvía de la de México-Laredo No. 85 (Interamericana), en Colo

# LOCALIZACION DEL AREA DE ESTUDIO



## EXPLICACION

- CARRETERAS PAVIMENTADAS
- CARRETERAS REVESTIDAS
- FERROCARRILES
- POBLACION
- CAPITAL DEL ESTADO
- AREA DE ESTUDIO
- ESTADO DE HIDALGO

GEOLOGIA	U. A. S. L. P.	
	ESCUELA DE INGENIERIA	
	RAFAEL E. RODRIGUEZ RÓZ	
	TRABAJO RECEPCIONAL	
	1979	LAMINA NP/III-1

nia, poblado situado 10 km al sur-suroeste de Pachuca y continúa hacia el noreste hasta Tuxpan, puerto en el Golfo de México. Una segunda entrada a Pachuca se desvía de la carretera interamericana en un punto situado unos 10 km al poniente de la ciudad, o sea la carretera No. 85 México-Laredo; y una tercera entrada es por la carretera No. 105 México-Tampico.

La ciudad de Pachuca se comunica por ferrocarril con los ramales que entroncan con las vías México-Veracruz y México-Tuxpan.

Pachuca cuenta también con un aeropuerto, pero su pista es esencialmente para aparatos aéreos de pequeña capacidad. Hay otros aeropuertos en Actopan y Tizayuca en el estado de Hidalgo y en la ciudad de México, D. F. que son los más cercanos.

Al área de estudio se puede llegar por la terracería que va de Pachuca al pueblo de Estanzuela, pasando por el pueblo de Cerzozo, o también por el camino de terracería que pasa por el tiro de San Juan Pachuca y que sigue hacia el NW hasta el pueblo de Estanzuela, sin pasar por el pueblo de Cerzozo. También se puede llegar a la zona de estudio por el interior de la mina, entrando por el tiro antes mencionado hasta los niveles accesibles, que son los siguientes: los niveles 30, 170 y 370.

### III.C.- FISIOGRAFIA

La zona que comprende el distrito minero de Pachuca-Real del Monte se encuentra en el límite septentrional de la provincia fisiográfica denominada por Raisz en 1959 como Altiplanicie Neovolcánica, o por Williams en 1950 como Zona Neovolcánica (Lámina III-2). La provincia fisiográfica denominada Sierra Madre Oriental comienza a poca distancia al norte de la sierra



de Pachuca, encontrándose que si la Altiplanicie no existiera, el distrito minero de Pachuca pertenecería a la provincia de la Sierra Madre Oriental.

### III.C.a OROGRAFIA

En el estado de Hidalgo existen dos sistemas montañosos, derivados de la Sierra Madre Oriental que atraviesa el Estado; uno que va de Huejutla a Tulancingo y el otro - que va de Pachuca a Jacala, que es la llamada sierra de Pachuca en su porción occidental. Estos dos sistemas - montañosos están separados por el río de Amajac.

Pachuca está situada sobre terreno ligeramente inclinado en la entrada de un valle en el borde nororiental de la Cuenca de México, o sea al pie suroccidental de la sierra de Pachuca. Esta sierra se extiende unos 30 km - al sureste del pueblo de Real del Monte hasta Cuyamalo-ya, que se encuentra junto a la carretera de Pachuca a Tuxpan. Desde este lugar continúa al sureste con el -- nombre local de sierra de Singuilucan, por la distancia de unos 25 km, en donde desaparece en las llanuras de - Apam, Hgo.

La sierra de Pachuca también se extiende unos 20 km al noroeste de Real del Monte, hasta el cañón forjado por el río de Los Griegos. Desde este punto continúa bajo el nombre de sierra de Actopan por la distancia de -- unos 45 km, en donde al fin desaparece cerca de Cardo--nal, Hgo.

Las mayores prominencias orográficas que se localizan -

en el distrito minero de Pachuca-Real del Monte, son -- las siguientes:

Ventanas del Chico	3,086 m s.n.m.
Peña del Zumate	3,060 m s.n.m.
Frailes de Actopan	2,977 m s.n.m.
Las Monjas	2,920 m s.n.m.
Ciudad de Pachuca	2,426 m s.n.m.

### III.C.b-HIDROGRAFIA

La sierra de Pachuca forma el límite nororiental de la Cuenca de México, un área con piso relativamente plano y con desagüe interior o de régimen endorréico, que se extiende al sur unos 100 km hasta la orilla austral de la ciudad de México.

Pachuca está situada a 2,426 m s.n.m., sobre terreno ligeramente inclinado, al pie suroccidental de la sierra de Pachuca. El desagüe exterior hacia el noroeste, norte y noreste de la cuenca llega al Golfo de México. El escurrimiento superficial en los flancos suroccidentales de la sierra de Pachuca corre 55 km hacia el suroeste, vía el río de Las Avenidas de Pachuca, para entrar al lago de Zumpango, que es una de las varias áreas bajas cerca del extremo austral de la Cuenca de México.

El pueblo de Real del Monte está situado a 2,750 m s.n.m., en la cima de un valle ubicado un poco al noroeste de la cresta de la sierra de Pachuca. El escurrimiento superficial en el flanco de la sierra del lado del Real del Monte se dirige al noroeste para formar el Río Amajac, un afluente principal del gran Río Moctezuma, que

en su turno se une con el Río Pánuco cerca de Tampico.

### III.D.- CLIMA Y VEGETACION

#### CLIMA.

En Pachuca y a lo largo del flanco suroccidental de la sierra de Pachuca, el clima del distrito se caracteriza por ser semi-desértico extremo, siendo su temperatura media anual de 13°C llegando a tener temperaturas extremas de 33°C y -6°C. Se caracteriza por estaciones lluviosas en verano y otoño, seguidas por otras de secas en invierno y primavera. La precipitación-media anual es de 400 mm.

En Real del Monte y a lo largo del flanco nororiental de la sierra es relativamente húmedo, con temperatura anual media de 12.5°C y con precipitación media anual de 800 mm.

#### VEGETACION.

La vegetación de la Cuenca de México y el flanco suroccidental de la sierra de Pachuca consiste en varias especies de gramíneas de clima árido, de ciertas variedades de cactus y de grandes yucas. Las principales clases de cactus son el nopal (*Opuntia Tuna* y otras especies), óregano (*Cereus sp.*) y biznaga (*Echinocactus sp.*). En la zona de transición se encuentran el cedro (*Juniperus sup.*), piñón (*Pinus monophylla*), encino (*Quercus gamelii*) y otros árboles y arbustos. En las partes altas de la sierra de Pachuca consiste de abeto (*Abies religiosa*), pino (*Pinus leiophylla*), encino (*Quercus barbinervis*), y ma-droño (*Arbustus xalapensis*).

### III.E.- CULTURA Y ECONOMIA

#### CULTURA

La ciudad de Pachuca es la capital del estado de Hidalgo, con

población un poco arriba de 100,000 habitantes. La mayoría de esta población habla el español y en muy poco porcentaje habla algunos dialectos, encontrándose entre éstos la lengua indígena mexicana o náhuatl, la otomí y la tepehua.

La ciudad cuenta con gran variedad de escuelas, tanto jardines de niños, como primarias, secundarias, técnicas, comerciales, preparatorias y para carreras universitarias. Además, la ciudad cuenta con todos los servicios de agua potable, luz eléctrica, alcantarillado, correos, teléfonos, telégrafos, campos deportivos, clubes sociales y cines.

#### ECONOMIA.

Se basa principalmente en la minería, agricultura y ganadería.

#### AGRICULTURA.

Representa uno de los renglones más importantes de la economía hidalguense. Más del 60% de la población económicamente activa depende de esta actividad. En la actualidad hay varios cultivos que sobresalen en la producción agrícola: alfalfa, ji tomate, papa, cebada, frijol, maíz y maguey, ocupando estos tres últimos la mayor parte de las tierras dedicadas a la agri cultura.

#### GANADERIA.

Las condiciones naturales del estado de Hidalgo favorecen el desarrollo de la ganadería. De hecho, la ganadería se ha enfo cado a la reproducción de ganado mayor, para producir carne y leche. Se cuenta con ganado lanar, caprino, porcino y vacuno, principalmente.

#### AVICULTURA.

Su explotación se orienta básicamente hacia la producción de carne. El mercado principal lo constituye el Distrito Federal.

#### SILVICULTURA.

La explotación forestal no representa un renglón importante en la economía de Hidalgo. De hecho, el renglón más importante de la producción forestal corresponde al grupo de los no maderables: hojas de óregano y palma camedor. Por lo que toca a la producción de tipo maderable, básicamente es la de pino.

#### MINERIA.

En Hidalgo, la explotación de yacimientos de metal data de cuatro siglos y medio de antigüedad, aproximadamente. A pesar de que la actividad minera tiene muchos años de practicarse en la entidad, aún representa un renglón importante en la economía estatal. Hidalgo tiene tradición en la producción de plata sobre todo, y de plomo, cobre, zinc, oro y fierro; y en zonas fuera del distrito minero de Pachuca-Real del Monte en manganeso, fluorita, fosforita, calizas, pizarras y caolín.

#### INDUSTRIA.

La actividad industrial representa el renglón más sobresaliente de la economía estatal. La industria hidalguense está formada básicamente por cinco grandes ramas: La más importante es la construcción de equipo ferroviario y fabricación y ensamble de vehículos; la fabricación de cemento, cal y yeso; extracción y beneficio de minerales metálicos no ferrosos; preparación, hilado, tejido y acabado de textiles de fibras blandas e industrias básicas del hierro y del acero, con fabricación de productos metálicos estructurales.

#### IV.- GEOLOGIA

##### IV.A.- GEOLOGIA REGIONAL

En la región afloran rocas sedimentarias e ígneas, cuyas edades varían desde el Mesozoico hasta el Reciente. Las rocas sedimentarias no afloran dentro del distrito minero de Pachuca-Real del Monte y su unidad litológica más antigua consiste en la Formación El Doctor, de edad albiana y cenomaniense temprana, está compuesta por caliza en capas gruesas con algo de dolomita intercalada. Las rocas ígneas afloran completamente en todo el distrito de Pachuca-Real del Monte.

Las rocas ígneas son de los tipos extrusivos e intrusivos, las primeras constituidas principalmente por derrames lávicos de composición félsica a intermedia, y las segundas están en forma de diques de composición félsica predominante.

##### IV.A.a-ESTRATIGRAFIA

###### SISTEMA CRETACICO.

FORMACION EL DOCTOR.- Descrita por Wilson en 1954, como estratos de caliza de espesor mediano con algunas intercalaciones de lutita, y de edad albiana y cenomaniense temprana; se le ha considerado como un cuerpo arrecifal del tipo bioherma, con distintas facies litológicas. Su localidad tipo se encuentra en el poblado del mismo nombre, en el municipio de Cadereyta, Qro. Esta formación está situada al norte de Pachuca, con espesor de más de 1000 m, pero disminuye hacia el suroeste. La Formación El Doctor se correlaciona con las formaciones Tamaulipas Superior y El Abra de las partes centro-oriental y nororiental de México y con la Formación Morelos hacia-



 No Afilar

(1) PEREZ REYNOL, 1974

 Ausente por Erosion  
o no Deposito

(2) CARL FRIES JR, 1962

COLUMNA ESTRATIGRAFICA

G E O L O G I A	U. A. S. L. P.
	ESCUELA DE INGENIERIA
	RAFAEL E RODRIGUEZ RDZ
	TRABAJO RECEPTIONAL
	1 9 7 9
	LAMINA Nº IV-1

el sur de la ciudad de México.

FORMACION CUAUTLA-SOYATAL.- Según Fries (1960), la Formación Cuautla consiste en una sucesión de capas gruesas de caliza hacia el suroeste del distrito de Pachuca y hacia el noroeste del mismo esta caliza tiene estratificación más delgada y se conoce con el nombre de Formación Soyatal (Wilson, 1955), lo que dice que es una facies diferente de la misma unidad. Ambas formaciones son semejantes litológica y cronológicamente y tienen edad del Turoniano Superior. Estas formaciones descansan en discordancia erosional sobre la Formación El Doctor. La Formación Cuautla llega a tener hasta varios cientos de metros de espesor y la Formación Soyatal algo más delgada; pueden adelgazarse a grado tal de no estar presentes debajo del propio distrito de Pachuca. La Formación Cuautla-Soyatal se correlaciona con la Formación Agua Nueva de la parte nororiental de México.

FORMACION MEXCALA-MENDEZ.- Fries (1960), propone el nombre de Mexcala, procedente del estado de Morelos, para la unidad de lutitas y arenisca que sobreyace a la Formación Cuautla o Soyatal. La Formación Mexcala aparentemente es concordante con la Formación Cuautla-Soyatal subyacentes, pero en los lugares en donde ésta no existe, es discordante con la Formación El Doctor.

El nombre de Méndez se usa para la unidad de lutita y arenisca que sobreyace a la Formación Soyatal en la parte norte del distrito minero. Esta formación también es aparentemente concordante con la Formación Soyatal y

en el caso que no se encuentre, es discordante con la -  
Formación El Doctor.

Ambas formaciones son equivalentes entre sí en facies y edad, aunque la primera contiene una proporción mayor - de capas clásticas de grano más grueso que la segunda y su edad varía desde el Coniaciano Temprano hasta el Cam-  
paniano y posiblemente se prolongue hasta el Maestrich-  
tiano. Su parte inferior es equivalente en edad, pero-  
no en facies, a la Formación San Felipe, que aflora más  
al norte en México; y su parte superior es equivalente-  
en edad, pero no en facies, a la Formación Méndez del -  
oriente de México.

#### SISTEMA TERCIARIO

Este sistema consiste en rocas sedimentarias y volcáni-  
cas del Terciario, descansando sobre las rocas que for-  
man el basamento preterciario, con discordancia angular  
y erosional muy bien marcada.

Las rocas más antiguas del Terciario no afloran dentro-  
del distrito minero, sino sólo aparecen afloramientos -  
en la barranca del Río Amajac, a unos cuantos kilome---  
tros al norte del distrito; y estos afloramientos con---  
sisten en una sucesión clástica discontinua llamada ---  
Grupo El Morro, formada principalmente por materiales e  
rosionados del basamento del Cretácico.

El Grupo Pachuca es una gran sucesión de rocas volcáni-  
cas compuestas por derrames de lava, interestratifica--  
dos con capas de toba y de brecha, con las que están in

tercalados en una y otra parte materiales sedimentarios derivados de las rocas volcánicas y depositados por el agua. Este grupo aflora ampliamente en el distrito minero y sobreyace al del Morro.

Por último, se encuentran cuatro formaciones terciarias más jóvenes, compuestas por rocas volcánicas dacíticas, andesíticas y riolíticas y por una sucesión de depósitos clásticos derivados sobre todo de las rocas Terciarias.

GRUPO EL MORRO.- Consiste en las rocas terciarias más antiguas depositadas en la región. Fué descrito este grupo por Segerstrom en 1956, como conglomerado calcáreo rojizo, generalmente bien consolidado, no marino y dispuesto en capas variables de gruesas a macizas. Localmente este grupo contiene mezclado material tobáceo y derrames de lava contemporáneos, de composición variable más que nada de basáltica a andesítica. Las rocas de este grupo se depositaron durante el Eoceno Tardío y el Oligoceno Temprano, en depresiones producidas localmente por fallamiento intenso en bloques, que siguió al plegamiento y a la intensa erosión de las rocas cretácicas. Este grupo no aflora dentro del distrito minero de Pachuca y sólo se han encontrado afloramientos en el Río Amajac.

El Grupo El Morro se correlaciona con el Conglomerado Rojo de Guanajuato en el Estado del mismo nombre; con el Conglomerado El Morro en Zimapan, en el estado de Hidalgo; con el Grupo Balsas en los estados de Morelos y

Guerrero; y con la Formación Ahuchila en el norte del país.

El Grupo Pachuca está formado por ocho formaciones de edad terciaria, posteriores al Grupo El Morro. Fueron descritas por A.R. Geyne, Carl Fries Jr., Kenneth Segerstrom, R.F. Black e I.F. Wilson en el año de 1962, en su trabajo publicado en 1963. Estas formaciones serán descritas de la más antigua a la más reciente y son las siguientes:

FORMACION SANTIAGO.- Es la formación más antigua que se encuentra dentro de los límites del distrito minero Pachuca-Real del Monte y consiste en derrames de lava, brechas y tobas interestratificadas, de composición variable de andesítica a riolítica, con algunas intercalaciones de rocas volcánicas epiclásticas. Se propuso el nombre de Formación Santiago por el nombre del cerro donde se encuentra su área de afloramiento más extenso, o sea el cerro de Santiago o de Coronas, ubicado al occidente de Pachuca. El flanco meridional del cerro de Santiago o de Coronas se considera como localidad tipo de la parte superior de la formación y la parte inferior se observa en los laboríos mineros del tiro de la mina-Paricutín.

Esta formación se aprecia más en forma amplia en el subsuelo en los niveles inferiores al sur y poniente de Pachuca que superficialmente. En obras subterráneas no se ha alcanzado a determinar su base y sólo se le ha determinado su espesor expuesto en unos 480 m. Aflora---

mientos localizados más al norte y al noreste del distrito indican que la formación descansa de manera discordante sobre el Grupo El Morro, o con discordancia angular sobre las formaciones cretácicas. Se piensa que la cima de la Formación Santiago es tal vez una superficie de erosión, por la presencia de cuando menos un relieve bajo sobre esa superficie, indicada por la inclinación muy variable en rumbo y buzamiento de la superficie de la formación en donde está cubierta por la siguiente unidad más joven, que es la Formación Corteza.

FORMACION CORTEZA.- Formación que ocupa el segundo lugar en cuanto a su antigüedad conocida en el distrito; consiste en derrames andesíticos y basálticos con un miembro tobáceo basal. Su localidad tipo se encuentra en el subsuelo en el nivel Fortuna (270), entre la Veta Corteza, en las coordenadas locales 8,830 N, 15,760 E, y en la base de la capa tobácea basal, en las coordenadas 8,565 N, 15,600 E. Los afloramientos son deficientes y algunos se encuentran en el flanco norte del cerro de Cubitos, en el cerro al poniente de Pachuca y cerca del cerro de Santiago. Su espesor varía de 50 a 300 metros. Sobreyace a la Formación Santiago con discordancia erosional ligera y hasta el momento no se le ha reconocido discordancia angular.

FORMACION PACHUCA.- Formación tercera en antigüedad en la sucesión volcánica terciaria dentro del distrito. Consiste en un miembro clástico tobáceo bastante continuo en la base, cubierto por derrames andesíticos y dácíticos interestratificados con varios miembros tobáceos

lenticulares y hasta con diez capas de brecha alternadas con derrames relativamente compactos en la parte superior de la formación. Su localidad tipo se considera que corresponde al afloramiento que desde el contacto con la Formación Corteza subyacente, en la orilla oriental de Pachuca, se extiende en forma directa al oriente por la distancia de 870 m, hasta el contacto con la Formación Real del Monte, sobreyacente. Su espesor varía desde 110 a 620 m.

FORMACION REAL DEL MONTE.- Cuarta formación más antigua dentro del distrito; consiste en la interestratificación de brecha de derrame, roca de derrame maciza y capas tobáceas de composición andesítica y dacítica, que cubren concordantemente a la Formación Pachuca. La localidad-tipo está comprendida entre el contacto con la Formación Pachuca y el miembro clástico basal sobreyacente de la Formación Vizcaína. Se encuentra más ampliamente distribuida que las demás en los laboríos subterráneos, tanto en el pueblo de Real del Monte como más al norte. El espesor varía de 120 a 350 m.

FORMACION SANTA GERTRUDIS.- Quinta formación en antigüedad de las rocas volcánicas terciarias que afloran en el distrito. Consiste en rocas de derrame compactas con cantidades menores de brecha de derrame y de otras capas clásticas y tobáceas, con composición andesítica-predominante que en forma local cambia por transición a dacita. La formación descansa concordantemente sobre la Formación Real del Monte. Su localidad tipo aflora en la barranca principal al noreste del pueblo de la --

Reforma. Su espesor varía de menos de 200 a 350 m.

FORMACION VIZCAINA.- Sexta unidad litológica de las rocas volcánicas terciarias que afloran en el distrito. - Consisten en derrames de lava, capas de brecha y toba y un miembro clástico basal que es excepcionalmente conspicuo y extenso. Las rocas de esta formación tienen -- composición andesítica y dacítica. Su localidad tipo - se encuentra a unos 800 m al noreste del pueblo de La - Reforma, aguas arriba de la barranca principal, en direc- ción este-noreste. El espesor varía de 200 a 600 m. -- Una marcada discordancia erosional y angular separa la Formación Vizcaína de la Santa Gertrudis.

FORMACION CEREZO.- Séptima unidad litológica de la suce- ción volcánica terciaria del distrito de Pachuca. Cong- ta principalmente de derrames, brechas de derrame y ca- pas volcánicas epiclásticas, con algo de brecha volcáni- ca y brecha tobácea, todo de composición variable de -- riolítica a riodacítica. Esta formación es la primera- roca extrusiva marcadamente silícica en la región, que se encuentra arriba de la Formación Santiago. Su loca- lidad tipo se considera que se extiende desde el pueblo de Cerezo hacia el noroeste, por una distancia de 100 m, hasta el contacto con la Dacita Zumate sobreyacente. Su espesor varía de 50 al máximo de 220 m. La unidad so- -breyace a la Formación Vizcaína y a rocas más antiguas, con discordancia marcada angular.

FORMACION TEZUANTLA.- Octava unidad litológica de la - sucesión volcánica terciaria del distrito de Pachuca.-

Consiste de una sucesión de derrames de lava dacítica - que aflora en el ángulo suroriental del distrito, al -- sur del pueblo de Tezuantla, de donde proviene el nom-- bre. El espesor varía de 50 a 150 m como máximo. La - unidad descansa en discordancia erosional sobre una su- cesión de capas volcánicas epiclásticas asignadas a la Formación Cerezo y cuando ésta falta, descansa con dis- cordancia angular sobre la Formación Vizcaína. La For- mación Tezuantla es de edad premineral.

FORMACION ZUMATE.- Esta formación se propone para una - sucesión de derrames, brechas de derrame, aglomerados y rocas volcánicas epiclásticas de composición dacítica,- que sobreyacen con discordancia erosional y angular de grado variable a las Formaciones Cerezo y Vizcaína y, - en ciertos lugares, a rocas aún más antiguas. Su loca- lidad tipo es la Peña del Zumate, que se encuentra al - norte del pueblo de Real del Monte. Su espesor varía - de 50 a 360 m. La Formación Zumate es de edad postmine- ral.

FORMACION SAN CRISTOBAL.- Se propone este nombre para - los derrames densos de andesita olivínica, con cantida- des pequeñas de capas tobáceas basales e intercaladas,- que forman la cima del cerro de San Cristóbal. Su loca- lidad tipo se encuentra en la cumbre del cerro de San - Cristóbal, localizado al noroeste de la ciudad de Pachy- ca. En la localidad tipo la formación descansa sobre la Formación Pachuca con discordancia angular; en otras -- partes del distrito descansa discordantemente sobre las Formaciones Zumate, Tezuantla, Cerezo y Vizcaína. Su -

espesor varía de 60 a 250 m como máximo.

RIOLITA NAVAJAS.- Esta unidad litológica también pertenece a las rocas terciarias más jóvenes encontradas en la región, pero no aflora en el distrito de Pachuca-Real del Monte. Está constituida por derrames de lava, capas de brecha y toba y depósitos de aludes ardientes, todos interestratificados entre sí y con cantidades menores de material volcánico epiclástico. Su localidad-tipo es en el cerro de Las Navajas, ubicado por la carretera Pachuca-Tulancingo, aproximadamente a 9 km al o riente del pueblo de Real del Monte.

La Riolita Navajas descansa discordantemente sobre diversas formaciones volcánicas del distrito de Pachuca, que son anteriores a la Formación Zumate, y puede sobreyacer directamente hasta la Formación Mezcala-Méndez, de edad cretácica tardía. La edad de la Riolita Navajas se piensa que es del Plioceno Tardío.

FORMACIONES ATOTONILCO EL GRANDE Y TARANGO.- Estas dos formaciones, junto con la Formación San Cristóbal y con la Riolita Navajas, son las rocas terciarias más jóvenes encontradas en la región. Ni una ni otra se presentan en el distrito de Pachuca-Real del Monte. Depósitos de material clástico, derivado principalmente de las rocas volcánicas terciarias de la región y sólo en muy pequeña parte de las rocas sedimentarias preterciarias, se presentan debajo, entre y encima de los diversos derrames de lava y de las otras capas de roca que constituyen la Formación San Cristóbal y la Riolita Navajas. --

Están compuestos principalmente por capas de textura variable desde pelita hasta conglomerado, pero incluyen - capas locales de turba, de ceniza volcánica transportada por el aire y de marga. Su localidad tipo se encuentra en las cuencas de desagüe de los ríos Metztitlán y Amajac; están denominados como Formación Atotonilco El Grande, según el pueblo de ese nombre por la carretera a 12 km al norte del distrito (Seegerstrom, 1961); y los depósitos que están en la cuenca de desagüe del río Tula, hacia el poniente y al suroeste del distrito de Pachuca, denominados como Formación Tarango, según una localidad descrita por Bryan en 1948, ubicada en la orilla occidental de la ciudad de México.

#### SISTEMA CUATERNARIO.

Las rocas pleistocénicas que se presentan en la región de Pachuca consisten principalmente de productos volcánicos basálticos, de una masa extrusiva de traquita, de depósitos aluviales derivados de éstas y de otras rocas volcánicas más antiguas y de detritos de derrumbes. Estas rocas cuaternarias se dividen a su vez en cinco unidades litológicas, que son las siguientes:

TRAQUITA GUAJOLOTE.-Descansa más que nada sobre la Rio-lita Navajas, pero también translapa a la Formación San Cristóbal; sus relaciones con estas rocas son discordantes y probablemente se presenta entre ellas una discordancia angular. Su localidad tipo es el Cerro Gordo y puede presentarse espesor máximo de 200 m.

La Lava Guajolote es una roca de color gris, débilmente

porfídica, muy vesicular, holocristalina y con textura traquitica. Su composición química corresponde a una traquita. La roca es probablemente de edad pleistocénica muy temprana.

DERRAMES DE BASALTO OLIVINICO.- La sucesión comprende derrames de lava, cantidades menores de polvo y escoria y capas epiclásticas derivadas de los productos eruptivos. Se presentan depósitos de ceniza debajo, entre y encima de muchos derrames de lava y localmente se halla interestratificado material clástico depositado por el agua en forma de aluvión. Todas las rocas de derrame que fueron examinadas en el campo son finamente porfídicas y contienen fenocristales de olivino fresco bien identificado, con fenocristales de feldespato en algunas rocas y de piroxena visibles en muchas otras. Su color varía de gris a gris oscuro en roca fresca. Se extiende al noroeste del distrito siguiendo el valle del río de Metztlán y con espesor muy variable hasta de 500 m

Todas estas rocas de edad pleistocénica, con rocas semejantes y algunas no semejantes del Plioceno Tardío y del Pleistoceno Temprano, tales como las de la Formación San Cristóbal, de la Riolita Navajas y de la Traquita Guajalote, se considera que forman parte de la Zona Neovolcánica que atraviesa México en dirección oeste este, con su parte central cerca de los 20° de latitud norte.

TQBA CUBITOS.- Consiste en una sucesión delgada de capas piroclásticas de composición máfica, en promedio, -

que sobreyace discordantemente a la Formación San Cristóbal en el cerro de Cubitos. Su localidad tipo se encuentra a unos 500 m al sur-suroeste del tiro de la mina Paricutín, en una serie de tajos de unos 2 m de profundidad. Su espesor máximo es de unos 30 m.

En la localidad tipo la toba es por lo regular un depósito poroso, débilmente endurecido, de peso específico bajo y consiste en lapilli y ceniza bien estratificada, en capas de 10 a 30 cm de espesor. Los componentes consisten en fragmentos finamente vesiculares, dentados, compuestos por lava afanítica y vidrio, oscuras, con promedio entre 1 y 3 mm de diámetro en las capas de grano fino y entre 2 y 8 mm en las capas de grano grueso.

#### DEPOSITOS ALUVIALES.

Materiales depositados en abanicos aluviales y sobre -- llanuras de inundación cubren casi toda la cuarta parte suroccidental del distrito. Los depósitos varían desde macizas a bien estratificados y son generalmente de color gris amarillento, con excepción de las capas superficiales impregnadas con caliche gris claro. En las tierras bajas y casi planas están constituidas en gran parte por partículas del tamaño del arena, el limo y la -- arcilla y en los abanicos aluviales al pie de las sierras se forman de grava.

#### DEPOSITOS DE TALUD Y DE DERRUMBE.

Los derrames resistentes de lava dacítica de la Formación Zumate se desgajan en bloques de talud, cubriendo la toba menos resistente que se presenta en la base de

la unidad y también los derrames andesíticos de la Formación Vizcaína en las partes noroccidental y septentrional del distrito.

Acumulaciones de bloques variables de angulosos a subredondeados de la roca madre fresca, mezclados con suelo y otros productos del intemperismo, sobreyacen a la roca madre casi no perturbada de las pendientes grandes, así como al aluvión al pie de las alderas de la cuarta parte suroccidental del distrito y en unas cuantas otras partes del mismo.

#### ROCAS INTRUSIVAS TERCIARIAS.

Las rocas intrusivas de edad terciaria tardía son comunes y están ampliamente distribuidas en el distrito de Pachuca-Real del Monte y en la región circundante. Consisten en numerosos diques y cuerpos irregulares que en la superficie varían en longitud desde unos cuantos cientos de metros hasta unos 4 km, y en anchura desde unos pocos metros hasta más de 100 m.

Los diques son de edad variable y un tipo u otro de ellos atraviesa a todas las formaciones litológicas terciarias del distrito, hasta la Formación Zumate, pero excluyendo a la Formación San Cristóbal.

Las rocas intrusivas han sido divididas aquí en cinco grupos, de acuerdo con sus edades relativas y para conveniencia de su descripción. Se describirán desde la más antigua hasta la más reciente.

#### PORFIDO DE DACITA HORNBLENDICA.

Los diques de este grupo siguen en abundancia a los de pórfidos de grano grueso. El grupo abarca en edad principalmente desde la parte tardía del tiempo de la Formación Vizcaína al comienzo del tiempo Cerezo.

El pórfido de dacita hornbléndica generalmente es una roca de color verde grisáceo o gris medianamente claro, en cortes frescos, y se intemperiza para formar un color pardo amarillento mediano. Un rasgo distintivo es su textura porfídica gruesa, dando lugar al nombre local de pórfido de ojo de pájaro. Tiende a formar afloramientos redondeados de textura granular.

Mineralógicamente, la roca está compuesta por un 20% de fenocristales de plagioclasa de color variable de gris-amarillento a blanco, siendo la mayoría de entre 1 y 6 mm de largo, con un máximo de 15 mm. Contiene un 10% de fenocristales máficos de color verde oscuro, principalmente de 0.5 a 3 mm de largo. También contiene de 5 a 8% de fenocristales de cuarzo transparente, casi todos de 0.5 a 3 mm de diámetro. Los fenocristales están empotrados en una matriz afanítica. Los minerales máficos parecen ser principalmente de hornblenda, aunque incluye algunas hojas de biotita. La estructura fluidal está debilmente desarrollada o falta por completo. El análisis químico corresponde muy aproximadamente a la composición de la dacita.

#### PORFIDO QUARCIFERO DE GRANO FINO

Es el tipo principal de roca intrusiva en el distrito.-

En varios lugares atraviesa a los diques de pórfido de dacita hornbléndica y, por lo tanto, es claramente el más joven de los dos grupos. Su edad es premineral y pre-Zumate, ya que está cortado por las vetas y no atraviesa a la Formación Zumate.

El color del pórfido cuarcífero de grano fino en muestras frescas varía por lo general de gris claro a gris amarillento claro y cambia a pardo amarillento pálido por el intemperismo. El pórfido está compuesto de 10 a 15% de fenocristales de cuarzo transparente variables de angulosos a redondeados y con diámetro medio de 1 mm así como de 5 a 10% de fenocristales de plagioclasa con promedio de 1 mm de largo y como 1% de hojas de biotita con promedio de 0.5 mm de largo, todos empotrados en una matriz felsítica sin lustre, sacaroides o vítrea. El análisis químico corresponde muy aproximadamente a la alaskita.

#### PORFIDO CUARCIFERO DE GRANO GRUESO

Es un tipo de roca intrusiva relativamente poco común en el distrito. Atraviesa al pórfido cuarcífero de grano fino y es edad algo más joven que éste, aunque también es pre-mineral.

La roca contiene de 5 a 10% de fenocristales de cuarzo transparente que varían de euédricos a redondeados y promedian de 1 a 2 mm de diámetro, con segregaciones locales en las que el cuarzo compone hasta un 25% de la totalidad. Cristales de plagioclasa translúcida de co-

lor lechoso o amarillento grisáceo que tienen un promedio de 1 a 2 mm de largo componen un 20% de la roca y - están distribuidos con mayor uniformidad que los fenocristales de cuarzo. Hojas de biotita con promedio de 0.5 mm de diámetro constituyen 1 a 2% de la roca. La matriz es afanítica y generalmente de color gris amarillento, pero en algunos lugares está manchada de gris y amarillo obscuro. La estructura fluidal es poco definida o no existe, con textura granular y fractura irregular.

La composición mineralógica corresponde a una alaskita. El análisis es notablemente similar al del pórfido cuarcífero de grano fino, lo que sugiere que los dos tienen relación genética estrecha.

#### PORFIDO DE DACITA BIOTITICA

También es un tipo de roca intrusiva poco común en el distrito. El porfido corta a las Formaciones Vizcaína, Cerezo y Tezuantla y es de edad pre-mineral. Litológicamente es muy similar a la Formación Tezuantla y de la que se considera que fue la fuente de aprovisionamiento. En su apariencia general el pórfido tiene algo de similitud con el pórfido cuarcífero de gran grueso, pero tiene mayor cantidad de biotita y de cuarzo, así como estructura fluidal mejor desarrollada.

Su composición mineralógica es muy aproximada a la dacita.

#### ANDESITA DE OLIVINO.

Se conoce únicamente en la parte suroccidental del distrito, en donde parece que está relacionado con dos derrames de andesita de olivino de la Formación San Cristóbal y parecen tener la misma edad del Plioceno Superior.

En vista de la falta de laboríos mineros en el subsuelo de esta área, no se sabe si el cuerpo se angosta hacia abajo como lo hacen los cuerpos porfídicos en forma de embudo descritos anteriormente, aunque se piensa que así sea.

Una muestra tomada de uno de los diques está constituida por fenocristales aciculares euédricos de hornblenda hasta de 7 mm de largo y fenocristales esparcidos de plagioclasa hasta de 3 mm de largo, empotrados en una matriz densa de color gris oscuro con granos esparcidos de olivino. Su análisis químico corresponde muy aproximadamente a la composición de la andesita.

#### IV.A.b-TECTONICA

Las estructuras principales del distrito minero de Paucha-Real del Monte son una serie de pliegues en su mayor parte recumbentes hacia el noroeste, cuya expresión geográfica fundamental es la Sierra Madre Oriental. Este intenso plegamiento está relacionado directamente a la Revolución Laramide, de finales del Cretácico y principios del Terciario ( Eoceno Tardío ).

Los pliegues compuestos más grandes pueden describirse como anticlinorios y sinclinorios formados por grupos de pliegues sobrepuestos más pequeños ( Wilson, 1955, - Segerstrom, 1961 ). Dentro de los plegamientos los que más se destacan son los anticlinorios de Peña Colorada y Cerro Blanco, los cuales tienen rumbo N-S.

Tectónicamente la región pasó de una fase de plegamiento hasta una de fracturamiento y fallamiento normal.

Las capas inferiores de los depósitos clásticos terciarios tienen buzamientos más grandes ( hasta 35º o 40º ) que los de las capas más superiores ( casi horizontales ) lo que indica que el fallamiento iba disminuyendo mientras el material volcánico se acumulaba.

#### DEFORMACION POSTERIOR AL DEPOSITO.

Muchas estructuras reveladas por la orientación de las capas o por bandas fluidales de la superficie, inter e intraformacionales de las capas piroclásticas y clásticas y aun de los derrames en sí, son rasgos de depósito en muchos lugares; sin embargo, la inclinación y el fallamiento han sido superpuestos a estas estructuras en tiempos diferentes, desde la extravasación de las rocas de la Formación Santiago hasta el presente; parte de dicha deformación ha consistido en la flexión, pero la mayor parte parece debida al fallamiento normal que acompañó a dicha flexión, seguido por el fallamiento al rumbo de menor importancia.

#### ELEMENTOS TECTONICOS MAYORES DEL DISTRITO.

Consisten en las fallas Vizcaíña y Rosario Viejo ( ver Planos 1 y 2 ), que atraviesan el distrito en dirección general oeste-noroeste y termina en ambos extremos al dividirse en ramales divergentes; ésta es una falla de pivote.

El lado sur de la falla contiene numerosas fallas, entre las cuales las de Santa Gertrudis, Pinta y Regla, son de especial importancia.

Se piensa que el desarrollo de estos elementos tectónicos fué aproximadamente como sigue:

La parte de la sierra de Pachuca en que se encuentra el distrito minero comenzó a hundirse, formando flancos -- suroccidental y nor-oriental. En este período inicial-comenzaron a formarse las fallas Vizcaína, Rosario Viejo, Santa Gertrudis, Pinta y Regla, acompañadas por la iniciación de la depresión central y del flanco suroccidental.

El lado norte de la Falla Vizcaína llegó a ser una plataforma deprimida y casi horizontal, situada entre la Falla Vizcaína y la línea de bisagra con el flanco nor-oriental.

Esto fue seguido por el hundimiento inicial de la Cuenca Cerezo-Zumate, dejando la Plataforma Real del Monte en su posición original. Los otros elementos tectónicos ya mencionados continuaron desarrollándose, acompañados por el fallamiento normal extenso y culminando -- con la mineralización metálica. Después de la mineralización metálica siguió hundiéndose la Cuenca Cerezo-Zumate; hubo fallamiento normal adicional en grado menor, seguido por fallamiento lateral de importancia.

Se ha presentado suficiente evidencia para descartar la

compresión horizontal como factor responsable de las estructuras deformacionales presentes en la región minera Pachuca-Real del Monte, con excepción del fallamiento lateral menor post-Zumate; ésto quiere decir que las -- fuerzas verticales predominaron desde el tiempo en que las rocas volcánicas más antiguas expuestas en el dis-- trito fueron atravesadas, hasta después de la acumula-- ción de la Formación Zumate. Durante gran parte de es-- te intervalo, sin embargo, la región estuvo cerca del - estado normal. No obstante, la fuerza vertical fué al-- go mayor por lo general y la fuerza principal menor fué horizontal y orientada en dirección sur-suroeste a nor-- noroeste, siendo la fuerza intermedia horizontal y nor-- mal a la fuerza menor.

En general el distrito minero de Pachuca-Real del Monte presenta dos sistemas de estructuras mineralizadas, que son:

El sistema este-oeste y el sistema norte-sur. El sis-- tema este-oeste se presenta en el área de Pachuca en -- las unidades de San Juan Pachuca (zona de estudio) y en la del Alamo; y el sistema norte-sur se presenta única-- mente en el área de Real del Monte, en las unidades de Purísima y La Rica.

Por observaciones en la mina se determinó que en gene-- ral las primeras estructuras mineralizadas fueron las - pertenecientes al sistema norte-sur, ya que posterior-- mente, cuando se emplazaron las estructuras del sistema

este-oeste, fueron falladas y desplazadas las vetas del sistema norte-sur.

#### IV.A.c.- HISTORIA GEOLOGICA.

Desde el Cretácico al Cuaternario, en el área de estudio se presentaron los siguientes eventos geológicos:

Durante el Albiano se depositaron los sedimentos que -- dieron origen a la parte inferior de la Formación El -- Doctor; estos depósitos son característicos de mares de profundidad media a somera, sobre el Banco de Ixmiquilpan, Hgo. En los alrededores de este banco la forma--- ción consta desde limos hasta arenas calcáreas con restos de moluscos. En las partes más alejadas del banco las capas están formadas de calcilimolita y calcarenita con algo de pedernal.

La dolomitización que presenta la Formación El Doctor en ciertas capas, como en el cerro de San Miguel de la Cal, parece ser que se originó durante la diagénesis de los sedimentos calcáreos.

Durante el Cenomaniano Temprano hubo emersión general - de la zona, la cual sufrió una erosión, según muestra la separación que existe entre las Formaciones El Doc-- tor y la Soyatal. En el Turoniano Inferior el hundi--- miento fue muy rápido, acumulándose capas de calcilimo- lita arcillosa con interestratos de limolita, que co--- rresponden a la Formación Soyatal.

UNIDADES GEOCRONOLOGICAS		EVENTOS GEOLOGICOS
T E R C I A R I O	Q RECIENTE PLEISTOCENO PLIOCENO TARDIO	VULCANISMO DE FELSICO A MAFICO Y EROSION ORIGINANDO ROCAS EPICLASTICAS
	PLIOCENO TARDIO	FALLAMIENTO A RUMBO EN LAS ESTRUCTURAS E-W Y DESPLAZAMIENTO DE LAS VETAS N-S
	PLIOCENO MEDIO	ETAPA DE MINERALIZACION DE SULFUROS Y ALTERACION, CON REAPERTURA INTERMITENTE DE LAS FALLAS FORMACION DE LAS FALLAS N-S EN EL AREA REAL DEL MONTE
	PLIOCENO TEMPRANO	SUBSIDENCIA PRINCIPAL DE LAS ROCAS VOLCANICAS
	PLIOCENO TEMPRANO MIOCENO TARDIO	INICIO DE LA SUBSIDENCIA DE LAS ROCAS VOLCANICAS EMPLAZAMIENTO DE DIQUES
	MIOCENO TEMPRANO OLIGOCENO TARDIO	VULCANISMO DE INTERMEDIO A FELSICO ANTERIOR A LA MINERALIZACION DE SULFUROS, GRUPO PACHUCA.
	OLIGOCENO TEMPRANO EOCENO TARDIO	ETAPA POSTOROGENICA, FORMACION DE CUENCAS ENDORREICAS POR FALLAMIENTO EN BLOQUES. GRUPO EL MORRO (MOLASA CONTINENTAL).
	EOCENO TEMPRANO	OROGENIA HIDALGUENSE FORMACION DE LA SIERRA MADRE ORIENTAL POR DESLIZAMIENTO HACIA EL ESTE DE LA SECUENCIA JURASICO SUPERIOR-CRETACICO EMERSION
CRETACICO	TARDIO MAESTRICHTIANO TEMPRANO TURONIANO TARDIO	REGRESION FM MEXCALA-MENDEZ (CON SOYATA-L-QUAUTLA INDIFERENCIADA)
	TEMP CENOMANIANO ALBIANO	TRANSGRESION. ELEVACION NOTABLE DEL NIVEL DEL MAR FM EL DOCTOR

HISTORIA GEOLOGICA  
DISTRITO PACHUCA-REAL DEL MONTE  
(REGIONAL)

G E O L O G I A	U A S L P
	ESCUELA DE INGENIERIA
	RAFAELE RODRIGUEZ RDZ
	TRABAJO RECEPCIONAL
	1979 LAMINA N° IV-2

Al final del Turoniano el hundimiento continuó y, debido a que la porción occidental de México estaba en movimiento ascendente, hubo mayor aporte de sedimentos, además del vulcanismo que también aportaba gran cantidad de clásticos; ésto ocasionó el descenso del depósito de carbonatos y el predominio de clásticos, para formar -- las capas de areniscas con interestratificación de lutita que constituyen la Formación Mexcala; la acumulación de la Formación Mexcala continuó hasta el Mestrichtiano Temprano. La región emergió a fines del Cretácico.

El levantamiento terminó en el Eoceno Temprano con la - Orogenia Laramide. La erosión se intensificó en las - partes más elevadas, hasta descubrir la parte inferior de la Formación El Doctor.

A mediados del Eoceno, las fuerzas verticales dieron origen a las grandes fallas, ocasionando una tectónica - de bloques fallados. Los materiales erosionados en los altos topográficos dieron origen al Grupo El Morro, que es un conglomerado calcáreo continental depositado posiblemente entre el Eoceno Tardío y el Oligoceno Medio, - según Edwards.

A mediados del Oligoceno principió un largo período volcánico originado por la tectónica de bloques fallados, - dando origen a las formaciones del Grupo Pachuca, el -- cual culminó en el Plioceno Temprano.

La Formación Santiago es la más antigua de la secuencia

volcánica, constituida de toba, brecha y derrames de lava de composición riolítica. Posteriormente al depósito de esta formación siguió un corto periodo de erosión seguida por derrames de andesita negra a la cual se le denomina Formación Corteza. Sobreyaciendo a esta unidad y separada por una discordancia erosional, se depositó una secuencia de brechas, tobas y derrames de lava de composición variable de andesita a dacita, las cuales reciben el nombre de Formación Pachuca.

Durante el Mioceno Temprano principió una extravasación de brechas y lavas intercaladas de composición dacítica y andesítica, llamadas Formación Real del Monte, y sobre esta formación se depositó la Formación Santa Gertrudis, que consta de una serie de derrames de lava, brechas y tobas de composición andesítica y dacítica.

La Formación Vizcaína cubrió a la Formación Santa Gertrudis con marcada discordancia erosional y consta de derrames de lava, brecha y toba de composición dacítica y andesítica. A principios del Plioceno tuvo lugar una serie de derrames riolíticos que constituyen las Formaciones Cerezo y Tezuantla, las cuales descansan con discordancia angular y erosional sobre las formaciones más antiguas. Al final del Tiempo Vizcaína y Tezuantla o sea probablemente durante el Mioceno más Tardío y el Plioceno Temprano, tuvo lugar el emplazamiento de los diques.

La siguiente unidad más joven es la Formación Zumate, la cual descansa discordantemente sobre la Formación --

Tezuantla. A mediados del Plioceno se inició la extravasación de lavas máficas, cerrando algunos cañones y valles, formando con esto lagos efímeros a la vez que el clima se hizo más árido y comenzaron a acumularse -- las formaciones Tarango y Atotonilco El Grande.

A finales del Plioceno continuó el vulcanismo máfico y, por consiguiente, la interrupción del desagüe en muchos lugares, produciendo lagos pequeños y lagunillas en donde se depositaron los sedimentos lacustres de la Formación Tarango; después, estos lagos fueron desaguados y las corrientes fluviales dieron lugar a los sedimentos del Cuaternario, es decir, al aluvión (Ver lámina No. - IV-2 ).

#### IV.B.- GEOLOGIA LOCAL

En la zona de estudio se identifican sólo rocas ígneas del tipo extrusivo, de composición variable entre andesita, dacita y riolita.

##### IV.B.a.- ESTRATIGRAFIA Y PETROGRAFIA

Las rocas ígneas que sirven de respaldo a la Veta Maravillas son rocas pertenecientes al Grupo Pachuca ( ver lámina No. IV-1 ); la veta se encuentra principalmente en tres formaciones del mismo grupo que son las siguientes:

##### FORMACION SANTIAGO

Definición.- Formación más antigua que se conoce dentro

de los límites del distrito. Consiste en derrames de la va, brecha y tobas interestratificados, de composición variable de andesítica a riolítica, con algunas interca laciones de roca volcánica epiclástica. La localidad - tipo de la parte superior es el flanco meridional del - cerro de Santiago o de Coronas, donde se encuentra su a floramiento más extenso; la parte inferior de la misma - se observa en los laboríos mineros del tiro de la mina Paricutín. Su espesor expuesto es de 480 m, pero como su base no se ha alcanzado, se determina que ha de ser mayor.

Petrografía.- En la Formación Santiago se identifica -- una sucesión de miembros rocosos y, de acuerdo con su - porción más antigua, es la siguiente:

- 1.- Roca Porfirítica de grano grueso. La roca tiene tex tura porfídica, con fenocristales grandes. Los fenocristales de feldespatos de color verde amarillento grisáceo y están empotrados en matriz de color - púrpura o gris verdoso.
- 2.- Clásticos. Capas clásticas con variación desde limo - lita a brecha volcánica, en las cuales los fragmentos angulosos se encuentran empotrados en matriz to bácea. Presentan color verde grisáceo. La cima de este miembro es una capa delgada de toba.
- 3.- Andesita porfídica. Sucesión de derrames de andesita porfídica, con menor cantidad de brecha. Su co-

lor es verde grisáceo.

La alteración ha afectado a toda la formación parcialmente, como rasgo deutérico tardío, pero sobretudo debido a soluciones hidrotermales posteriores y a la mineralización, siendo la albitización la -- que se encuentra más ampliamente distribuida.

#### FORMACION CÔRTEZA

Definición.- La segunda formación por su antigüedad conocida en el distrito. Está formada por derrames andesíticos y basálticos, con un miembro tobáceo basal. Es la única formación de andesita no porfídica en el distrito y la única de las formaciones inferiores que se distingue fácilmente de las demás sólo con base en su litología. Su localidad tipo se encuentra en el nivel Fortuna (270) de la mina San Juan Pachuca, en el cruce-ro donde se localizan la Veta Corteza y la base de la capa tobácea basal. Su espesor es de 200 m aproximadamente. Esta formación sobreyace a la Formación Santiago en discordancia erosional ligera.

Petrografía.- En esta formación se distinguen dos miembros litológicos: el primero es un clástico basal y consiste en toba cuyo color varía del rojo oscuro al gris claro, de acuerdo con el grado de alteración y de hidratación de los óxidos de fierro presentes; está compuesta por partículas del tamaño del limo y bien litificada.

El segundo miembro sobreyace al anterior y consiste en

derrames de lava que se presenta no porfídica. Su color es gris obscuro. La matriz es densa y de grano fino.

Las alteraciones que presenta esta formación consisten en: albitización, caolinización, carbonatización, sericitización, epidotización y piritización.

#### FORMACION PACHUCA

Definición.- Tercera formación en antigüedad en la sucesión volcánica terciaria dentro del distrito y en la cual se aloja la mayor cantidad de la mineralización metálica del mismo. Consiste en un miembro clástico tobáceo bastante continuo en la base, cubierto por derrames andesíticos y dacíticos interestratificados, con varios miembros tobáceos lenticulares y hasta con diez capas de brecha alternadas con derrames relativamente macizos en la parte superior de la formación. Se le da este nombre a la formación debido a que en la ciudad de Pachuca se encuentra el afloramiento más grande, pero su localidad tipo se considera que corresponde al afloramiento que desde el contacto con la Formación Corteza subyacente, en la orilla oriental de Pachuca, se extiende directamente al oriente a la distancia de 870 m, hasta el contacto con la Formación Real del Monte, sobreyacente. Su espesor es hasta de 240 m aproximados.

Petrografía.- La base de la formación está compuesta por material clástico tobáceo bien estratificado, consistente en estratos de limo y arena bastante bien clasificados. Su color es verde grisáceo, más claro que los de las rocas de derrame sobreyacentes. Roca de de-

rrame relativamente compacta forma gran parte de los -- estratos inferiores de la formación, con matriz afanítica o de grano fino; la estructura fluidal se presenta - poco desarrollada o está ausente. La roca es de composición andesítica.

Un segundo tipo de roca de derrame en la formación se caracteriza por su estructura fluidal bien definida y - por su grano fino. Un tercer tipo de roca de derrame también muestra buena estructura fluidal, pero es de -- grano grueso.

En la parte oriental de la zona de estudio se encuen--- tran cortadas las Formaciones Real del Monte y Santa -- Gertrudis en una porción muy pequeña de terreno dentro del área de estudio y por consiguiente también entran - dentro de la estratigrafía de la misma.

#### FORMACION REAL DEL MONTE.

Definición.- Cuarta formación más antigua dentro del -- distrito de Pachuca-Real del Monte; consiste en la in-- terestratificación de brecha de derrame, roca de derrame maciza y capas tobáceas de composición andesítica y dacítica, que cubre concordantemente a la Formación Pachuca. La localidad tipo está comprendida entre el contacto con la Formación Pachuca y el miembro clástico basal sobreyacente de la Formación Vizcaína, dentro de - los laboríos subterráneos del distrito de Real del Monte. Su espesor varía de 120 m a 350 m.

Litología.- En la base de la Formación Real del Monte - se presentan localmente capas tobáceas clásticas. Es-- tán constituidas por partículas de tamaño muy variable- que tienen composición general andesítica. Ciertas ca- pas bien estratificadas consisten en una mezcla de par- tículas del tamaño de la arcilla, limo y arena gruesa,- mientras que otras son compactas y compuestas de grano- grueso; más arriba en la formación se presentan otras - lentes tobáceas clásticas.

#### FORMACION SANTA GERTRUDIS.

Definición.- El nombre de Formación Santa Gertrudis se propone por la veta de Santa Gertrudis, de la parte del respaldo del alto en el tramo más productivo cerca de - la superficie. La formación descansa concordantemente- sobre la Formación Real del Monte. Esta formación se - distingue por sus derrames macizos con cantidades meno- res de brecha de derrame y de otras capas clásticas y - tobáceas con composición andesítica predominante, que - localmente cambian por transición a dacita. Su locali- dad tipo aflora en la barranca principal al noreste del pueblo de La Reforma. Su espesor varía de menos de 200 a 350 m.

Litología.- La base de la formación consiste en escala- local de un miembro clástico con menos de 1 m de espe- sor; en algunos lugares donde falta el miembro tobáceo- basal, la base de la formación está constituida por una capa de roca de textura afanítica de unos 2 cm de espe- sor.

El tipo litológico principal de la formación está constituido por rocas de derrame de tono variable del gris verdoso y tiene manchones de color gris oscuro o rojo grisáceo.

#### IV.8.b.- ESTRUCTURAS

ELEMENTOS ESTRUCTURALES EN LA UNIDAD DE SAN JUAN PACHUCA  
Las estructuras mayores en esta unidad están representadas por:

- 1.- Veta-Falla Vizcaína
- 2.- Dique Abasolo
- 3.- Dique San Antonio
- 4.- Sistema de Vetas y Fallas.

La Veta-Falla Vizcaína, que atraviesa todo el distrito (12 km de longitud) con rumbo NW-SE, forma el control estructural y por lo tanto mineral, en esta unidad e influye en la misma forma que las demás. Su movimiento lateral no es grande, ya que se encuentra dentro de las decenas de metros, pero lo más relevante de ella es su movimiento de pivote o bisagra, cuyo eje se encuentra cercano a las coordenadas locales 11,000 N y 18,000 E.- El lado oriental del bloque norte subió relativamente y el lado poniente descendió, formando la Plataforma de Real del Monte y la Cuenca Cerezo-Zumate, respectivamente. La parte sur de la falla se encuentra influenciada por el llamado Arco de Cubitos, que forma la estructura mayor de la unidad del Alamo.

Los Diques Abasolo y San Antonio, que son subparalelos-

a la Veta-Falla Vizcaína, parecen también tener algún control estructural dentro de esta unidad, pero hasta la fecha no se ha determinado ésto con exactitud.

En la parte más noroccidental de la unidad, el modelo-estructural formado por las vetas y fallas determina -- una serie de rumbos entre, los cuales el más notable es el determinado por las Fallas Vizcaína, Pabellón y Maravillas, el cual está levantado con respecto a la zona circundante; el segundo más notable es el formado por las Fallas Maravillas y veta Santa Elena al norte, y vetas Encino-Palma y Mora al sur; el tercero, formado por vetas Mora y Vizcaína al norte y veta Rosario al -- sur; y el cuarto limitado por las vetas Tulipán, Milanesa y Analcos. En la parte norte de la veta Vizcaína las vetas tienen rumbo NE-SW, son paralelas a subparalelas entre sí y están alineadas con las vetas del lado NW-SE de los rumbos anteriormente señalados, al sur de la Falla Vizcaína.

#### ESTRUCTURA LOCAL

La veta Maravillas-Pabellón atraviesa la parte centro-septentrional del área de Pachuca, como un ramal que se separa al lado sur del extremo oriental de la veta-Vizcaína, así como un ramal que se separa al lado sur del extremo occidental de la veta Rosario Viejo (ver planos No. 1 y 2). La coordenada local 14,100 E marca la división arbitraria entre las dos vetas. Este sistema de vetas es uno de los más potentes del área de Pachuca, teniendo como 4 km de longitud.

El rumbo de la parte principal de la veta Maravillas se acerca al N 70º E, pero hacia el extremo oriental, en donde se acerca y después se une con la veta Vizcaína, cambia gradualmente hasta el oriente y luego al S 75º E. El buzamiento varía de 70º S en los dos tercios occidentales de la veta, a 75º S en el extremo oriental. La mayor parte de la veta Pabellón tiene rumbo casi al oriente, cambiándose al N 75º W en su tercio occidental. Su buzamiento medio aproximado es de 70º S.

La veta Maravillas es uno de los diversos ramales que se separa al lado sur de la veta Vizcaína, encontrándose que de la misma veta Maravillas se desprenden varios ramales que parecen desaparecer en unos cuantos metros al poniente del extremo oriental de la veta, aunque la estructura de veta continúa en forma bien definida por una distancia de casi 2 km hacia el poniente. Sin embargo, la parte principal de la veta Maravillas continúa hacia el poniente y pasa a ser la veta Pabellón, comenzando aproximadamente con la coordenada local - - - 14,100 E. La veta Pabellón se vuelve más débil hacia el poniente, aunque los afloramientos demuestran que se une con la veta Rosario Viejo, que es el ramal occidental principal de la veta Vizcaína. El desplazamiento a lo largo de la veta Maravillas-Pabellón generalmente es menor de 50 m, con el lado sur hundido, en contraste con la veta Vizcaína, cuyo lado norte se ha hundido. El bloque entre estas dos grandes vetas, por lo tanto, es un pilar inclinado hacia el norte. Este sistema de vetas es de los pocos en que los cuerpos de mineral llegaron, en realidad, a aflorar en el distrito.

## V.- YACIMIENTOS MINERALES

## V.A.- HISTORIA MINERA DEL DISTRITO

El distrito minero de Pachuca-Real del Monte es excepcional - por su enorme producción de plata, que abarca poco más de cuatro siglos y medio de explotación casi continua. Durante este período la producción de plata del distrito se estima conservadoramente en unos 38 millones de kilogramos - - - - - (1,181,932,359.87 onzas troyanas). Desde el descubrimiento - de América por Colón a la fecha, este distrito ha producido - el 16% de la producción total mexicana, y el 6% de la plata - extraída de las minas en todo el mundo durante los últimos -- cuatro siglos y medio.

Según las leyendas, Cortés personalmente vio adornos y utensilios de plata en el tesoro de Moctezuma, parte del cual probablemente tuvo su origen en este distrito minero.

En el año de 1528 se empezaron a establecer en este distrito los primeros españoles que traían al frente al capitán Francisco Téllez; y se establecieron en el pueblo construido por los indígenas, sobre los costados empinados del río en la barranca aguas arriba de la cuenca, o sea arriba del sitio actual de la hacienda de beneficio de Loreto (en Pachuca).

Al principio, la explotación del mineral argentífero se limitó a la extracción de las menas aflorantes que se prestaron a fundirse en hornos primitivos, que utilizaban carbón vegetal obtenido de los cerros cercanos poblados por árboles.

Con la llegada de los españoles, la actividad minera se res--

tringió a cuatro pequeños "reales de minas", o sea campos mineros, conocidos con los nombres de Real de Tlauhilpan, ahora pueblo de San Rafael; Real de Arriba, posiblemente el actual-poblado de Cerezo; Real del Monte, que estuvo situado en un bosque tupido a 4 km al oriente del pueblo actual con el mismo nombre y Real de Atotonilco, que es ahora el pueblo de El Chico.

El sistema de beneficio de aquel tiempo era llamado de fundición, introducido a la Nueva España por Juan Alemán en 1542, que consistía en revolver los minerales argentíferos con metales plomosos y someterlos a fuego durante varios días, hasta que el metal escurría sobre unos moldes. Con este procedimiento sólo podían procesarse minerales con leyes muy ricas de plata. Bartolomé de Medina puso en práctica por primera vez en 1555, en la hacienda de Purísima Concepción, en Pachuca, el método de amalgación o de "beneficio de patio", que abatió los costos y permitió explotar las minas con leyes más bajas que las anteriores.

A finales de 1823, los ingleses decidieron instalarse en este distrito, comprando las acciones de las minas de Don Pedro Romero de Terreros, tercer Conde de Regla. Al frente de la compañía inglesa estuvieron John Taylor, James Vetch, John Rule y el italiano Vicente de Rivafinoli.

Con el fin de mecanizar con vapor todos los sistemas de desagüe y molienda, en 1825 se compraron en Inglaterra 9 máquinas de vapor y varias calderas para moverlas, y en 1826 se terminó la instalación, dando inicio al bombeo para desaguar

los tiros y socavones. En años anteriores el sistema de desagüe se efectuaba por medio de bolsas de cuero, pendientes de los malacates.

En octubre de 1848 la compañía inglesa se disolvió y parte de las acciones pasaron a manos de los mexicanos, con Don Manuel Escandón y Don Nicanor Béistegui al frente del grupo. En este tiempo, debido a la retirada de los ingleses, se formaron varias compañías mineras, quedando algunos franceses e ingleses al frente de ellas.

En 1920 se cambió oficialmente el nombre de United States -- Smelting, Refining and Mining Co., adquirida en 1906, al nombre actual de Compañía de Real del Monte y Pachuca. La United States Smelting Refining and Mining Co. vendió sus acciones - que tenía en la Cia. de Real del Monte y Pachuca al gobierno de México en el año de 1947, por falta de reservas mineras para permitir la explotación con utilidades.

Desde el año de 1924, se iniciaron levantamientos y estudios geológicos de las minas, por parte de la Cia. de Real del Monte y Pachuca. La exploración en el subsuelo se intensificó notablemente con el uso de barrenos de diamante para sacar núcleos de las rocas.

En el bienio de 1728-29, la producción fue la más alta que se ha registrado en la historia de este distrito, con 135,697 kilogramos de plata.

#### V.B.- MINERALOGIA

La mineralogía encontrada en la veta Maravillas se determinó-

primeramente por investigaciones hechas por R.F. Black (1955) sobre secciones pulidas y láminas delgadas, y con observaciones megascópicas efectuadas en los levantamientos geológicos de detalle hechos posteriormente. Todo ésto revelan una secuencia uniforme de depósitos de sulfuros de metales básicos, seguidos hacia el final de la secuencia por sulfuros argentíferos. En niveles superiores el mineral argentífero predominante es la argentita, pero también se presentan estefanita y plata nativa abundantes, con cantidades reducidas de polibasita. La argentita reemplaza la calcopirita y está íntimamente intercrecida con ella. Tanto la argentita como la calcopirita reemplazan a la estefanita y a la polibasita. Pero en niveles inferiores, tanto la calcocita como la covelita reemplazan la galena y a la calcopirita. Menos oxidadas son particularmente abundantes en forma local; son observables sobre todo la goethita, la hematita y los óxidos de manganeso.

#### V.C.- FORMA DEL CUERPO

Las formas de los cuerpos mineralizados pueden ser de origen primario o sin-genético, o bien secundario o epigenético.

En la mayoría de los yacimientos epigenéticos, las estructuras superpuestas a las rocas han ejercido gran influencia sobre la circulación de las soluciones mineralizantes, en particular las fallas, fisuras y pliegues y, menos comúnmente, las zonas de brecha y de disolución. En consecuencia, la forma más frecuente de los cuerpos mineralizados que se presenta en este distrito minero es de vetas. Estas son cuerpos de caras aproximadamente paralelas, de poco espesor y con promedio de potencia entre 1 y 2 m; las otras dos dimensiones son de 600-

a 1,000 m de profundidad, con 2,000 a 4,000 m de longitud. Se formaron siguiendo zonas de fracturas o fallas y son el resultado del relleno de éstas en su mayoría y el mínimo como reemplazamiento parcial o completo de la roca encajonante, a partir de las fisuras, o bien por ambos procesos combinados.- Las vetas son ramificadas porque ocupan varias fisuras más o menos paralelas, que en algunas ocasiones llegan a juntarse.

Las vetas raramente están formadas exclusivamente por la mena; por lo general, son un conjunto de mena y ganga y a las concentraciones de mineral económico se les denomina clavos.

La mineralización generalmente se encuentra alineada en fallas o fracturas de gran magnitud; por lo consiguiente se les denomina vetas-fallas, lo cual es característico de los yacimientos hidrotermales del tipo epitermal, que se encuentran en este distrito minero.

#### V.D.- ROCA ENCAJONANTE Y GANGA.

En la veta Maravillas, como en la gran mayoría de las vetas del distrito de Pachuca-Real del Monte, la mineralización se encuentra confinada en rocas volcánicas terciarias extrusivas principalmente pertenecientes a la Formación Pachuca y, en menor porcentaje, en las formaciones Corteza y Santiago.

En la veta Maravillas las rocas terciarias volcánicas tienen composición comparable a un queratofiro o a una andesita albitica. Pueden reconocerse restos de fenocristales de albita y sanidina y de tabletas menudas de albita en la matriz. La roca fué intensamente argilizada, silicificada y cloritizada --

con anterioridad al fracturamiento y al reemplazamiento de -- las vetas de cuarzo, albita y sulfuros. Los minerales sulfurados también están diseminados en fragmentos de roca alterada adyacente a la veta.

La ganga consiste en cuarzo, albita y vetillas de calcita; minerales arcillosos, clorita y roca encajonante alterada aparecen adyacentes a la veta principal.

#### V.E.- PARAGENESIS

Wisser (1951), resumió la historia de la mineralización del distrito de Pachuca-Real del Monte, como sigue: "El período de formación de las vetas fué relativamente corto y brusco y el proceso fué sencillo y uniforme a través de todo el distrito. Los minerales de veta se depositaron en una secuencia -- que tuvo poca variación de un lugar a otro; traslapes en el tiempo de depósito fueron comunes, pero pocos minerales de veta muestran generaciones múltiples separadas en el tiempo".

En la Lámina No. V-1 se presenta una secuencia paragenética de la veta Maravillas, indicando los minerales de mena y de ganga.

La albitización como proceso hidrotermal, acompañó al primer-relleno de las vetas. El cuarzo se presenta en dos generaciones, no fáciles de identificar; la primera es de origen magmático tardío o debido a la desvitrificación de los derrames de lava y la segunda generación del cuarzo fué introducida posteriormente, durante la alteración hidrotermal relacionada con la formación de la veta.

# SECUENCIA PARAGENETICA DE LOS MINERALES HIPOGENICOS DE LA VETA MARAVILLAS

PRIMARIO

SECUNDARIO



Modificada de GEYNE et al 1963

G E O L O G I A	U. A. S. L. P.
	ESCUELA DE INGENIERIA
	RAFAEL E. RODRIGUEZ RDZ
	TRABAJO RECEPTACIONAL
	1979 LAMINA Nº V-1

Translapando, pero principalmente siguiendo el primer influjo de cuarzo, vino un influjo menor de calcita. Localmente la calcita fué depositada antes del cuarzo y fué cortada por éste. La calcita también siguió al depósito de los sulfuros de metales básicos, aunque coincidió con mucho de los sulfuros argentíferos. Continuó con menor interrupción al terminar el depósito hipogénético, hasta el período de alteración y depósito supergénético y, por lo tanto, es uno de los períodos -- más largos de depósito de cualquiera de los minerales en este distrito minero.

La mayor parte de los sulfuros de metales básicos precedió a los sulfuros argentíferos. La paragénesis del período esta descrita en los párrafos antes mencionados, en lo que corresponde a la mineralogía de la veta Maravillas.

#### V.F.- ALTERACION

##### V.F.a.- ALTERACION DE LAS ROCAS DE LOS RESPALDOS.

En general, todas las rocas de los respaldos en el distrito Pachuca-Real del Monte están algo alteradas. Las fracturas principales o las zonas de fracturamiento menos intenso parecen haber gobernado la distribución de la alteración.

Según Wisser (1951), la actividad hidrotermal comenzó con la alteración de la roca de los respaldos. Las soluciones implicadas subieron por aquellas fracturas que existieron y permanecieron abiertas en aquel tiempo. La alteración consistió en la propilitización, con la formación de clorita, carbonatos, epidota, etc., afectando a casi todo el distrito en grado mayor o menor; -

la sericitización estuvo confinada mas estrechamente a las inmediaciones de los conductos de las soluciones; y la silicificación se apegó aún más estrechamente a las fracturas que sirvieron de conductos. La propilitización parece haber sido el proceso más temprano, seguida en su turno por la sericitización y la silicificación, extendiéndose lateral y verticalmente desde los conductos, unas tras de otras, las soluciones de cada tipo, pero cada proceso se extendió por distancias sucesivamente más cortas en los respaldos.

En la veta Maravillas los procesos de alteración consistieron en la propilitización, la albitización y la carbonatización.

#### V.F.b.- ALTERACION DE LOS CUERPOS DE MINERAL.

En la mayoría de las muestras de material procedente de las vetas del distrito la alteración supergénica es considerada de poca consecuencia, excepto en la producción de cantidades menores de calcocita, covelita, bornita, plata nativa y manchas de carbonatos de cobre y óxidos de manganeso y fierro. Gran parte de la plata nativa también es considerada hipogénica, ya que está asociada con sulfuros argentíferos y de metales básicos hipogénicos, y no se observan ahí manchas u otras manifestaciones de alteración secundaria o supergénica.

#### V.G.- GENESIS DEL YACIMIENTO

Los yacimientos argentíferos del distrito de Pachuca-Real -- del Monte están clasificados como depósitos hidrotermales --

del tipo epitermal, por formarse a poca profundidad de la superficie y por consiguiente a presión y temperatura bajas, o sea a la profundidad de unos 1,000 m y a la temperatura de -- formación que varía entre 50 a 200° C, según la clasificación de Lindgren (1933).

Debido al fracturamiento intenso ocurrido en épocas anteriores a la mineralización, el yacimiento se presenta con textura de relleno de cavidades en su mayoría y, en menor escala, como reemplazamiento de la roca encajonante. Se presenta también la textura coloforme, debida a la presencia del sílico - en su variedad calcedonia. Las fisuras tienen conexión directa con la superficie, permitiendo a los flúidos mineralizantes fluir con relativa facilidad.

Lindgren señala que los yacimientos epitermales son muy frecuentes en lavas y piroclásticos de composición que varía entre andesítica a riolítica, rara vez en basaltos y siguen a las erupciones del Terciario.

## VI.- EXPLORACION Y EXPLOTACION

### EXPLORACION Y DESARROLLO

Exploración en este caso son las obras que se llevan a cabo con objeto de delimitar el yacimiento, como en el presente -- proyecto se tendrá que prolongar los cañones que se tienen. -- Estos cañones se encuentran colados sobre veta, dado que la -- exploración que se llevará será a rumbo de veta, cuando sea -- obra directa.

En los cañones colados sobre veta, se dan cruceros a ambos la dos de los cañones a intervalos de 50 m, con objeto de explorar a la profundidad por medio de barrenos de diamante. La -- longitud de perforación de esas máquinas variará de acuerdo -- con las zonas geológicas que se atraviesen.

Los cañones que se llevan a rumbo de veta, tienen las siguientes dimensiones: 2.20 m por 2.00 m y pendiente máxima de 0.5%

Las obras de desarrollo tienen como fin bloquear el mineral -- para poder efectuar su muestreo sistemático y convertirlo en mineral probado (Leith en Govett y Govett, 1938), así como -- prepararlo o dejarlo en condiciones de extraerlo.

Para efectuar las obras de desarrollo hay que tener en cuenta los factores siguientes:

- 1.- Tener acceso a las obras de los laboríos, con objeto de -- efectuar el transporte del mineral tumbado y los materiales.

2.- Poseer información detallada sobre la clase y tamaño del cuerpo mineralizado.

La importancia relativa de estos factores depende del tamaño y tipo del cuerpo que se esté trabajando. El segundo factor es importante para cuerpos de mineralización de forma y contenido irregulares.

Entre las obras que se efectúan en el desarrollo se tienen: frentes, contrapozos, cruceros, pozos, etc.

La característica fundamental para hacer el proyecto de desarrollo es la de ver el tiempo mínimo en que se podría desarrollar la veta, tomando en consideración que cuando se llevan obras directas en un lugar, lo mismo se hará en otro, es decir, que se llevarán simultáneamente las obras de exploración con las de desarrollo. Para poder proyectar las obras de desarrollo se tienen que analizar los puntos siguientes:

- 1).- Estudiar y elegir el método apropiado de explotación.
- 2).- Estudiar el tipo de perforación.
- 3).- Estudio sobre como se harán el desagüe y el manteo
- 4).- Estimación probable de costos de desarrollo.

De acuerdo con los estudios que se llevaron a cabo, se tienen las siguientes características de la veta: los respaldos, o sea la roca encajonante, son andesitas y dacitas, estando firmes en la mayoría de las partes, mientras que en otros lugares se presentan un poco alteradas; el llenamiento es cuarzo-

so con muy poca calcita, pero es firme. La veta tiene potencia de 2.0 m, con rumbo de N 70° E y buzamiento de 70° a 75° hacia el sur. La densidad del mineral es de 2.5

Después de haber hecho el análisis de los datos anteriores y por lo que se refiere a las características físicas del relleno de las fallas mineralizadas y de los respaldos, se llegó a la conclusión de que el método más apropiado para la explotación es el de tumbe sobre carga o corte y almacenamiento. Además, puede considerarse como un método de explotación de -- costo medio. Respecto a la seguridad de este método, puede considerarse buena; las precauciones que se tengan serían: no llevar rebajes muy grandes; vigilar el vaciado del mineral para que la distancia del piso al rebaje no exceda de 2.00 m. - La recuperación con este método es del 95%.

En la parte en que la roca encajonante se encuentra alterada (de 40 a 50 m), se utilizará el método de corte y relleno, -- por tener mayor seguridad que en el otro método. Las precauciones que se tomarán en cuenta son: que en cualquier momento haya suministro de tepetate para el relleno; que antes de vaciarse el tepetate y aplanillar se deberá vaciar totalmente - el mineral tumbado, evitar la mezcla de mineral y tepetate. - La recuperación en este método es del 95%.

Las dimensiones de cada bloque serán de 45 m de altura por -- 45 m de longitud, lo que da el menor costo por tonelada de mineral tumbado y la mayor seguridad posible. Cada bloque re-- presenta:

$$45 \times 45 \times 2.0 \times 2.5 = 10,125 \text{ toneladas}$$

A medida que se van terminando las obras será necesario muestrear de cabeza, tomando muestras equidistantes a cada 2 m, - de tal manera que se pueda llevar el muestreo sistemático. -- Por lo tanto, la estimación de reservas se hará simultáneamente al desarrollo de las obras.

Factores que se deben de tomar en cuenta en los costos directos de una obra minera:

Costos directos.- Son aquellos que varían en forma directamente proporcional a la producción y están formados por:

- 1).- Obra manual
- 2).- Fuerza
- 3).- Materiales y refacciones

Factores que intervienen en los costos de un metro de avance en las frentes: La longitud de cada barreno es de 1.5 m y, -- por pruebas con un promedio de 25 barrenos, con 1.3 m como avance efectivo y 0.20 m como fuques.

La barrenación constará de: barrenos de cuña, ayudantes y de empareje. A cada barreno se le pondrán 6 bombillos de dinamita de 7/8" de diámetro, con peso de 0.092 kg cada uno; el tipo de dinamita utilizada es Gelamex No. 2, usándose también - cañuela Clover, cápsulas de aluminio No. 6, conectores y termalita.

El uso de la termalita reduce en 30% el gasto de la cañuela y da el tiempo necesario al trabajador para refugiarse en lugares seguros. Por cada barreno, se ahorra un metro de cañuela.

Equipo de perforación.- Las máquinas perforadoras utilizadas son RDM, de pierna neumática. Estas máquinas son fabricadas por los talleres de Maestranza, propiedad de la Cia. de Real del Monte y Pachuca. La depreciación de las máquinas se hará en dos años, trabajando 310 días al año. Cada equipo también estará compuesto por un juego de barrenas con sus respectivos insertos de corona Widia.

Exploración a profundidad.- Se llevará a cabo por medio de obras directas, que serán planes colados en la veta. La longitud de estos planes de exploración será de 50 m, estando separados uno de otro 135 m.

Además, en la exploración a la profundidad se contará con barrenación de diamante con máquinas que tengan alcance medio - de 350 a 700 m.

#### VI.A.- PROGRAMA DE OBRAS MINERAS.

Tanto este punto como el siguiente, que es el VI.B.- (PROGRAMA DE BARRENACION DE DIAMANTE) serán recomendaciones basadas en los levantamientos geológicos de la mina, así como en la recopilación y estudio de planos y secciones verticales, tanto longitudinales como transversales y serán tratados en el capítulo siguiente, que corresponde a Conclusiones y Recomendaciones.

#### VI.C.- CALCULOS DE RESERVAS.

##### RESERVAS INDICADAS.

El tonelaje es proporcionado por medio de la obra directa ya desarrollada y por la potencia media de la veta; la potencia-

R E C U R S O S					
IDENTIFICADOS			NO DESCUBIERTOS		
DEMOSTRADAS			MINERAL POTENCIAL		
M I N E R A L					
PROBADO	PROBABLE	POSIBLE	ESPECULATIVOS		
R E S E R V A S			HIPOTETICOS		
MEDIDAS	INDICADAS	INFERIDAS	(EN DISTRITOS CONOCIDOS)	CONVENCIONALES	NO CONVENCIONALES
R E S E R V A S					
R E C U R S O S					

SUBECONOMICOS

SUBMINERAL PARA RESERVA

INCREMENTO EN EL GRADO DE LA FACILIDAD ECONOMICA

INCREMENTO EN EL GRADO DE LA CONFIANZA GEOLOGICA

-  Mc KELVEY (1972)
-  BLONK & LASKY (1955-1956)
-  LEITH (1938)
-  MOBY & PRATT (1973)

## RESERVAS Y RECURSOS MINERALES

G E O L O G I A

U. A. S. L. P.

ESCUELA DE INGENIERIA

RAFAEL E RODRIGUEZ RDZ

TRABAJO RECEPCIONAL

1 9 7 9

LAMINA N° VI-1

o espesor de la veta es tomada como de 2 y 1 m en los niveles 170 y 370 respectivamente. La ley es tomada como el promedio de 220 gr/tn para tener un margen considerable de mineral explotable. Ver lámina VI-9 y planos 3 y 4.

La cubicación de las reservas se calculó utilizando la fórmula siguiente:

$$T = V \times P.E.$$

donde

T = toneladas métricas

V = volumen ( en metros cúbicos )

PE= peso específico

En la cubicación de las reservas medidas se tomó un factor de seguridad del 20%, como sigue:

Obra No. 1	100 x 90 x 2 x 2.4 =	43,200 tn.
Obra No. 2	100 x 90 x 2 x 2.4 =	43,200 tn.
Obra No. 3	50 x 90 x 1 x 2.4 =	10,800 tn.
Obra No. 4	50 x 90 x 1 x 2.4 =	<u>10,800 tn.</u>
T O T A L		108,000 tn.
Factor de seguridad 20%	-	<u>21,600 tn.</u>
		86,400 tn.

#### RESERVAS INFERIDAS

Los tonelajes son calculados con base en conocimientos geológicos y en parte con proyecciones hechas a distancias razonables, tomándose en consideración que se encuentran bastantes

evidencias para garantizar el que sean incluidas.

Obra No. 1	151,200 tn.
Obra No. 2	151,200 tn.
Obra No. 3	21,600 tn.
Obra No. 4	<u>21,600 tn.</u>
T O T A L	345,600 tn.
	<u>-172,800 tn.</u>
	172,800 tn.

#### VI.D.- PREPARACION Y EXPLOTACION.

Una mina necesita prepararse para extraerle el mineral que -- contiene. La preparación consiste en colar obras que permi-- tan iniciar el tumbe de mineral, siendo estas obras de acuer-- do con el metodo de explotación que se vaya a usar. La explo-- tación consiste en la sucesión de trabajos ejecutados en un - yacimiento, con el fin de obtener de él la totalidad del mine-- ral que contiene.

A continuación se mencionarán las ventajas y desventajas que presenta el método de tumbe sobre carga:

Este método es barato, por no necesitar mucho desarrollo; el - mineral quebrado sirve como fortificación a los respaldos y - elimina el uso de madera; el personal trabaja sobre terreno - firme; no necesita movimiento de mineral dentro del rebaje; - se puede tener una reserva grande de mineral quebrado dentro de la mina; se tiene buena ventilación, casi sin costo; en la preparación sólo se necesitará una frente y contrapozos para las tolvas.

Entre las desventajas que presenta se tiene la de que de todo el mineral tumbado sólo se aprovecha de inmediato un tercio - del volumen; el mineral en reserva no puede recuperarse de inmediato, por lo que representa una inversión muerta; no es posible pepenar el mineral; es posible que en el rebaje existan grandes bloques de roca suelta (pegaduras), que no permitan sacar el mineral; si los respaldos no son muy resistentes, -- pueden diluir la carga al vaciarse el rebaje; la ley del mineral almacenado puede variar, ya que si la mina presenta humedad, puede oxidarse, lo cual repercutirá en la recuperación - del proceso metalúrgico; se tienen muchos accidentes al vaci--- ciar, porque la gente no cuida de remover las partes muertas- del mineral; es necesario dejar pilares de mineral, para después ser recuperados aún por métodos más costosos.

Los rebajes llevados por este método de explotación se cueles de abajo hacia arriba. El mineral que es jalado por las alcancías es el 40% del mineral tumbado; el otro 60% es dejado- como piso de apoyo.

En cambio, en el método de corte y relleno puede hacerse la - consideración de que las ventajas del método de tumble sobre - carga son las desventajas de aquél y sus desventajas son las ventajas del otro.

El cuele de los rebajes también se llevará de abajo hacia a--- rriba. A medida de que el mineral tumbado es extraído se rellena el rebaje con tepetate, dejando el espacio necesario- entre el piso y cabeza para poder dar el corte siguiente. Para evitar la mezcla del mineral con el tepetate se aplanilla-

rá éste antes de tronar. Después de haber vaciado el mineral de la tronada, se subirá el anillado y se tapará efectuándose después el vaciado del tepetate para hacer el relleno. El mineral podrá ser rezagado con palas o con rastras.

El tepetate será vaciado por los chorreadores colocados sobre la cabeza del rebaje; en caso de que no fuera posible efectuar así el vaciado, se colarán tepetateras al alto con inclinaciones de 45°, para tener un chorreadero eficiente del tepetate y hacer así el relleno.

La inclinación de los barrenos llevados en el rebaje dependerá de la longitud de ellos, así como de donde se comience a trabajar; es decir, se inclinarán de acuerdo con la inclinación del cuele. En este método de corte y relleno, el tumbe en los rebajes es intermitente, siendo ésto una desventaja; su costo, en comparación con el otro método utilizado, es mucho mayor.

En el método de tumbe sobre carga, la recuperación de los pilares dependerá del tamaño y de la riqueza de éstos; en el caso de no haber un límite bien marcado entre mineral y tepetate, es decir, que la ley fuera bajando de manera gradual, se llevará un muestreo sistemático en los rebajes. En estos rebajes se tumbará el mineral dando cortes de 1.30 m y después de cada tronada se inspeccionará la cabeza para evitar pegaduras.

Los bloques que se van a preparar por medio de tumbe sobre carga tendrán dimensiones de 45 x 45 m. Para poder mantener -

la estabilidad de los niveles superiores, se dejarán pilares de 3 m, mientras que los pilares sobre los niveles serán de 4 m. Las obras que se llevarán a cabo para preparar cada bloque son contrapozos colados a través del pilar inferior, los cuales serán comunicados entre sí para formar el primer corte del rebaje.

En los contrapozos colados en cada bloque, se construirán alcancías para chorrear el mineral quebrado en los rebajes, teniendo en cuenta que, para que den la eficiencia máxima, tanto en duración como en servicio, deben considerarse los factores siguientes:

- 1).- Lograr que queden fuera del peligro de encampanamientos
- 2).- Su duración mínima debe ser la misma del rebaje
- 3).- Acondicionarlos a las condiciones en que será llevado el rebaje
- 4).- Tener costos bajos de mantenimiento

Para evitar el encampanamiento de las alcancías se deberá tener cuidado de que el mineral quebrado no pase de 10" de tamaño. La duración de las alcancías dependerá de la cantidad de mineral que pase, estando esta cantidad en función de la separación entre niveles, así como de la potencia y la longitud del bloque. La distancia entre alcancías será la mayor posible, controlándose directamente por el costo mínimo del manejo del mineral dentro y fuera del rebaje. El mantenimiento de estas alcancías es únicamente el mantenimiento de las puertas.

La separación de los contrapozos será la misma que la que se colará en el método de corte y relleno, es decir, que estará en función de la distancia a la que pueda palear un hombre, - que es entre 5 y 7 m; tomando en cuenta la longitud del bloque, se tiene la separación entre contrapozos de 6.3 m; se -- tendrá por lo tanto, en cada bloque el cuele de 7 contrapozos y un camino. También se colará en el centro de cada bloque - un cielo con las dimensiones de 1.5 x 2.00 m, sin anillado, - que por razones de seguridad servirá como camino y además como vía de ventilación de los rebajes.

En el bloque que se explotará por el método de corte y relleno, las obras de preparación serán las mismas que las del método de tumba sobre carga, sólo que en lugar de un cielo se - colarán tres y serán usados para chorrear el tepetate en caso de que fuera traído de los niveles superiores. También se -- construirá un camino junto al anillado que se encuentre a la mitad del rebaje; la longitud de los contrapozos colados a lo largo del bloque será la misma que la del método anterior.

## VII.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### VII.A.- CONCLUSIONES

Tomando en cuenta en este estudio del área de la veta Maravillas, tanto la geología como la topografía, su comportamiento estructural y como yacimiento mineral, se concluye lo siguiente:

- 1).- La veta Maravillas, estructuralmente, es la misma que la veta Pabellón y la veta Cuervo-Pabellón; y es un desprendimiento que se separa hacia el suroccidente, en el extremo occidental de la veta Vizcaína y se une en el lado oriental de la veta Rosario Viejo, que a la vez es también un desprendimiento que se separa de la veta Vizcaína en su parte más hacia el occidente (Ver Plano No. 2).

El rumbo de la parte principal de la veta Maravillas se acerca al N 70° E en su parte oriental, en donde se separa de la veta Vizcaína, pero en su porción central tiene rumbo casi este-oeste y en su lado occidental, donde se separa de la veta Rosario Viejo, tiene rumbo S 75° E. Su buzamiento medio aproximado es de 70° hacia el sur.

El desplazamiento sobre la veta Maravillas generalmente es menor de 50 m, con el lado sur hundido, en contraste con la veta Vizcaína, cuyo lado norte se ha hundido. El bloque entre estas dos grandes vetas es un pilar inclinado hacia el norte.

El comportamiento estructural de la veta Maravillas

indica que a la profundidad la misma se angosta.

- 2.- La veta Maravillas, de acuerdo con su explotación hasta el momento, indica que su explotabilidad se restringe principalmente a la Formación Pachuca, -- que aflora en gran parte dentro de la zona de estudio y a la parte superior de la Formación Corteza (Ver Lámina No. VI-9).
- 3.- Los yacimientos argentíferos del distrito de Pachuca-Real del Monte están clasificados como hidrotermales del tipo epiterma, por formarse a poca -- profundidad y, por consecuencia, a presiones y temperaturas bajas, o sea que muy probablemente llegó la mineralización hasta la superficie o muy cerca de ella, de acuerdo con lo observado en la topografía actual del terreno y con la temperatura de formación de la plata que varía entre 50 a 200º, según la clasificación de Lindgren ( 1933 ).
- 4.- Tomando en cuenta el tonelaje de mineral estimado tanto en Reservas Indicadas como en Reservas Inferidas, que asciende a 259,200 toneladas con ley media de 220 grs/tn, y considerando que se laboren simultáneamente las cuatro obras recomendadas (Ver planos 3 y 4), siempre y cuando las Reservas Inferidas pasen a Reservas Indicadas y estas se conviertan a Reservas Medidas paulatinamente y que se exploten 100 tn diarias, la duración probable de explotación sería de 10 años aproximadamente.

- 5.- De acuerdo con las características de la veta y de la roca encajonante, el método indicado para explotación es el de tumba sobre carga o corte y almacenamiento, cuando la roca encajonante no se encuentra muy alterada; en caso contrario, el método de explotación que se utiliza es el de corte y relleno, por tener mayor seguridad que el anterior.

#### VII.8.- RECOMENDACIONES

Por el comportamiento estructural de la veta Maravillas, su interpretación geológica y el muestreo realizado de la misma, se recomienda lo siguiente:

##### 1).- PROGRAMA DE OBRAS DIRECTAS

El programa de obras directas está basado en la interpretación de los levantamientos topográfico y geológico, con su respectivo muestreo de las frentes y cruces por donde pasa la veta Maravillas a la zona de estudio en el interior de la mina de San Juan Pachuca en sus dos niveles accesibles, que son el 170 y el 370, y en el comportamiento de la misma veta en la superficie.

OBRA No. 1.- Consiste en desarrollar la frente poniente al rumbo de S 82° W, por la longitud de 100 m en la veta Maravillas Principal, en el nivel 170. Se localiza esta obra en la línea de proyección 610 W de la veta y en las coordenadas 11,020 N y 14,470 E ( Ver Plano No.3)

OBRA No. 2.- Consiste en desarrollar la frente poniente al rumbo S 78° W, por la longitud de 100 m en la veta Maravillas No. 3, en el nivel 170. Esta obra se ubica-

en la línea de proyección de la veta 675 W hacia el cr  
cero norte y en las coordenadas 10,995 N y 14,555 E - -  
( Ver Plano No. 3 ).

OBRA No. 3.- Consiste en desarrollar la frente oriente-  
al rumbo N 88º E, por la longitud de 50 m, hacia el cr  
cero norte 435 W, donde atraviesa la veta Maravillas --  
No. 3 en el nivel 370. La potencia de la veta a esta -  
profundidad se encuentra angosta y se reduce aproximada  
mente a un metro. Se localiza en las coordenadas - - -  
10,975 N y 14,675 E (Ver Plano No. 4).

OBRA No. 4.- Consiste en desarrollar la frente poniente  
al rumbo S 81º W, por la longitud de 50 m hacia el cr  
cero sur 730 W y en la veta Maravillas Principal, en el  
nivel 370. Se localiza dicha obra en las coordenadas -  
10,940 N y 14,370 E (Ver plano No. 4).

## 2).- PROGRAMA DE BARRENOS DE DIAMANTE

El programa de barrenos de diamante está encauzado para  
explorar lugares comprendidos dentro del área de estu--  
dio, en donde, debido a que a profundidades como de los  
niveles 170 y 370 de la mina San Juan Pachuca, no se --  
sabe el comportamiento de la veta Maravillas; a la vez  
servirá posteriormente para cubicar reservas que incre-  
menten las mencionadas con anterioridad.

El programa es el siguiente:

BARRENO	RUMBO	INCLINACION	LONGITUD	NIVEL	COORDENADAS	PLANO
1	N 33° W	+ 5	550 m	170	10,600N;14,455 E	3
2	N 18° W	+ 5	750 m	170	10,325N;13,885 E	3
3	N 15° W	+ 5	900 m	170	10,210N;13,480 E	3
4	S 62° E	+ 5	700 m	370	11,275 N;14,415 E	4
5	S 45° W	+ 5	700 m	370	11,275 N;14,410 E	4

3).- PREPARACION Y EXPLOTACION.

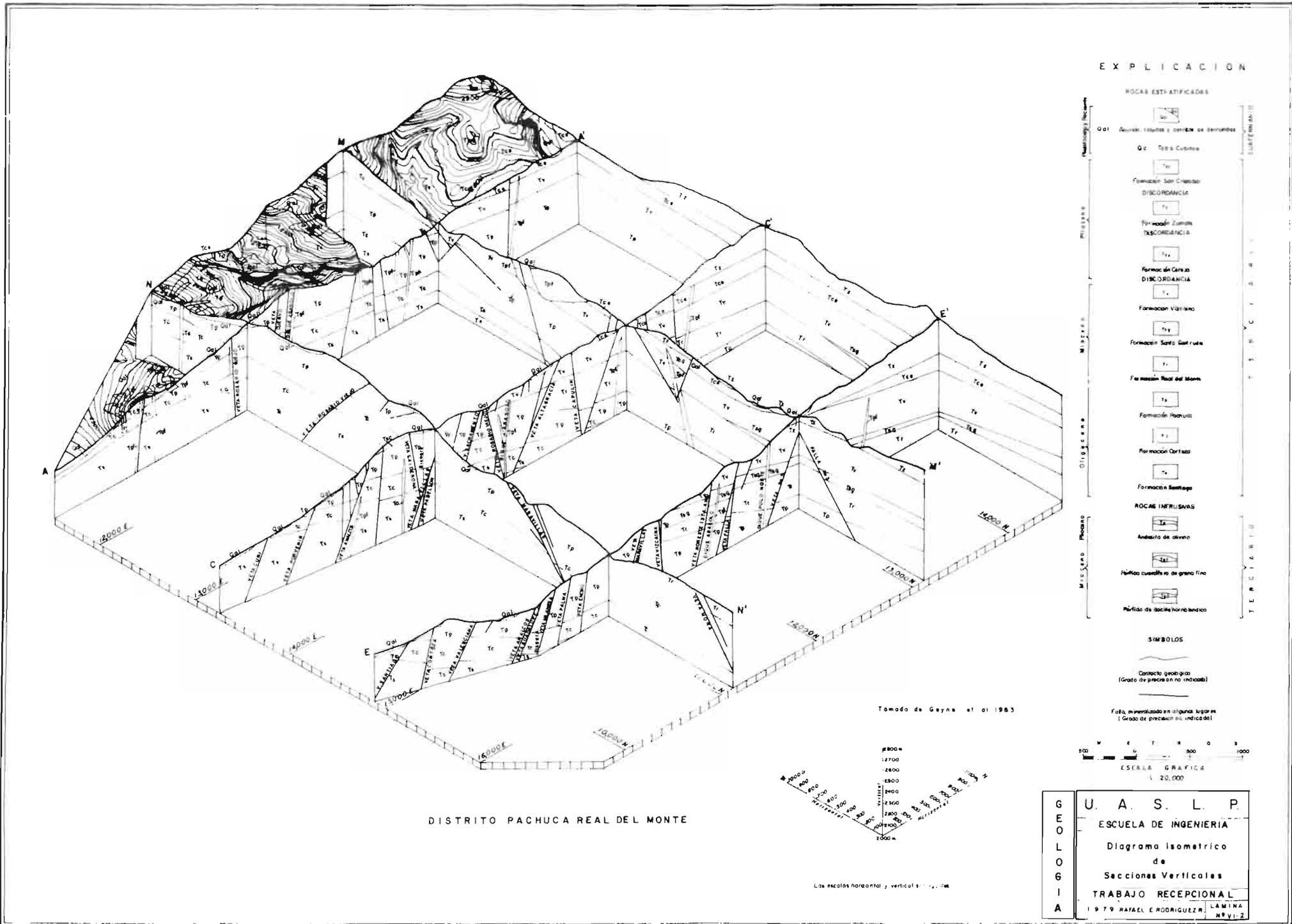
En la preparación es recomendable colar cielos de 50 m de altura, estando separados uno de otro de 135 m.

En la explotación se recomienda seguir el método adecuado de explotación, de acuerdo con las condiciones de la roca encajonante.

Ambas cosas se recomiendan de esta manera para evitar costos muy altos, que a la larga perjudicarían la explotabilidad de la veta.

## B I B L I O G R A F I A

- |  |      |   |
|--|------|---|
| AGUILAR-ORDOÑEZ                                | 1897 | Geología General de la Sierra de Pachuca, Inst. Geol. México Vols. 7,9                          |
| AGUILERA, J.G.                                 | 1897 | El Mineral de Pachuca, Inst.Geol.México Vols. 7, 9  |
| ALVAREZ Jr. M.                                 | 1961 | Provincias Fisiográficas de la República Mexicana Vol. 2 Soc. Geol.Mexicana                     |
| BATEMAN, A.M.                                  | 1955 | Yacimientos Minerales de Rendimiento Económico. Ediciones Omega, S. A.                          |
| BILLINGS, M.P.                                 | 1965 | Geología Estructural, Editorial Universitaria de Buenos Aires                                   |
| GEYNE, FRIES,<br>SEGERSTROM, BLACK<br>Y WILSON | 1963 | Geología y Yacimientos Minerales del distrito Pachuca-Real del Monte, Estado de Hidalgo, México |



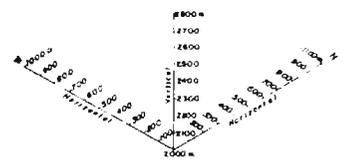
EXPLICACION

- ROCAS ESTRATIFICADAS**
- Qol Arenas, lapilli y cenizas de bombas
  - Qc Ribs Curules
  - Formacion San Cristobal
  - DISCORDANCIA
  - Formacion Zumbado
  - DISCORDANCIA
  - Formacion Cerezo
  - DISCORDANCIA
  - Formacion Valeriano
  - Formacion Santa Gertrudis
  - Formacion Real del Monte
  - Formacion Pachuca
  - Formacion Cortada
  - Formacion Santiago
- ROCAS INTRUSIVAS**
- Andesito de coque
  - Andesito cuerdillo de grano fino
  - Porfido de dacite horizontal

- SIMBOLOS**
- Contorno geologica (Grado de precision no indicado)
  - Foto, mineralizado en algunos lugares (Grado de precision no indicado)



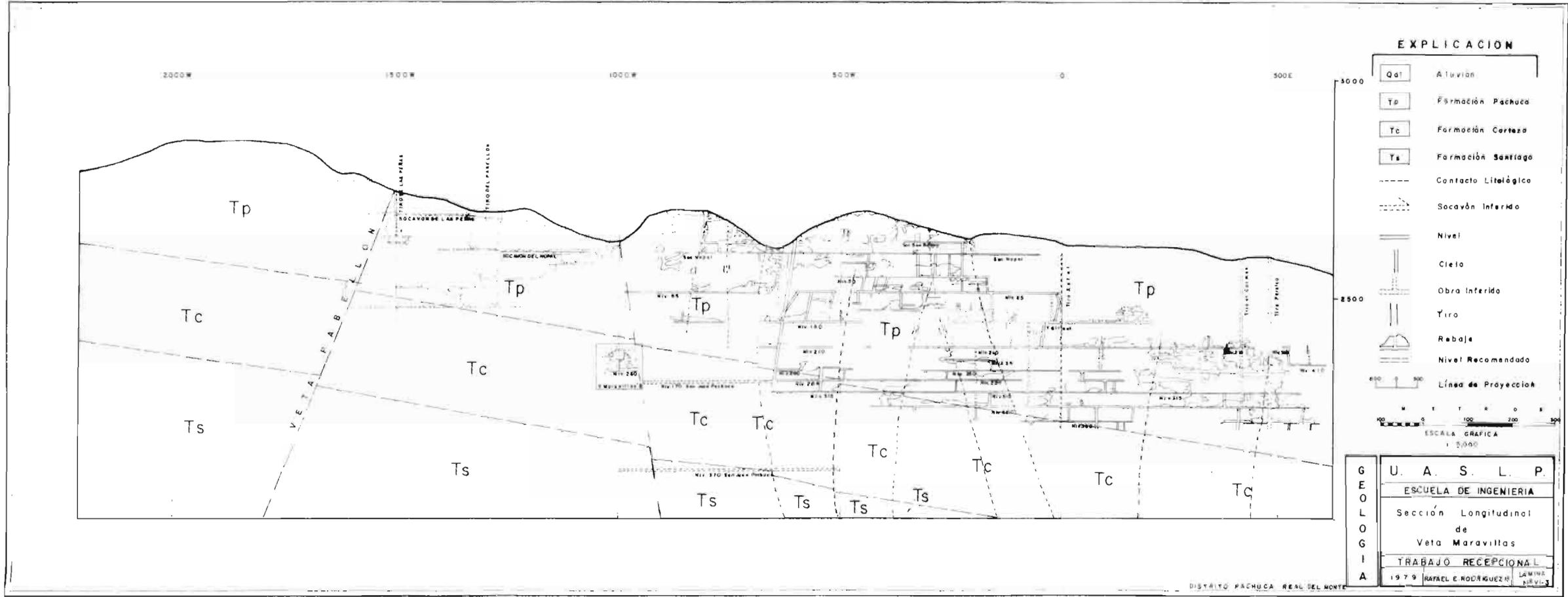
Tomado de Gayna et al: 1963



Los escalas horizontal y vertical son en metros

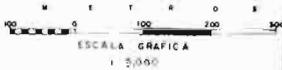
DISTRITO PACHUCA REAL DEL MONTE

G E O L O G I A	U. A. S. L. P.
	ESCUELA DE INGENIERIA
	Diagrama Isometrico de
	Secciones Verticales
	TRABAJO RECEPTACIONAL
	LÁMINA 1979 RAFAEL E RODRIGUEZ M. Nº VI-2



**EXPLICACION**

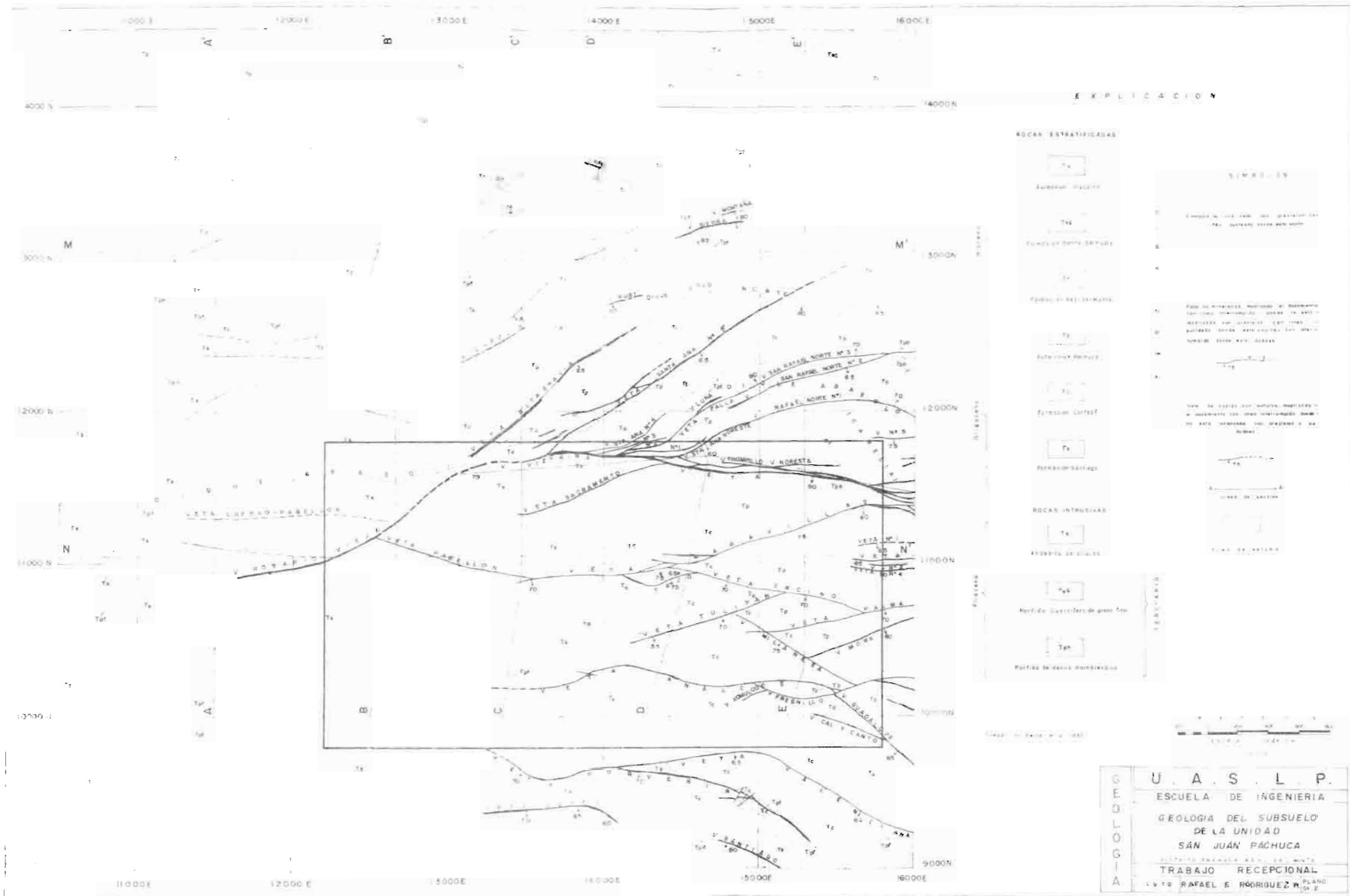
- Qal Aluvion
- Tp Formación Pachuca
- Tc Formación Cortezo
- Ts Formación Santiago
- Contacto Litológico
- - - - - Socavón Interido
- == Nivel
- || Cielo
- - - - - Obra Interido
- || Tiro
- ⌒ Rebaje
- Nivel Recomendado
- Línea de Proyección



G E O L O G I A	U. A. S. L. P.
	ESCUELA DE INGENIERIA
	Sección Longitudinal de Veta Maravillas
	TRABAJO RECEPTIVO
	1979 RAFAEL RODRIGUEZ LAMINA N° 3

DISTRITO PACHUCA REAL DEL MONTE





EXPLICACION

ROCAS ESTRATIFICADAS

- T4
- T4a
- T4b

- T5
- T5a
- T5b

- T6
- T6a
- T6b

- T7
- T7a
- T7b

- T8
- T8a
- T8b

SIMBOLOS

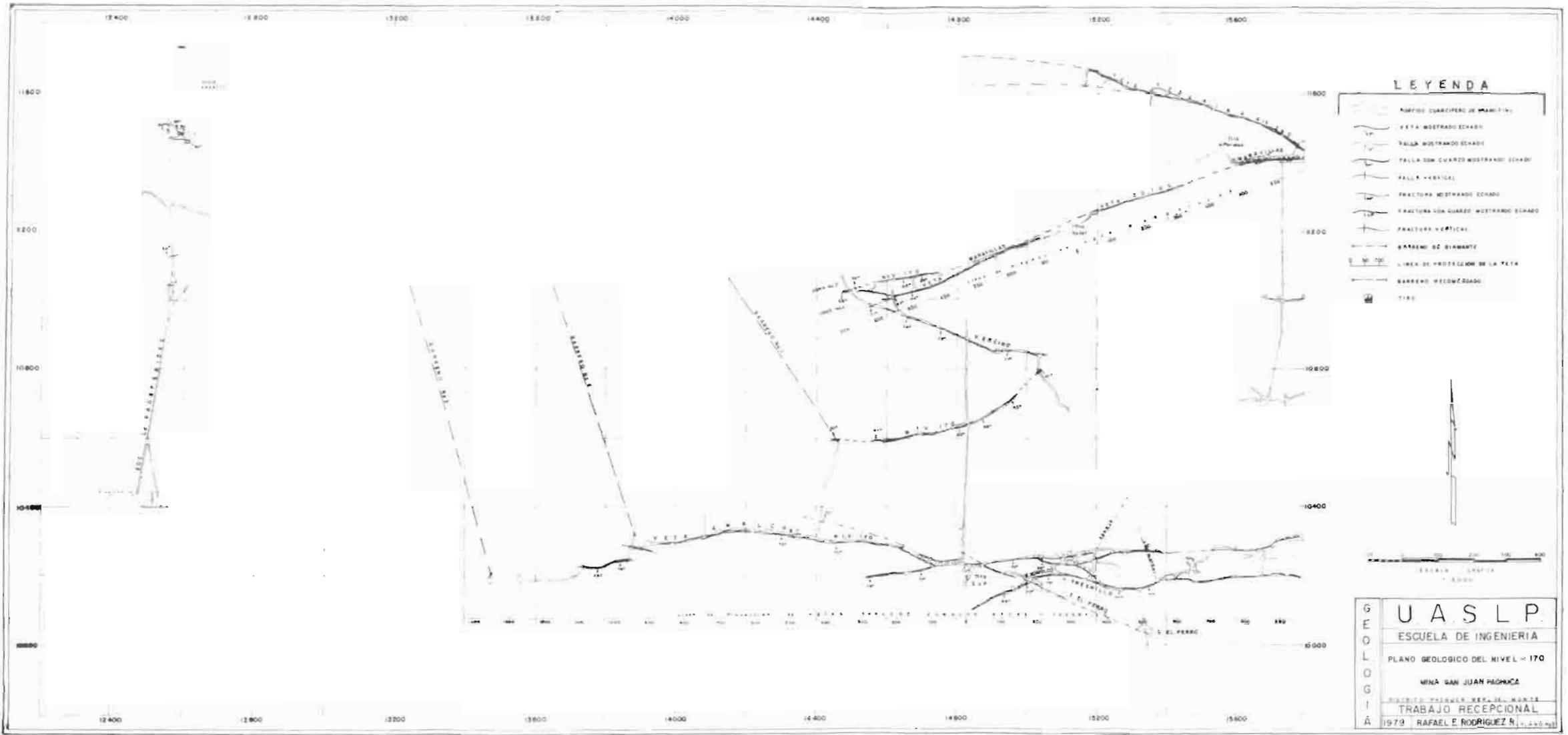
- T1
- T1a
- T1b

- T2
- T2a
- T2b

- T3
- T3a
- T3b

- T4
- T4a
- T4b

U. A. S. L. P.  
 ESCUELA DE INGENIERIA  
 GEOLOGIA DEL SUBSUELO  
 DE LA UNIDAD  
 SAN JUAN PÁHUCA  
 TRABAJO RECEPTACIONAL  
 PLANO 01/2



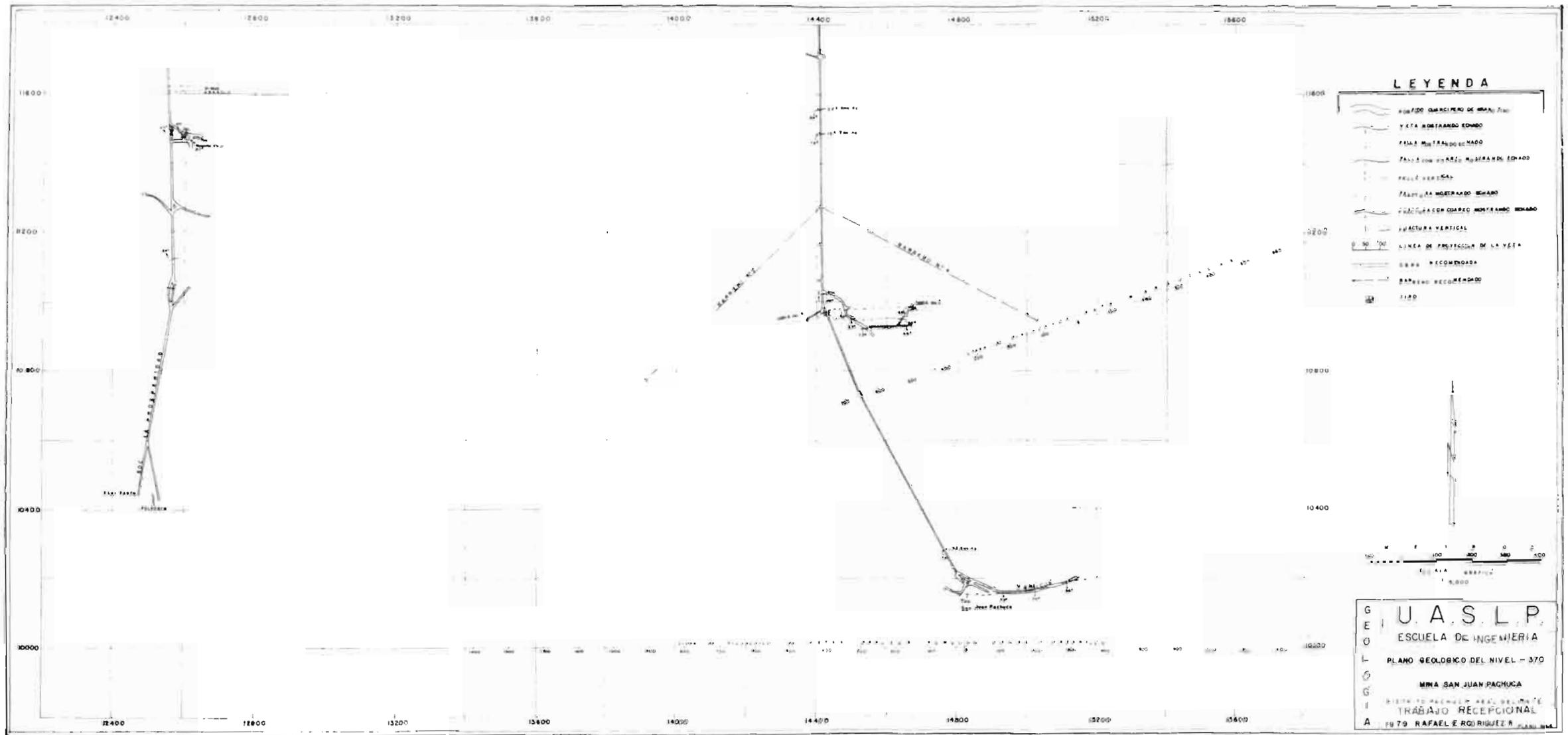
**LEYENDA**

- AMFIBO CUARZIFERO DE MARFILITO
- YETA MOSTRADO ECHADO
- YALLA MOSTRADO ECHADO
- FALLA CON CUARZO MOSTRADO ECHADO
- FALLA VERTICAL
- FRACTURA MOSTRADO ECHADO
- FRACTURA CON CUARZO MOSTRADO ECHADO
- FRACTURA VERTICAL
- BARRIDO DE DIAMANTE
- LÍNEA DE PROTECCIÓN DE LA YETA
- BARRIDO REDONDEADO
- TIRAS



G  
E  
O  
L  
O  
G  
Í  
A

**U A S L P.**  
 ESCUELA DE INGENIERÍA  
 PLANO GEOLOGICO DEL NIVEL - 170  
 MINA SAN JUAN PACHUCA  
 INSTITUTO TECNOLÓGICO DEL NOROCCIDENTE  
 TRABAJO RECEPTACIONAL  
 1979 RAFAEL E. RODRIGUEZ R.



Esta Tesis se Imprimió en Noviembre de 1979  
empleando el sistema de reproducción Foto-Offset;  
en los Talleres de Impresos Offsali-G, S. A., Av.  
Colonia del Valle No. 535 (Esq. Adolfo Prieto),  
Tels. 523-03-33 y 523-21-05 México 12, D. F.  
Representante en San Luis Potosí: Alejandro Ramírez G.  
Quintana Roo 105 Tel. 3-04-22