



UNIVERSIDAD AUTONOMA DE SAN LUIS POTOSI

ESCUELA DE INGENIERIA

**"ESTUDIO GEOLOGICO DE LA MINA SAN MARTIN
MUNICIPIO DE SOMBRERETE, ESTADO DE ZACATECAS."**

TRABAJO RECEPTACIONAL

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE :

INGENIERO GEOLOGO

P R E S E N T A :

JAVIER ESTRADA MONTOYA

SAN LUIS POTOSI, S. L. P.

1983





DIRECCION

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE SAN LUIS POTOSI
ESCUELA DE INGENIERIA
DR. MANUEL NAVA 8 TELEFONO 3-11-86
APARTADO POSTAL 569
SAN LUIS POTOSI, S. L. P., MEXICO

Octubre 14, 1982.

Al Pasante Sr. Javier Estrada Montoya.
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 Recesional 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:

"ESTUDIO GEOLOGICO DE LA MINA SAN MARTIN, MUNICIPIO DE --
SOMBRERETE, ESTADO DE ZACATECAS",

T E M A R I O:

- I.- RESUMEN.
 - II.- GENERALIDADES.
 - III.- DESCRIPCION DE LA MINA.
 - IV.- GEOLOGIA.
 - V.- EXPLORACION.
 - VI.- SISTEMA DE EXPLOTACION.
 - VII.- RESERVAS.
 - VIII.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.
- BIBLIOGRAFIA.
LISTA DE ANEXOS.

Ruego a usted tomar debida nota de que en cumplimiento -- con lo especificado por la Ley de Profesiones, 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 AUDEBO".

EL DIRECTOR DE LA ESCUELA.
Maximino Torres Silva
ING. MAXIMINO TORRES SILVA

DEDICADA A MIS PADRES :

MARGARITO ESTRADA DUARTE

Ma. LUISA MONTOYA DE ESTRADA

CON ETERNA GRATITUD Y GRAN CARINO

EN ESPECIAL A MI HERMANA :

Ma. DE LOS ANGELES

CON CARINO Y ADMIRACION

A MI ESPOSA E HIJO :

MARTHA ELIA y

JAVIER EDUARDO

POR EL AMOR Y CARINO BRINDADO

A MIS HERMANDOS :

NAPOLEON

ARTURO

DAVID

LAURA ESTHER

CELIA

TERESA

JOSE JESUS

EVANGELINA

MARGARITA

CON EL CARIÑO QUE SIEMPRE NOS HA UNIDO

A MIS MAESTROS :

POR SU VALIOSA ENSEÑANZA

A LA ESCUELA DE INGENIERIA

A MIS COMPAÑEROS Y AMIGOS

AL H. JURADO

**QUE DE UNA U OTRA FORMA CONTRIBUYERON
PARA LA REALIZACION DE ESTE TRABAJO.**

AGRADECIMIENTOS :

**AGRADEZCO A LA CIA. INDUSTRIAL MINERA MEXICO S. A.,
UNIDAD SAN MARTIN POR SU VALIOSA AYUDA Y GRANDES FACILIDADES
PARA LA REALIZACION DE ESTE TRABAJO RECEPCIONAL.**

EN ESPECIAL A LOS SEÑORES INGENIEROS :

MARGARITO VILLALBA OGAZ

ARTURO GARCIA ESPINOZA

POR EL IMPULSO QUE BRINDAN A SU PERSONAL.

Y HACIENDO PATENTE MI AGRADECIMIENTO AL SR. INGENIERO :

LUIS GARCIA GUTIERREZ

**POR HABER ACEPTADO LA ASESORIA DE ESTE TRABAJO RE-
CEPCIONAL.**

**ESTUDIO GEOLOGICO DE LA MINA SAN MARTIN, MUNICIPIO
DE SOMBRERETE, ESTADO DE ZACATECAS**

I N D I C E

	PAGINA
I.- RESUMEN	1
II.- GENERALIDADES	3
1.- LOCALIZACION	4
2.- VIAS DE COMUNICACION	4
3.- CLIMA Y VEGETACION	4
4.- FISIOGRAFIA	5
A) GEOMORFOLOGIA	5
B) HIDROGRAFIA	5
5.- HISTORIA	5
III.- DESCRIPCION DE LA MINA	8
IV.- GEOLOGIA	11
1.- ESTRATIGRAFIA	12
DESCRIPCION DE LAS FORMACIONES	12
TABLA ESTRATIGRAFICA	
2.- ROCAS IGNEAS	14
A) ROCAS INTRUSIVAS	14
B) ROCAS EXTRUSIVAS	15
3.- ROCAS METAMORFICAS	16
4.- CONGLOMERADO Y ALUVION	18
5.- HISTORIA GEOLOGICA	19
6.- GEOLOGIA ESTRUCTURAL	23
7.- GEOLOGIA ECONOMICA	25

	PAGINA
A) TIPO DE YACIMIENTO	26
B) DESCRIPCION DE LAS VETAS	26
C) MINERALOGIA	31
D) ZONEAMIENTO	32
E) PARAGENESIS	33
F) CONTROLES Y GUIAS	33
G) GENESIS DEL YACIMIENTO	34
V.- EXPLORACION	35
1.- BARRENACION DE DIAMANTE	36
2.- GEOLOGIA INTERIOR MINA	38
3.- OBRA DIRECTA	38
VI.- SISTEMA DE EXPLOTACION	39
VII.- RESERVAS	42
VIII.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	45
BIBLIOGRAFIA	48
PLANOS, SECCIONES Y FIGURAS	50

I

RESUMEN

La unidad San Martín, propiedad de Industrial Minera México, S. A., está localizada en el flanco oriental de la Sierra Madre Occidental y localmente en el flanco norte del cerro de la Gloria.

En los flancos del cerro de la Gloria afloran rocas de edades del Albiano Superior al Oligoceno, siendo en los sedimentos del Albiano Superior (Formación Cuesta del Cura) y paralelos al intrusivo, donde están albergados los principales yacimientos minerales.

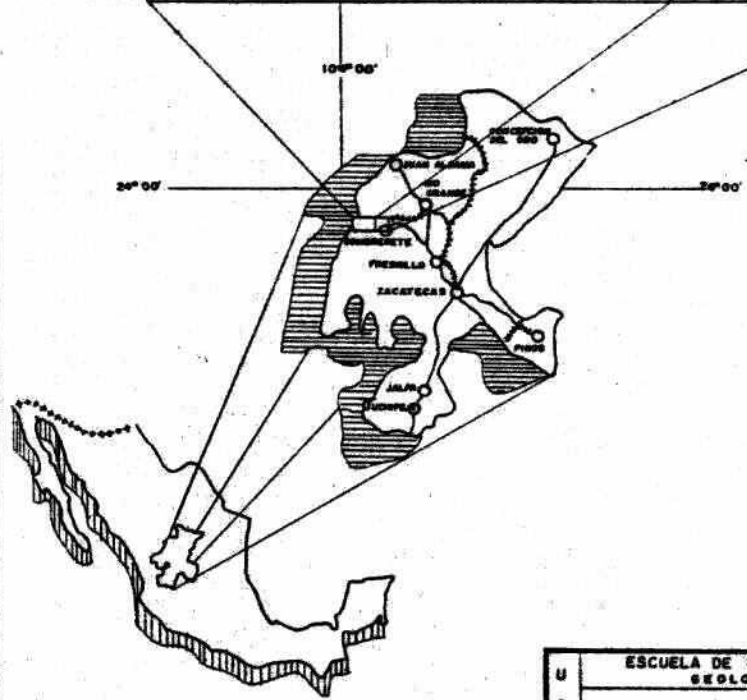
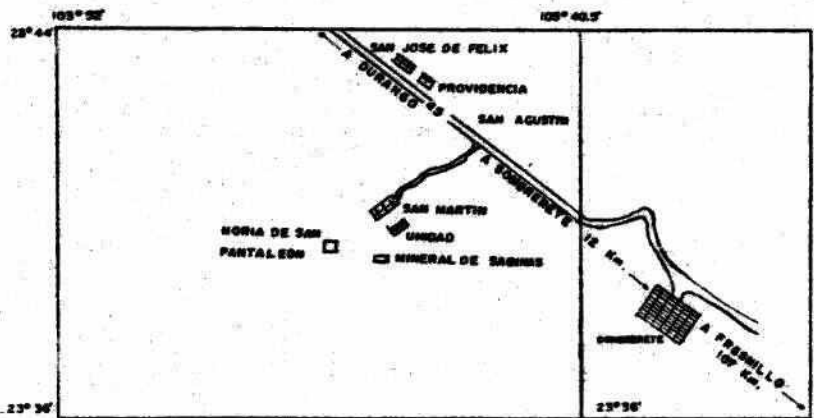
Estos yacimientos ocurren como vetas de falla y cuerpos de reemplazamiento y están clasificados como depósitos metasomáticos de contacto. La mena consiste de bornita, calcopirita y esfalerita; hay calcita, grosularita, cuarzo, fluorita y pirita como minerales de ganga. La preparación del terreno consistió en la combinación de factores que incluyen plegamientos, fracturas, fallas y cambios químicos.

El zomeamiento horizontal en el distrito minero sugiere que la fuente de origen de los flúidos mineralizantes fué del intrusivo a la periferia y sería el siguiente: Bornita, calcopirita, arsenopirita, pirrotita, galena y estibnita.

La exploración en la mina es llevada en su mayoría por métodos directos. El sistema de explotación, por la forma, tamaño y leyes del yacimiento, es el de relleno hidráulico con pilares esbeltos.

La cubicación de reservas se basa principalmente en el muestreo de núcleo de barrenación de diamante y muestreo de canal.

II**GENERALIDADES**



U	ESCUELA DE INGENIERIA GEOLOGIA	
	PLANO GENERAL DE LOCALIZACION Y ACCESO	
L	TRABAJO RECEPTACIONAL JAVIER ESTRADA MOTOVA	
	FECHA 1982	FIGURA Nº 1

1.- LOCALIZACION

El distrito minero de San Martín está situado en la parte --- occidental del estado de Zacatecas, en el municipio de San Martín, con: $23^{\circ} 36' 54''$ de latitud norte y $103^{\circ} 44' 05''$ de longitud al -- oeste de Greenwich (Figura No. 1).

2.- VIAS DE COMUNICACION

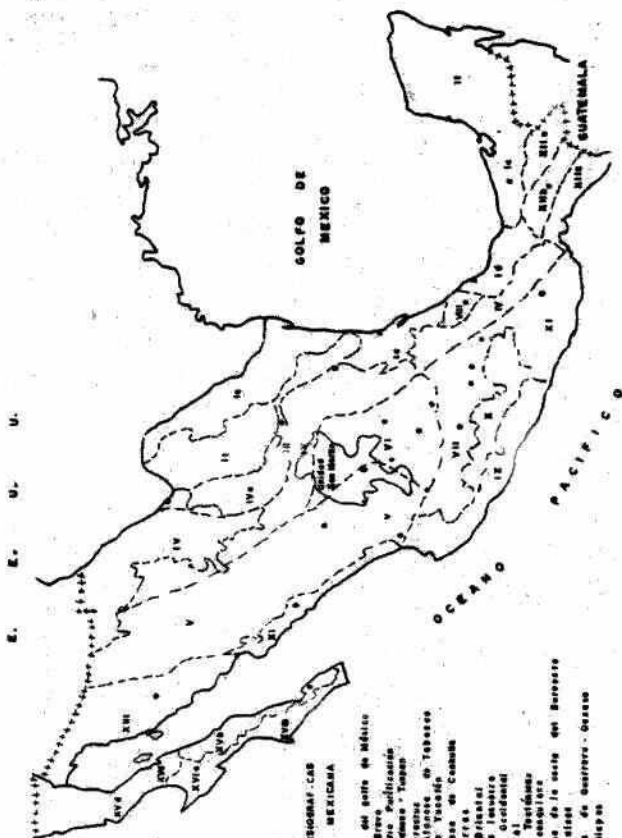
La unidad San Martín se comunica por la carretera No. 45 (Panamericana) que va de Zacatecas a Durango; en el kilómetro 175 entronca un camino pavimentado de 6 kilómetros, que une a la carretera con la unidad; hacia el sur de dicho entronque y junto a la carretera Panamericana, está la ciudad de Sombrerete, a la distancia de 12 kilómetros.

La ciudad de Sombrerete cuenta, además de la carretera Panamericana, con un ramal de Ferrocarriles Nacionales de México, que entronca con la línea general en la población de Felipe Pescador, - Zac., ferrocarril que corre de la ciudad de México a Ciudad Juárez. La unidad cuenta con pista de aterrizaje para avionetas en San --- Juan del Alamo, a la distancia de 15 kilómetros hacia el oeste.

3.- CLIMA Y VEGETACION

El clima de la región es templado, húmedo, con variantes ---- frías, con temperatura media anual de 18°C , alcanzando temperatura máxima en verano de 28°C y de 5°C en invierno.

La vegetación típica de la región se compone de variedades de coníferas, robles, manzanita, encinos, nopales y otras xerófitas.



PROVINCIAS FISIOGRAFICAS
DE LA REP. MEXICANA

- I.- Llanura costera del Golfo de México
- II.- Cordillera del Eje y Puñalón
- III.- Sierra Madre Occidental
- IV.- Sierra Madre Oriental
- V.- Sierra Madre Occidental
- VI.- Meseta Central
- VII.- Sierra de Chiapas
- VIII.- Zona montañosa de la zona del Istmo
- IX.- Cordillera del Istmo
- X.- Zona montañosa de Guerrero - Oaxaca
- XI.- Sierra de Chiapas
- XII.- Sierra de Chiapas
- XIII.- Sierra de Chiapas
- XIV.- Llanura costera de Sinaloa
- XV.- Sierra de Baja California
- XVI.- Llanura costera de Baja California
- XVII.- Llanura costera de Baja California
- XVIII.- Llanura costera de Baja California
- XIX.- Llanura costera de Baja California
- XX.- Llanura costera de Baja California
- XXI.- Llanura costera de Baja California
- XXII.- Llanura costera de Baja California

U	ESCUELA DE INGENIERIA
A	PLANO DE PROVINCIAS
S	FISIOGRAFICAS
L	TRABAJO ESPECIAL
P	JAVIER BUSTAMANTE BUSTAMANTE
	P. FIGUEROA - B. ALVAREZ JR. - PRIMA 1983



M. ALVAREZ JR.

4.- FISIOGRAFIA

El área que comprende el distrito minero está situado dentro de la provincia fisiográfica de la meseta central (N. Alvarez, --- Jr.). Su paisaje está formado por lomeríos de rocas sedimentarias, predominando éstas, que contrastan con las mesetas escantiladas de corrientes lávicas (Figure No. 2).

A).- GEOMORFOLOGIA

En el área predominan rocas sedimentarias con zonas pequeñas de rocas ígneas; la topografía del terreno está regulada por el tipo de roca y el clima principalmente, estando en la etapa geomorfológica de madurez en su ciclo erosivo; la elevación es de 250 metros sobre las planicies circunvecinas y alcanza su máxima elevación en el cerro del Papantón, que tiene 3,126 m.s.n.m.

B).- HIDROGRAFIA

El patrón de desagüe en las rocas sedimentarias es de tipo radial y subparalelo, mientras que en las volcánicas se desarrolla de tipo dendrítico. El período de lluvias es entre los meses de junio a septiembre, siendo la precipitación anual de 190 mm.

5.- HISTORIA

El descubrimiento del mineral de San Martín, que obedeció al atractivo de la riqueza de sus vetas, la remonta la historia al año de 1559, ligado con el descubrimiento de Sombrerete y, no obstante que abunda la información de historiadores respecto a quién fue el descubridor de este mineral, se inclinan por asociarle al capitán Juan de Tolosa, uno de los principales fundadores de Zacate-

tecas, y a los también conquistadores españoles Juan Bautista de Llerena, fundador de la Villa San Juan Bautista de Llerena, Real y Mina de Sombrerete; Martín Pérez, descubridor de Chalchihuites y, finalmente, Francisco Ibarra, cuyo apellido lleva como nombre una de las vetas principales en la actualidad, conocida como Veta Ibarra.

En las reales cédulas del 8 al 18 de diciembre de 1556, se pasa a enumerar como bienes de Francisco de Ibarra las "Haciendas de Minas e Ingenios en Zacatecas, Pánuco, San Martín y Sombrerete", las cuales le costaron a Ibarra, según declaraciones suyas, noventa y dos mil pesos de oro.

Puede entonces considerarse que el descubrimiento de San Martín tuvo lugar a escasos 63 años después de que Cristóbal Colón -- viera suelo americano por primera vez.

En el año de 1561 San Martín fué sitiado por los indios chichimecas, llegando a tener una guarnición permanente de soldados españoles para la protección de los trabajos que ahí se realizaban.

En los años de 1905 - 1910, se conoce la existencia de una empresa denominada Minera San Martín; posteriormente, en el año de 1949, pasó a propiedad de la compañía francesa llamada Minera Dos Estrellas, S. A.

En el año de 1951, el ocho de febrero se formó la Empresa Impulsora Minera México, S. A., para proveer capital norteamericano a la minería mexicana, actuando como intermediaria entre las grandes empresas americanas y los pequeños mineros mexicanos.

En 1952, la Impulsora inició sus actividades en San Martín y el primero de enero de 1953 se formó la Cia. Minera San Martín, -- que operaría la mina, y la Cia. Minera y Beneficiadora de Sombrerete.

ta, S. A., que operaría el primer molino que se instalaba en San -
Martín, después de la adquisición de capitales tanto de la Cis. Mi-
nera Dos Estrellas como de la Impulsora Minera de México, S. A.

Estas dos empresas se fusionaron en Minera San Martín, S. A.-
de C. V., para que posteriormente pasara a ser propiedad del inmen-
so consorcio minero mundialmente conocida por ASARCO, operando en-
San Martín a partir del 11 de junio de 1958 como Compañía Minera -
Asarco, S. A., la que después cambió su denominación el 17 de ju-
lio de 1965 a Asarco Mexicana, S. A., a raíz de la nacionalización
de la empresa antes citada; y finalmente, a partir del 24 de mayo-
de 1974, cambió a la razón social de Industrial Minera México, S.-
A. (I.M.M.S.A.).

La unidad San Martín, propiedad de I.M.M.S.A., es una de las-
más importantes productoras de cobre, plata y zinc de la República
Mexicana.

III

DESCRIPCION DE LA MINA

DESCRIPCION DE LA MINA

La unidad San Martín, tal como se designa la mina San Martín dentro de la nomenclatura utilizada por la Cia. Industrial Minera-México, S. A., cuenta entre sus instalaciones principales con el tiro Cero y el tiro San Martín, (el cual se encuentra en proceso de instalación), planta de beneficio, planta de energía eléctrica, taller mecánico eléctrico, taller de diesel, taller de carpintería y con las oficinas de gerencia, superintendencia de mina y molino, así como con departamentos de seguridad e higiene, vigilancia, planeación y control, ingeniería y geología.

La producción media anual de mineral bruto es de 745,000 toneladas métricas. Actualmente se están realizando obras de ampliación, con el propósito de alcanzar la producción de 6,800 t.m.p.d. para mayo de 1984.

La planta de beneficio tiene capacidad para 2,400 toneladas métricas diarias de mineral. En dicha planta se obtienen dos concentrados: de zinc y de cobre.

El acceso al interior de la mina es por la rampa 0-016, que pertenece al nivel "0", situado a la elevación de 2,600 metros sobre el nivel del mar. A la misma elevación el socavón 0-020 sirve de acceso hacia el tiro Cero, a la distancia de 560 metros hacia el sur. La explotación y exploración prácticamente sólo se realizan en los niveles inferiores al nivel 4; los niveles superiores a éste son obras antiguas y generalmente inaccesibles.

Los niveles principales de explotación son el nivel 4, a la elevación de 2,292 metros sobre el nivel del mar; nivel 6, a la elevación de 2,427 metros sobre el nivel del mar; y nivel 8, con elevación de 2,365 metros sobre el nivel del mar. Actualmente se es

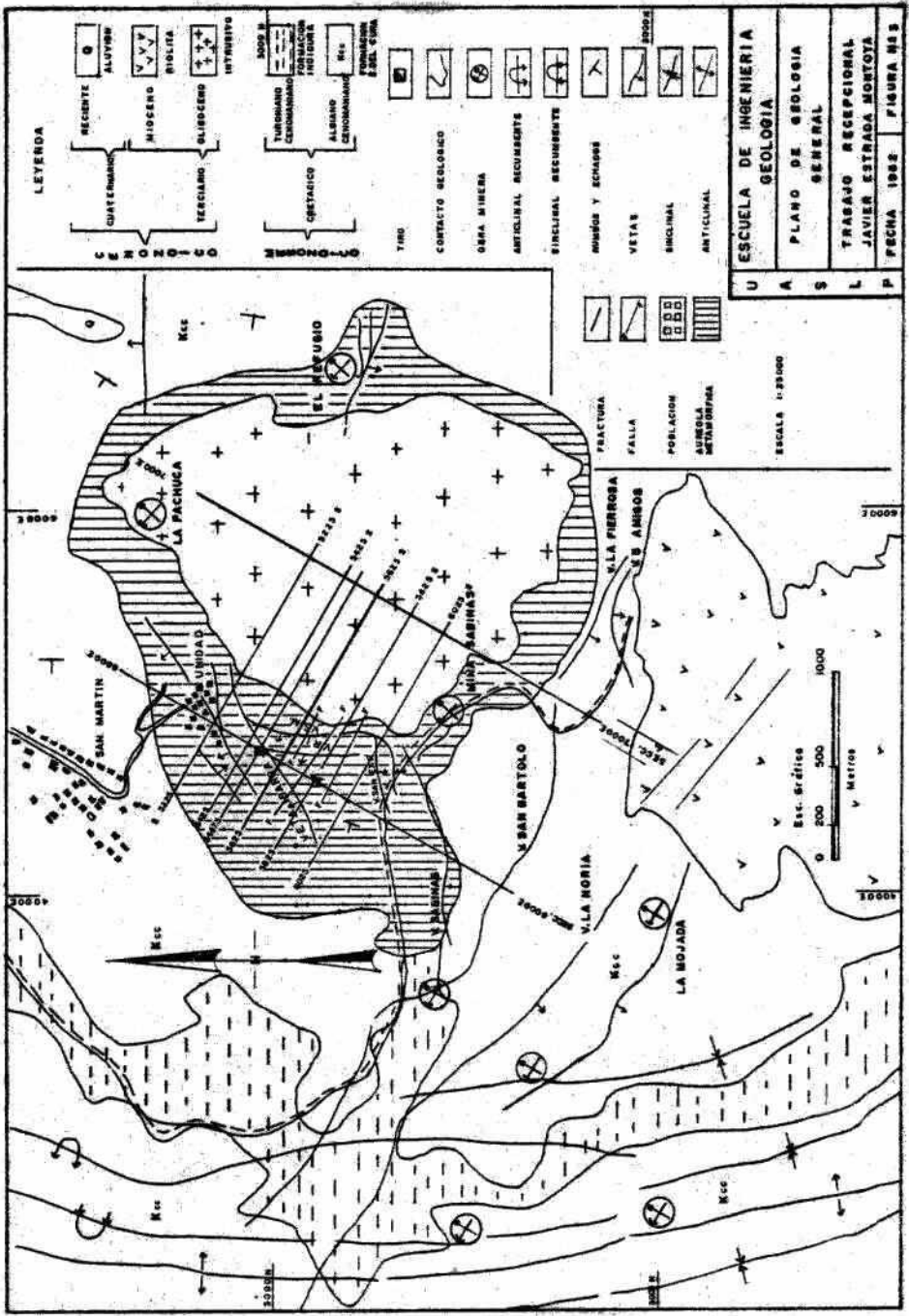
tán desarrollando obras que corresponden al nivel 12, a la elevación de 2,245 metros sobre el nivel del mar. Los servicios para el desarrollo de este nivel son llevados por medio de la rampa -- U-016, la cual se va desarrollando hacia el nivel 16.

Los niveles se desarrollen únicamente en frentes en la veta; del contracielo del nivel hacia arriba se deja un pilar de protección de ocho metros, a partir del cual se desarrolla la explotación de los rebajes correspondientes a cada nivel, ya que el sistema de explotación (relleno hidráulico) llevado en la mina así lo requiere, por la forma del yacimiento.

El tiro Cero se está profundizando y el proyecto es que para el año de 1989 alcance la profundidad correspondiente al nivel - 12.

IV

G E O L O G I A



GEOLOGIA

Dentro del área que comprende el distrito minero de San Martín, afloran rocas sedimentarias marinas y se reconocen las formaciones Cuesta del Cura e Indidura, varios intrusivos graníticos, rocas volcánicas de composición riolítica y, como producto de la erosión, gravas y suelos (Figura No. 3).

1.- ESTRATIGRAFIA

FORMACION CUESTA DEL CURA

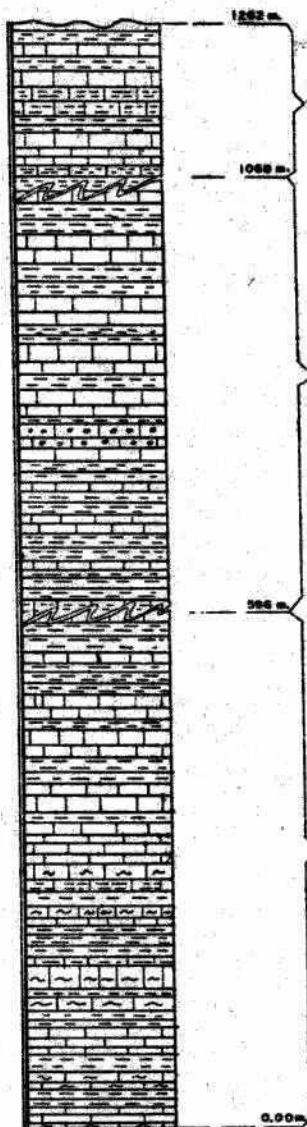
Imlay (1926, p. 1925), definió como Formación Cuesta del Cura a una secuencia de calizas grises oscuras, de estratos ondulantes e intercalaciones de pedernal negro.

Su localización tipo se sitúa a 6.4 kilómetros al poniente de Parras, Coahuila, en donde alcanza el espesor de 65.0 metros.

En San Martín ésta es la formación mayormente distribuida y se presenta como caliza gris oscura, de estratos ondulantes e intercalaciones de pedernal negro. Los estratos de la caliza están bien marcados, son uniformes y sus espesores varían de 10 a 40 centímetros, cortados por abundantes fracturas rellenas de calcita y siderita, observándose claramente la estratificación ondulante. En ellas se han encontrado moldes de amonites mal preservados, lo que dificulta su clasificación exacta, pero que pueden situarla en el Albiano Superior-Cenomaniano Inferior.

El espesor de la Formación Cuesta del Cura, en el área de la mina, se conoce en su elevación superior por los afloramientos del cerro de la Gloria y en su elevación inferior por barrenos de diamante dados desde el interior de la mina, en los que se ha recono

SECCION ESTRATIGRAFICA GENERALIZADA MEDIDA EN EL ARROYO HERRADURA (Topia Blanca) San Martin, Zac.



CALIZA CUESTA DEL CURA
 CALIZA ARCILLOSA COLOR GRIS OSCURO, CON ALTERNANCIA DE CALIZA COMPACTA E INTERCALACIONES DE LUTITA.


 Calizo

FORMACION INDIDURA

CALIZA ARCILLOSA Y LUTITAS, LA CALIZA DE COLOR GRIS CLARO EN OCASIONES CON APARIENCIA CALCILUTITICA COLOR NEGRO APARECEN AISLADAMENTE HORIZONTES DE CALCIRRUDITAS.


 Calizo Arcilloso


 Calizo con Pedernal


 Calcirrudite


 Lutitas

CALIZA CUESTA DEL CURA
 CALIZA CON HORIZONTES DE CALIZA ARCILLOSA ALTERNADA CON LUTITA, LA CALIZA ES LAJOSA Y EXISTEN BANDAS DE PEDERNAL NEGRO.

U A S L P	ESCUELA DE INGENIERIA GEOLOGIA	
	SECCION ESTRATIGRAFICA GENERALIZADA.	
	TRABAJO RECEPCIONAL: J. ESTRADA M.	
	FIGURA Nº 4	FECHA 1982

cido esta misma formación; el total de su espesor conocido es de - 770 metros.

Por su litología, la Cuesta del Cura se depositó en ambiente de cuenca a causa de la transgresión de los mares del Albiano; sin embargo, el aumento de terrígenos hacia el inicio del Cenomaniano indica condiciones regresivas de depósito.

FORMACION INDIDURA

Kelly (1936, p. 1028), definió la Formación Indidura en la región de las Delicias, Coahuila, describiendo unos 30 m de lutitas, caliza desquebrajada y capas de caliza.

Esta formación aflora en las estribaciones de las prominencias topográficas formadas por la Caliza Cuesta del Cura; por esta razón se le encuentra en franjas arcillosas y bastante erosionadas que bordean ambos lados del cerro del Papantón.

La unidad consiste primordialmente de lutitas alternando con calizas arcillosas de grano fino, formando estratos de 10 a 30 cm de espesor. Las primeras son de color verde oscuro a negro, muy fisiles; el color característico de intemperismo es pardo claro a obscuro, amarillento.

Las calizas son de grano muy fino y pasan gradualmente a calizas arcillosas en estratos de 10 a 40 cm de espesor; su color en superficie fresca es gris oscuro a negro y se intemperizan a gris y gris claro con tintes amarillos; aisladamente se observa escaso pedernal negro a manera de bandas de 0.5 cm de espesor, que se acunan a los lados.

En el arroyo de la Herradura (Tapia Blanca, a 2 km de la unidad San Martín, hacia el norte) se midió una sección estratigráfi-

ca de aproximadamente 1,262 metros, que incluye a la Cuesta del Cura e Indidura (Figura No. 4); esta última dio el espesor de 575 m, siendo el real, dado el plegamiento existente. En la sección medida se colectó un ejemplar de *Inoceramus labiatus*, fósil índice del Turoniano, lo que sugiere que la edad de la Indidura en el área es del Cenomaniano-Turoniano.

La Formación Indidura es correlacionable con la Formación --- Agua Nueva, descrita en el área de Monterrey, N. L., por Rogers -- (1961, p. 102), ya que sus litologías presentan mucha semejanza; -- por lo tanto, existe la posibilidad de que en el área de San Mar-- tín a la Formación Indidura deba llamársela Agua Nueva, aunque no-- hay suficiente evidencia que apoye tal suposición.

Por su litología, la Formación Indidura parece haber sido depositada en ambiente somero con oscilaciones en la línea de costa, lo que propició el depósito de calizas arcillosas y lutitas.

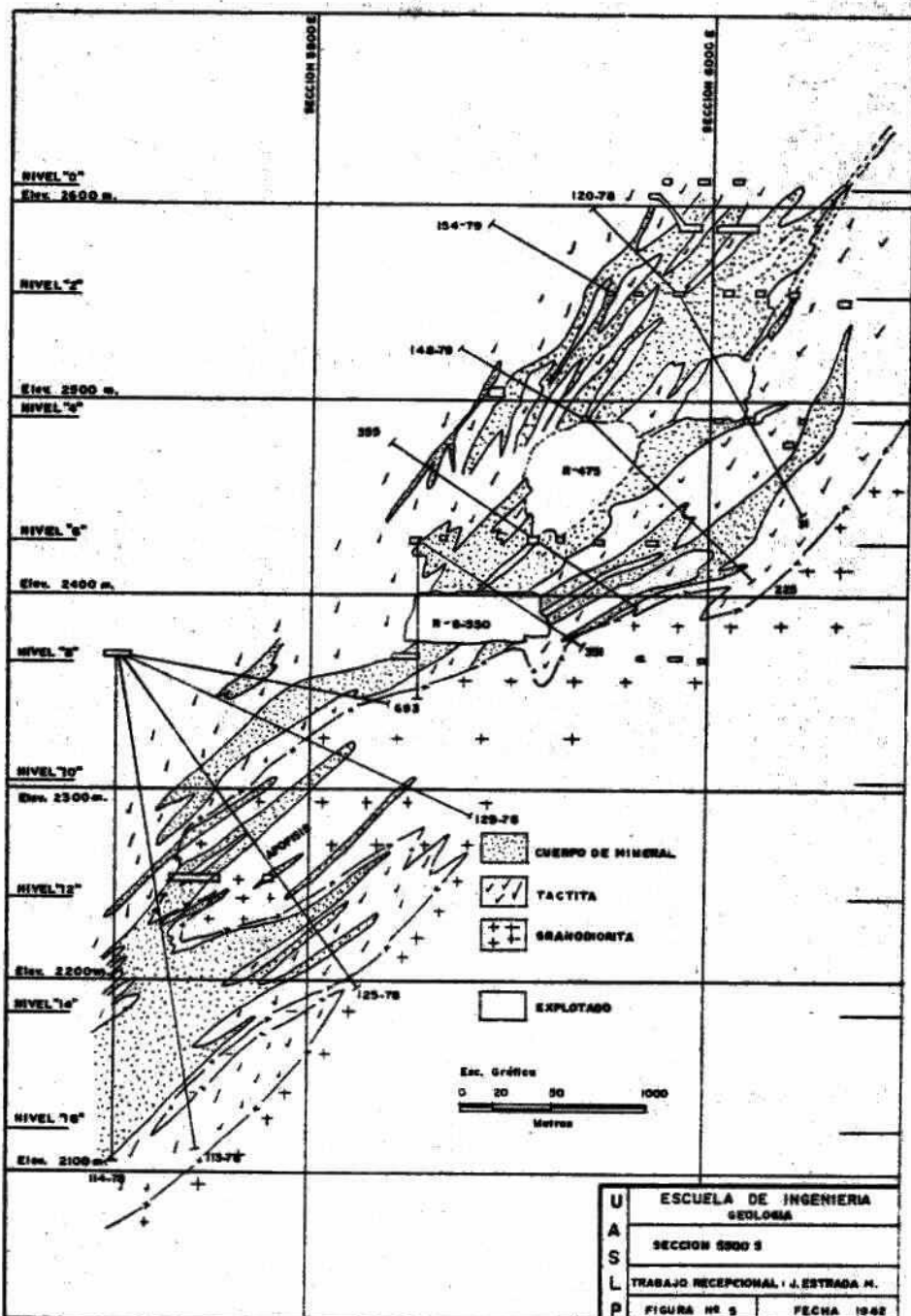
2.- ROCAS IGNEAS

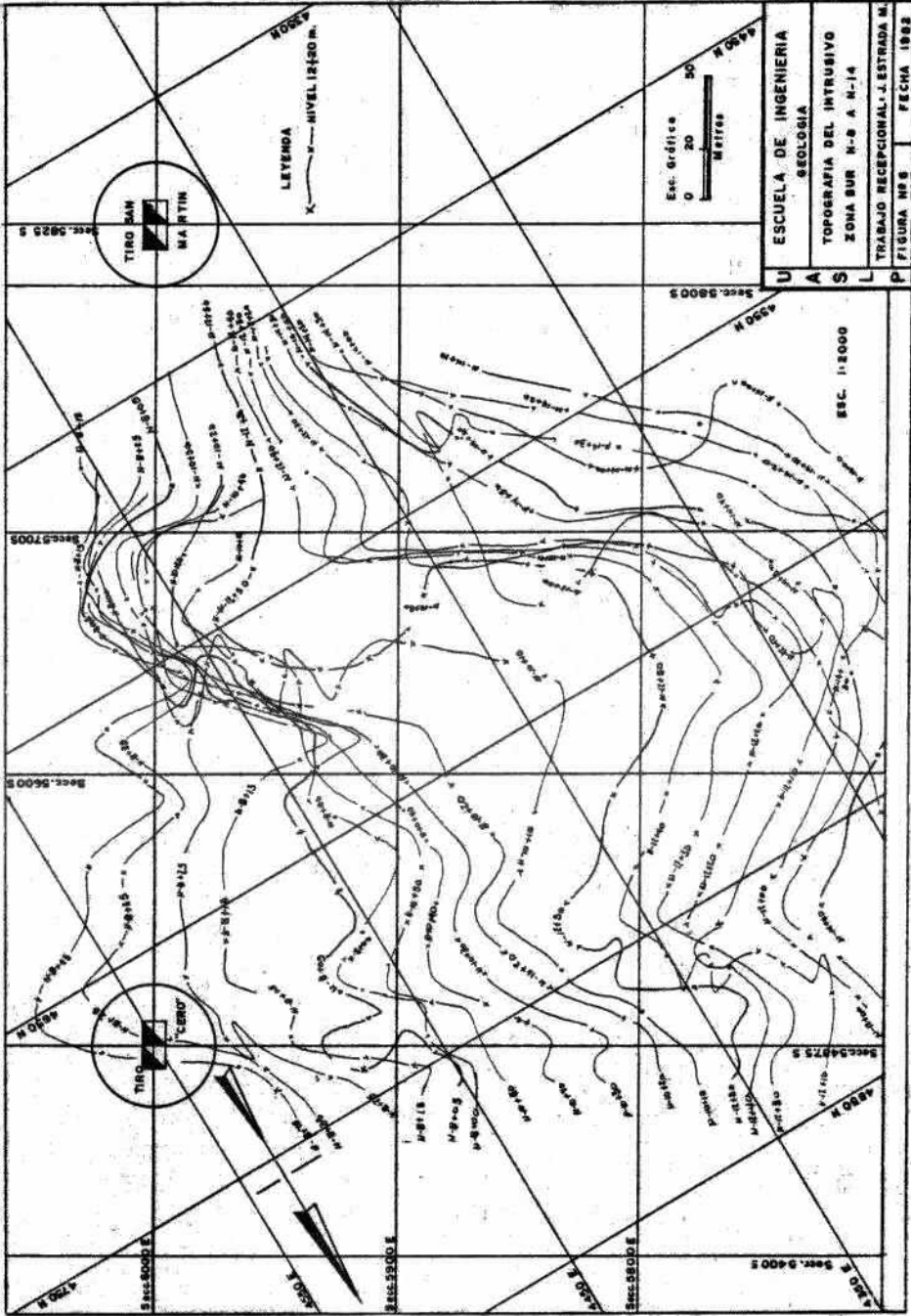
A) INTRUSIVAS

El tronco de composición granodiorítica intrusión irregularmente a la Caliza Cuesta del Cura, siendo en la superficie su diámetro mayor de 2 km y el menor de 1.5 km, semejando burdamente una elipse alargada en el sentido norte - sur.

El intrusivo presenta textura holocristalina, fanerítica hipidiomórfica, con fenocristales de cuarzo, feldespatos potásicos y, en menor cantidad, plagioclasas, y como mineral accesorio, biotita.

Al NE de la mina San Martín se encuentran dos afloramientos de roca ligeramente porfídica con matriz afanítica, que por relación de campo, se trata de masas intrusivas que posiblemente sean epófisis del intrusivo del cerro de la Gloria.





El intrusivo en el interior de la mina, a la elevación del nivel 8 (2,365 m.s.n.m.) hasta el nivel 12 (2,245 m.s.n.m.), forma un apófisis que se ha interpretado por barrenos de diamante en secciones hechas cada 25 metros; este apófisis actúa como una trampa estructural que contiene cuerpos de reemplazamiento en su interior; tiene longitud de 125 metros, con ancho de 120 metros aproximadamente; la mayor parte del apófisis contiene mineral diseminado, -- principalmente calcopirita (Figura No. 5).

En la parte sur de la mina, a la elevación del nivel 10, la veta de San Marcial cambia su rumbo general de N 30° E a N 45° W; -- el factor estructural que hizo este cambio, posiblemente es la Falla No. 3, ya que en esta zona el intrusivo da una notable vuelta hacia el este, y la veta que está estrechamente relacionada con el contacto del intrusivo sufrió dicho cambio; en lo que se refiere a los estratos reemplazados, no sufrieron cambio alguno de rumbo (Figura No. 6).

El ingeniero Ernesto Cuevas ha reportado edad del Oligoceno -- basándose en estudios radiométricos, lo que parece razonable, ya que el intrusivo fué emplazado después de la Orogenia Laramídica y antes del vulcanismo sílico del Mioceno (Escandón 1973); es contemporáneo con la mineralización y está íntimamente relacionado con ella.

B) EXTRUSIVAS

Sobre las Formaciones Cuesta del Cura e Indidura se tiene discordantemente una secuencia de derrames riolíticos de espesores -- aún no medidos, que forman el Cerro Prieto y que cubren la superficie aproximada de 3.68 km². Contienen gran cantidad de fracturas, -- las cuales en su mayoría tienen rumbo general de NE-SW. Sus contactos son muy irregulares, formando escarpas profundas.

Esta roca presenta textura merocristalina, afanítica, con poco contenido de fenocristales; como minerales esenciales, cuarzo y

feldespatos potásicos; accesorios, trazas de minerales máficos; en general las riolitas son de color rosado claro y pardo. Las rocas están clasificadas como tobas riolíticas.

Al oriente de la mina se encuentran derrames riolíticos que forman el cerro del Cristo, que es de forma irregular con escarpas profundas, semejando una bufa. Tiene textura afanítica, con contenido bajo de fenocristales de cuarzo y feldespato alcalino. Algunas rocas están argilizadas, siendo el color rosado claro con tintes pardos rojizos, muy fracturadas, formando escarpas profundas que descansan sobre la Formación Cuesta del Cura; tentativamente se le ha asignado edad que va del Oligoceno tardío al Mioceno, por ser posteriores a la mineralización y por correlación litológica con las grandes extravasaciones félsicas de la Meseta Central y la Sierra Madre Occidental.

3.- ROCAS METAMORFICAS

Producto de la intrusión del tronco granodiorítico, se formó una aureola metamórfica en los contactos con las calizas de la Formación Cuesta del Cura; la aureola metamórfica es asimétrica, ya que en el flanco norponiente el intrusivo tiene echado de $\pm 60^\circ$ al norponiente y la extensión de la aureola es mucho mayor que en los otros márgenes, lo que indica que la inclinación del intrusivo es de 70° a 80° de echado al este, por lo que el halo metamórfico tiene extensión aproximada de 30 metros; ésto es también producto de otros factores, como la posición estructural de los estratos con respecto al contacto del intrusivo y a menor actividad ígnea en esa zona. No así en los flancos norponiente y surponiente, en que la aureola alcanza longitud de 1.0 kilómetros aproximadamente.

Esta aureola está formada por la conversión de las calizas a rocas silicificadas, silicatadas y recristalizadas.

Estas calizas metamorfoseadas, debidas principalmente a la acción del intrusivo, en ocasiones se presentan como auténticas tactitas (skarn), principalmente skarn de granate, en donde la granatización consiste sobre todo en la formación de grosularita; esto se presenta en las cercanías del intrusivo, tanto horizontal como verticalmente.

También se ha observado que el metamorfismo tiene cierta preferencia litológica, ya que tanto en el interior de la mina como en la superficie hay marcada alternancia de estratos silicificados (hornfels), granatizados (skarn) y otros simplemente recristalizados.

José Jorge Aranda G. (1979, Estudio Mineralógico), basado en la mineralogía de la aureola, la divide en cuatro zonas, del intrusivo hacia afuera:

1.- CUARZO SACARÓIDE

Esta alteración está restringida a dos zonas pequeñas a lo largo del contacto del intrusivo.

2.- FERROSALITA - GRANATE

Zona que económicamente es la más importante, ésta es la que contiene los cuerpos de reemplazamiento de cobre, plata y zinc.

3.- TREMOLITA - GRANATE

Esta zona es de contacto transicional con la zona de ferrosalita - granate.

4.- TREMOLITA - CALCITA

Zona donde la caliza presenta tremolita como alteración.

4.- CONGLOMERADO Y ALUVION

Como producto de la erosión, se han cubierto grandes extensiones de conglomerado de rocas sedimentarias e ígneas, generalmente mal clasificado, con cantos angulosos y redondeados, cementados -- con caliche; se encuentran sobre algunos valles pequeños, cubriendo rocas del Cretácico. Actualmente el área atraviesa por una intensa etapa de erosión, que ha dado como resultado el depósito de limos y cantos no consolidados, que forman capas de suelo y rellenan amplios valles.

5

HISTORIA GEDLOGICA

HISTORIA GEOLOGICA

Las rocas más antiguas que afloran en el área, son las calizas de la Formación Cuesta del Cura; por lo tanto, la historia geológica de la región se hará a partir del depósito de las calizas mencionadas (Figura No. 7).

Albiano - Cenomaniano

Hacia el Albiano - Cenomaniano temprano, el área de San Martín estuvo invadida por el mar, alcanzando su máxima profundidad - en la que se depositaron los sedimentos calcáreos de la Formación Cuesta del Cura; sin embargo, la presencia de capas de lutitas dentro de esta formación permite suponer que la línea de costa tuvo oscilaciones.

Cenomaniano - Turoniano

Durante la parte alta del Cenomaniano temprano, las condiciones de depósito comienzan a cambiar, ya que se pasó de la sedimentación calcárea a la calcáreo-arenosa, esta última representada en el área por calizas arcillosas y lutitas de la Formación Indidura. Este tipo de sedimentos indica las condiciones regresivas y transgresivas que tuvieron los mares y que se manifestaron durante todo el Turoniano.

Cenoniano

Posteriormente se inicia el depósito cíclico (areniscas y lutitas) que caracteriza a la Formación Caracol, la cual no aflora en el área, pero que pudo observarse cerca de ella. Este tipo de sedimentación continuó en la cuenca durante todo el Cretácico Superior, pero en el área no hay formación representativa de ese lapso.

Paleoceno - Eoceno

Durante el Paleoceno Tardío - Eoceno, tiene lugar la fase orgénica de la Revolución Laramídica, quedando claras evidencias en las rocas, ya que se observan abundantes pliegues.

El análisis de los rumbos en las estructuras del área sugiere que las fuerzas actuaron del W al E o bien del SW al NE.

Oligoceno

Con la terminación de la época orgénica y es posible que simultáneamente con ella, se emplazaron los cuerpos intrusivos de -- composición granodiorítica, entre ellos el tronco del cerro de la Gloria, que alteraron y deformaron aún más a las rocas plegadas -- con anterioridad. Los esfuerzos producidos durante el emplazamiento del tronco, dieron origen a un sistema de fracturas, por las -- que posteriormente circularon los flúidos mineralizantes.

Oligoceno - Mioceno

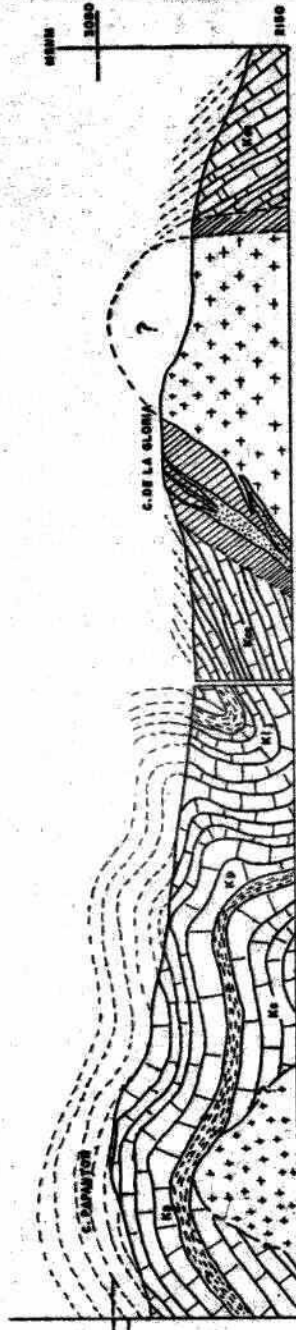
Posiblemente durante el Oligoceno tardío y todo el Mioceno, - tuvo lugar el depósito de los derrames félsicos en el área y sus - alrededores. Durante el resto del Terciario, la actividad erosiva - permitió la acumulación de fragmentos de rocas sedimentarias e ígneas en los valles, siendo posteriormente cementados con caliche.

Reciente

Por último, la capa aluvial fué depositada durante el Reciente.

6

GEOLOGIA ESTRUCTURAL



LEYENDA

- | |
|----|
| K1 |
|----|

 FORMACION INDIDURA
 - | |
|-----|
| K2a |
|-----|

 FORMACION CUESTA DEL CURA
 - | |
|---|
| + |
|---|

 INTRUSIVO
 - | |
|----|
| K3 |
|----|

 FORMACION LA PEÑA
 - | |
|----|
| K4 |
|----|

 CALIZA CUPIDO
 - | |
|---|
| ▨ |
|---|

 AUREOLA METAMORFICA
 - | |
|---|
| • |
|---|

 MINERALIZACION
- NO AFLORAN

- | |
|---|
| ▨ |
|---|

 CALIZAS
- | |
|---|
| ▨ |
|---|

 LUTITAS

Esc. 1:25,000
 0 200 500 1000
 Metros

U	ESCUOLA DE INGENIERIA
A	GEOLOGIA
S	SECCIONES GEOLOGICAS
L	DEL AREA
P	TRABAJO RECEPCIONAL J. ESTRADA M.
P	FIGURA N° 8 FECHA 1983

GEOLOGIA ESTRUCTURAL

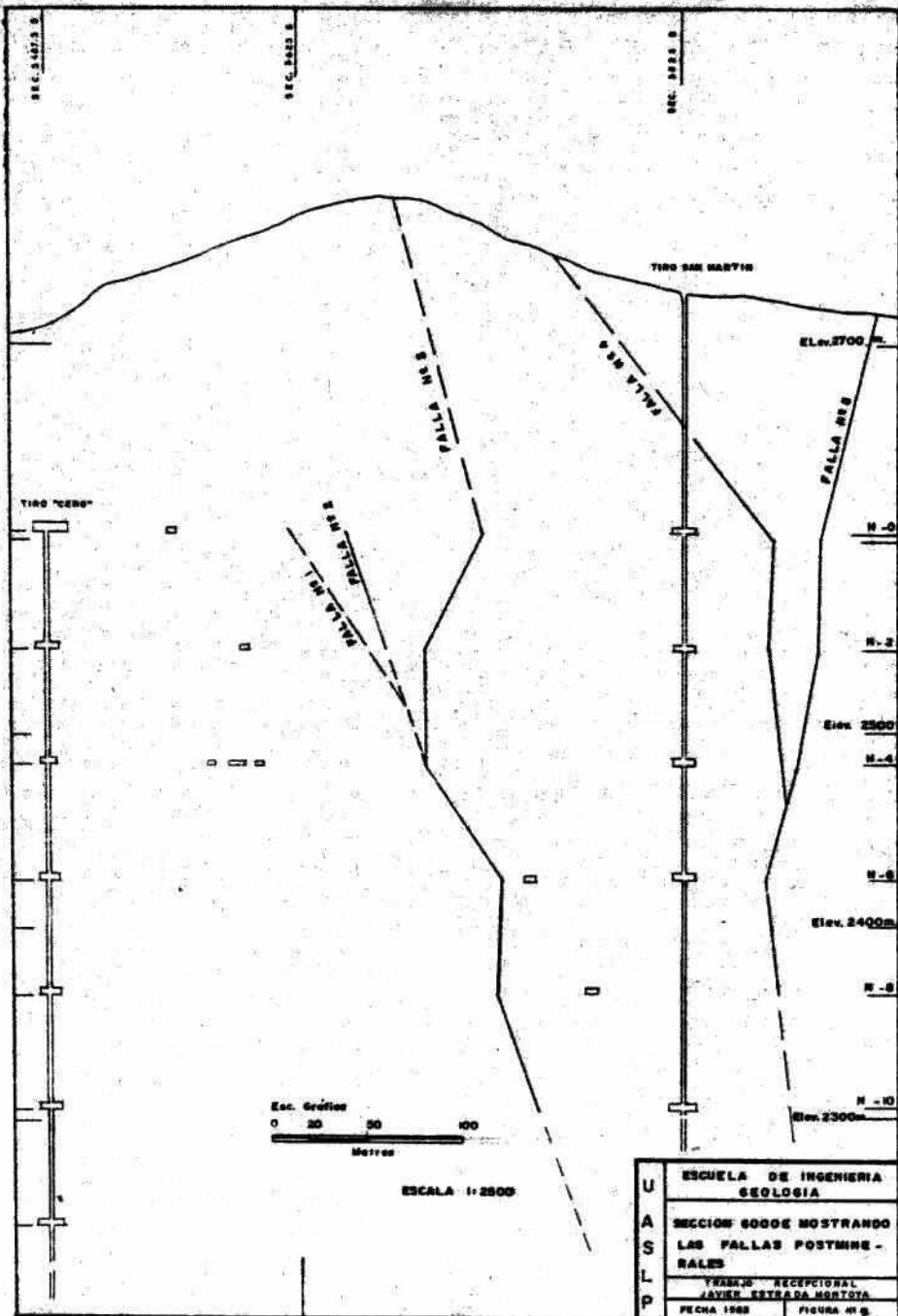
Dentro del área del distrito, los pliegues, al igual que las fracturas y fallas, tienen origen tectónico, como resultado del plegamiento de la Orogenia Laramídica, antes del vulcanismo siálico y como consecuencia de la intrusión del tronco granítico del cerro de la Gloria (Figura No. 8).

La secuencia sedimentaria de la región de San Martín sufriría plegamiento, cuyo eje tiene rumbo norte franco y en el que los estratos tienen echados que varían entre 10° y 50° al oriente y poniente; ésto hace suponer que los esfuerzos que causaron los plegamientos actuaron en dirección SW - NE.

Las formaciones Cuesta del Cura e Indidura presentan un sistema de fracturamiento con dirección preferencial al NE - SW y N - S; otras tantas tienen su rumbo al NW - SE; estos sistemas pudieron tener su origen durante la etapa de tensión y relajamiento que tuvo después de la fase compresiva de la Orogenia Laramídica.

El fracturamiento irregular que se observa en las corrientes riolíticas dentro del distrito, es consecuencia del enfriamiento rápido, es decir, se trata de fracturamiento tensional sin importancia.

Uno de los sistemas de fallas y fracturas más importantes en el distrito es producto de la intrusión de la granodiorita que causó fallas inversas, las cuales son tangenciales o aproximadamente paralelas al contacto tectito - intrusivo, formando un sistema común con rumbo generalizado de NE 30° y echado también generalizado de 60° al poniente. Estas son auténticas vetas-falla, como lo indica la presencia de material de falla (salbando) que se les observa, tanto al alto como al bajo de las vetas.

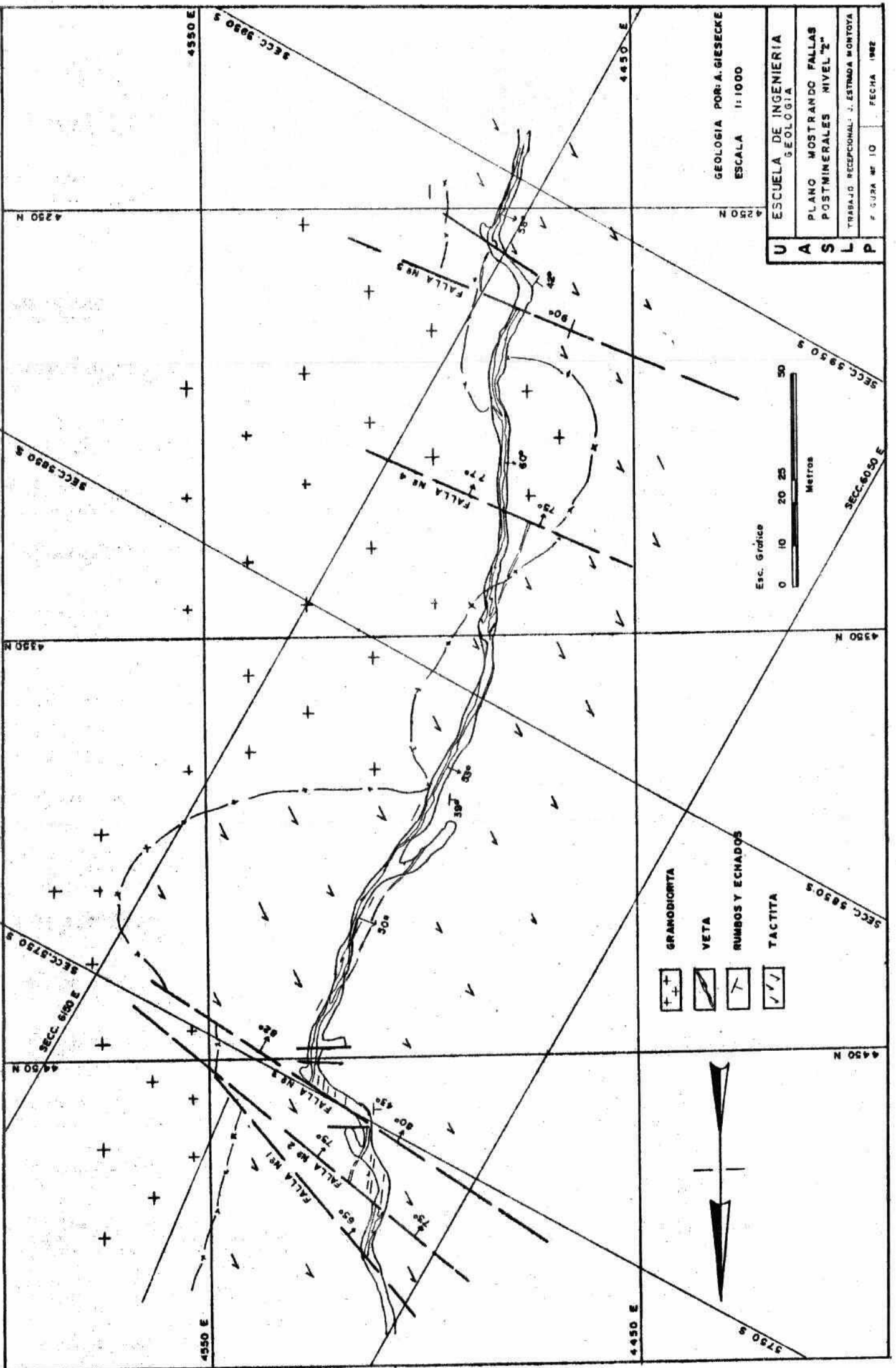


U A S L P
 ESCUELA DE INGENIERIA
 GEOLOGIA
 PLANO MOSTRANDO FALLAS
 POSTMINERALES NIVEL "2"
 TRABAJO RECCIONAL: J. ESTRADA MONTOYA
 F. CURA N° 10 FECHA 1982

GEOLOGIA POR: A. GIESECKE
 ESCALA 1:1000



- GRANODIORITA
- VETA
- RUMBOS Y ECHADOS
- TACTITA



Las vetas tienen aproximadamente longitud horizontal de afloramiento de 900 metros; la persistencia vertical se tiene explorada hasta la elevación del nivel 16 (2,125 m.s.n.m.), con total de 750 metros desde la superficie (cerro de la Gloria 2,875 m.s.n.m.).

Después de la mineralización y posiblemente durante los derrames ríolíticos y por tensión, se originó una serie de fallas del tipo normal, escalonadas, llamadas Nos. 1, 2, 3, 4 y 5, transversales a las vetas, con rumbos generales de N 70° W y echados de 80° a 90° al sur (Figura No. 9).

Con los levantamientos geológicos en los diferentes niveles se ha observado que dichas fallas tienden a disminuir el desplazamiento horizontal de las estructuras mineralizadas, así como la potencia de dichas fallas. Estas fallas en los niveles superiores al nivel 12 desplazan a las vetas aproximadamente 20 metros horizontales (Figura No. 10).

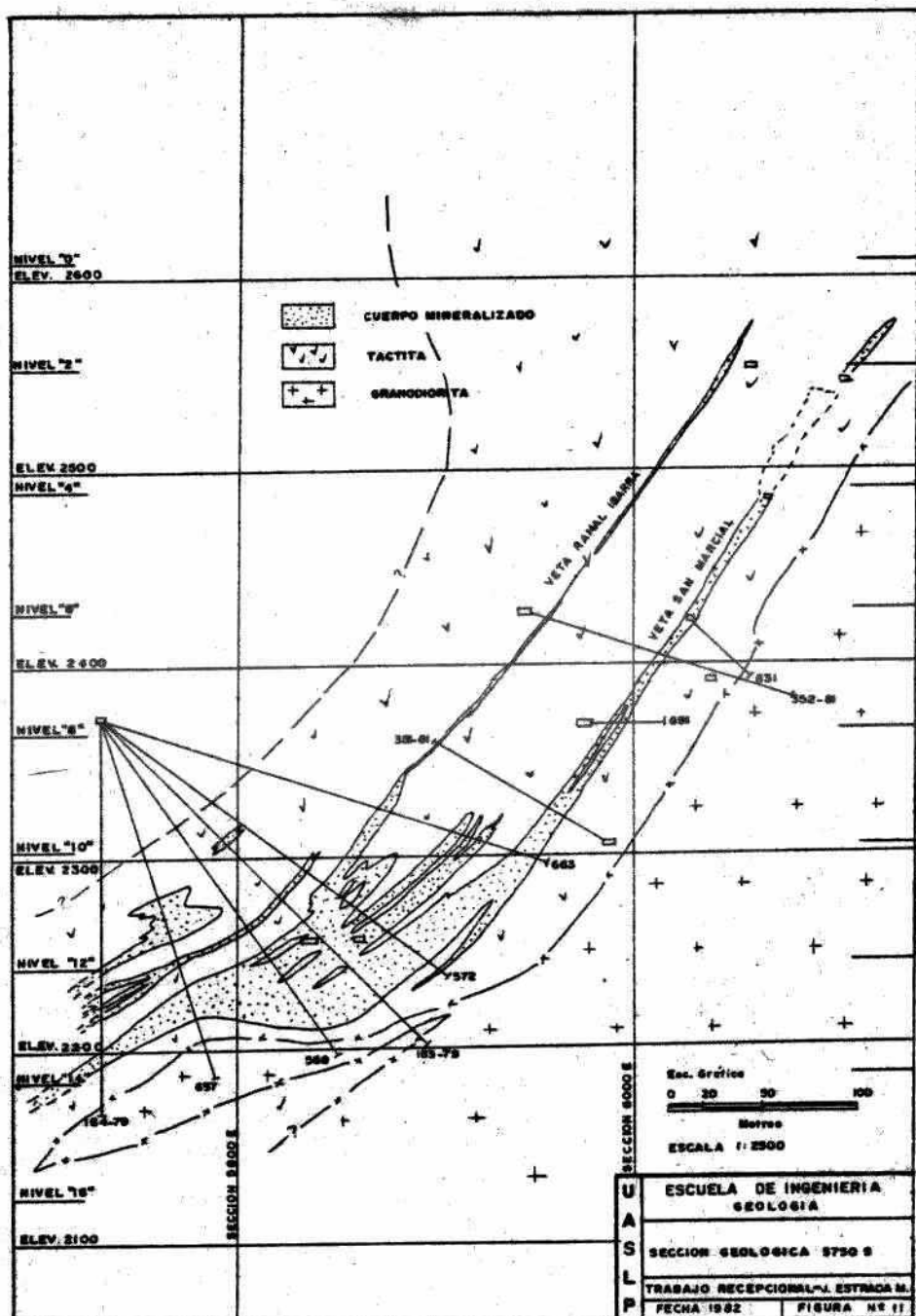
Las fallas número 1 y número 2, tienen longitud aproximada de afloramiento de 70 metros y profundidad conocida de 72 metros, con rumbo de N 55° W y echados de 60° al sur; en los niveles 0 y 2 desplazan a las vetas 15 metros horizontales.

En cuanto a la falla número 3, una de las más persistentes a la profundidad, tiene longitud de 500 metros en la superficie y -- profundidad conocida de 605 metros; el desplazamiento de las vetas es de 20 metros en los niveles 0, 2, 4, 6 y 8; en el nivel 12 el desplazamiento es mínimo.

La falla número 4 tiene afloramiento horizontal aproximado de 60 metros y verticalmente está localizada en 230 metros, con desplazamiento horizontal de 18 metros. La falla número 4 se une con la falla número 5 a la elevación del nivel 4, para formar una sola, la cual se tiene levantada hasta el nivel 12.

7

GEOLOGIA ECONOMICA



GEOLOGIA ECONOMICA

A) Tipo de Yacimiento

Los yacimientos minerales de San Martín son de tipo epigenético y se les han identificado tres categorías de mineralización.

Vetas mesotermales

Vetas hipotermales

Reemplazamiento metasomático

Las estructuras mineralizadas son de forma ^{IRREGULAR} regular, grandes y precisas; tienen continuidad tanto lateral como a la profundidad; en conjunto forman un gran cuerpo mineralizado, que es separado -- por partes de roca estériles (Figura No. 11).

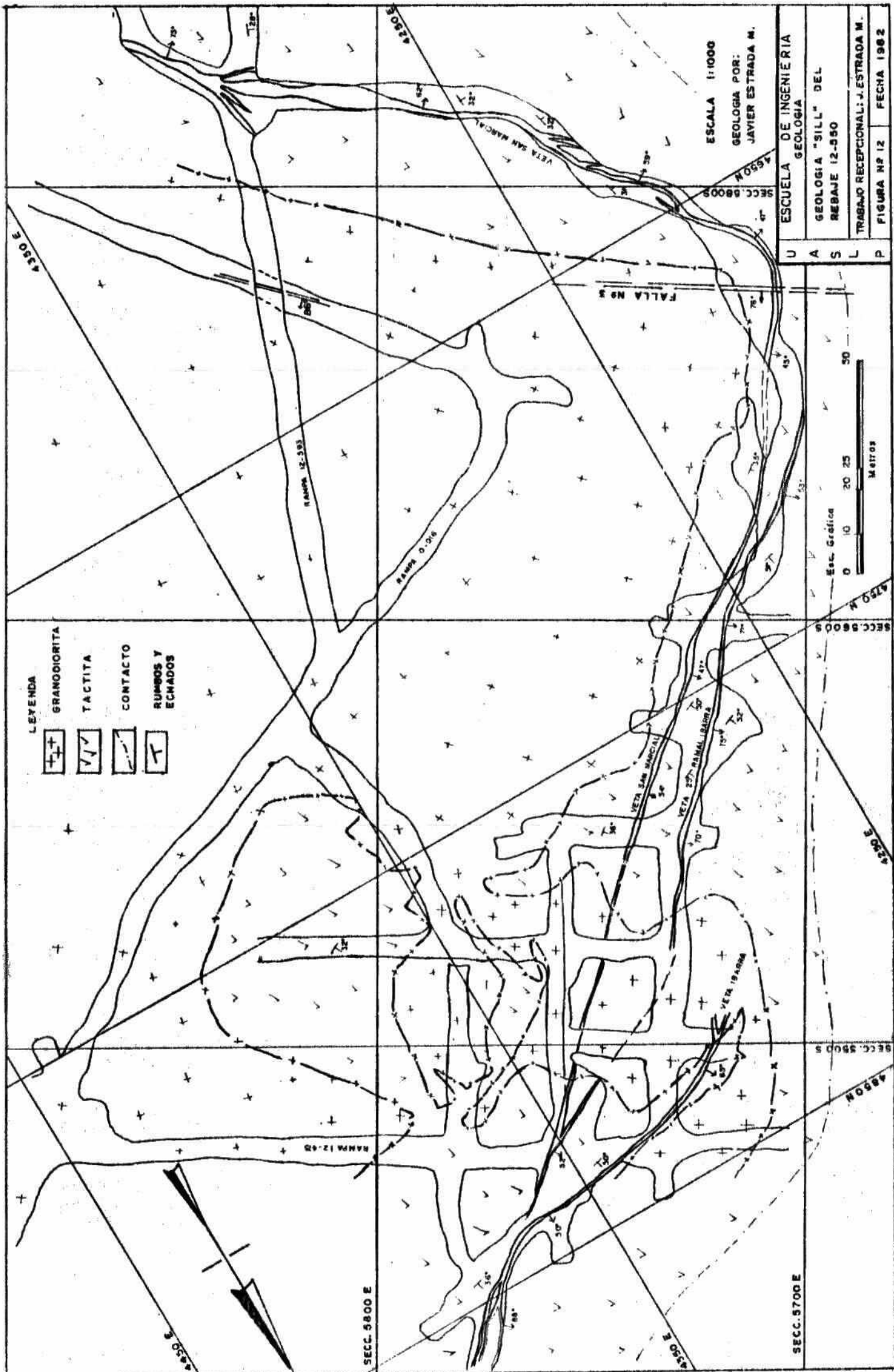
Las vetas tienen forma alargada, con anchos que varían de varios centímetros a 3 metros de espesor; estas vetas son paralelas al intrusivo y alcanzan hasta 900 metros horizontales.

Los cuerpos de reemplazamiento están íntimamente relacionados con las vetas y éstas, a su vez, con el intrusivo; aquellos se presentan como cuerpos tabulares, cuyos espesores son muy variables, que van de 2 metros a 100 metros; además, numerosos ramales que se desprenden de las vetas, tanto al echado como al rumbo de los cuerpos, son paralelos al intrusivo y a veces están en contacto con él.

La zona delimitada como ferrosalita - granate (Aranda, 1979) - económicamente es la más importante, ya que en ella se encuentran los cuerpos de reemplazamiento.

B) Descripción de las Vetas

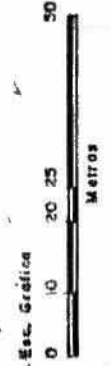
En el capítulo anterior, se explicó el comportamiento general



- LEYENDA
- GRANODIORITA
 - TACTITA
 - CONTACTO
 - RUMBO Y ECHADOS

ESCALA 1:1000
 GEOLOGIA POR:
 JAVIER ESTRADA M.

ESCUELA DE INGENIERIA
 GEOLOGIA
 GEOLOGIA "SILL" DEL
 REBAJE 12-550
 TRABAJO RECEPTACIONAL: J. ESTRADA M.
 FIGURA N° 12 FECHA 1982



U
A
S
L
P

SECC. 5800 E

SECC. 5700 E

SECC. 5800 S

SECC. 5800 S

4350 E

4350 E

4350 E

4350 E

4350 E

4350 E

de las vetas; en el presente se tratará de describir las características individuales de ellas, por orden de importancia.

Las más importantes de las conocidas en San Martín son: San - Marcial, Ramal Ibarra, Ibarra, San Expedito, San Antonio y Animes. Las cuatro vetas mencionadas primero son las que actualmente se están explotando (Figura No. 12).

VETA DE SAN MARCIAL

La veta de San Marcial es la más importante, tanto estructural como económicamente. La longitud de su afloramiento es de más o menos 850 metros, con espesor medio de 2.00 metros; su rumbo varía de N 30° E a N 45° E; el echado está gobernado por el contacto del intrusivo, y a la disminución del echado del intrusivo corresponde la disminución semejante del echado de la veta.

Tanto en la superficie como en el interior de la mina, la veta de San Marcial es la más próxima al intrusivo y su mayor parte está dentro de la aureola metamórfica.

La veta de San Marcial se introduce en algunos apófisis del intrusivo, así como en éste en sus extremos. Cuando encajona en los apófisis los rasgos característicos de la veta se pierden; lo mismo sucede en el intrusivo, y hasta que vuelve a entrar a la tag tita la estructura se formaliza.

La disminución de valores y del espesor de la veta que presenta al introducirse al intrusivo en la parte sur, ha motivado que en los niveles 0, 2, 4, 6 y 8, las frentes hayan sido abandonadas temporalmente.

En la preparación del entresuelo del rebaje 12-550 y 12-800, la veta se tiene planificada en su mayor parte.

VETA RAMAL IBARRA

Esta veta está considerada como un ramal al bajo de la veta de Ibarra; en su parte intermedia se desprende de ella en la superficie, donde la veta de Ibarra bordea la aureola metamórfica a elevaciones inferiores, en lo que son los niveles 4, 6, 8 y 12. La veta-Ramal Ibarra se desprende de la veta de San Marcial.

La longitud de su afloramiento es de aproximadamente 450 metros. Su rumbo general es de N 30° E, con echado de 60° al poniente. La veta está constituida principalmente de calcopirita, galena, esfalerita y pirita, en ganga de calcita y sílice; el espesor medio es de 1.50 metros. A partir del desprendimiento, en longitud que varía de 50 a 200 metros, contiene los minerales antes citados, pero más retirada al SE se convierte en veta de calcita, cuarzo y pirita, con poco contenido de galena.

La veta Ramal Ibarra es, después de la veta de San Marcial, la más importante económicamente en la actualidad, pero aparte de su propia mineralización, ha propiciado, junto con la veta de San Marcial, cuerpos de reemplazamiento entre dichas vetas. Los minerales más comunes de este reemplazamiento son bornita, calcopirita, esfalerita, pirrotita, arsenopirita, molibdenita y pirita.

Los cuerpos de reemplazamiento metasomático son de gran importancia económicamente por su contenido mineral y tonelaje; en la actualidad estos cuerpos controlados por las estructuras de las vetas son las que se están explotando, desarrollándose rebajes con ancho de 70 metros y largo de 100 metros. La continuidad de estos cuerpos de reemplazamiento es conocida hasta el nivel 16, en un área que cubre 150 metros horizontales.

La preparación del entresuelo del rebaje 12-550 y 12-800 es -- llevado entre las vetas de San Marcial y Ramal Ibarra.

VETA IBARRA

La veta de Ibarra se desprende de la veta de San Marcial más hacia el norte; el desprendimiento de las vetas de Ibarra y de San Marcial en la superficie y en los niveles 0, 2, 4, 6, 8 y 12, se ha localizado al norte del tiro Cero.

La longitud del afloramiento de la veta de Ibarra en la zona de tactitas es de 800 metros; su rumbo varía de N 65° E a N 35° E y su echado es de 60° a 85° al NW.

La mineralización para la mayoría de su longitud es de bajo contenido en su ley; en lo que se refiere al reemplazamiento entre las vetas Ramal Ibarra e Ibarra en la parte norte, los cuerpos se presentan con continuidad, conteniendo minerales como: Esfalerita en su mayor parte y ocasionalmente estibnita y calcopirita; del desprendimiento hacia el sur esta veta se aleja gradualmente de la veta Ramal Ibarra, por lo que el reemplazamiento disminuye en forma notable a cuerpos pequeños y angostos, tanto horizontal como verticalmente.

VETA DE SAN EXPEDITO

SAME?

El total del afloramiento de esta veta es ligeramente superior a los 400 metros. Se desprende de la veta de San Marcial en el sur, siendo perpendicular a la veta de San Marcial; el poniente de la veta parece ceñirse cuando entra al intrusivo, pero se formaliza en la aureola metamórfica y desaparece en la roca no metamorfosada. La veta de San Expedito fué la que tuvo mayor intensidad de trabajos mineros en la superficie; dichas obras fueron realizadas en los años anteriores a 1900.

La veta de San Expedito ha sido desarrollada en los niveles 0 y 2, hasta la longitud de 75 metros; estas obras fueron abandona-

des debido al acúñamiento de la estructura, que parece extinguirse al entrar al intrusivo; en el nivel 4 se conoce el lugar de su desprendimiento de la veta de San Marcial. Los cuerpos de reemplazamiento por lo general son pequeños y angostos tanto al alto como al bajo, con contenido de mineral con ley alta. Actualmente se está desarrollando el proyecto de un crucero en el nivel 4, para explorarla con obra directa.

El rumbo de la estructura varía de $N 60^{\circ} W$ a $E - W$ y los echados de 85° a 45° al SW.

VETA DE SAN ANTONIO

Esta veta es una de las pocas que se profundizan hacia el intrusivo; cerca de la superficie contiene sobre todo mineral de ley baja. Las muestras cortadas con los barrenos de exploración, indican que la veta se convierte más bien en una zona de fracturación que en estructura de veta.

La de San Antonio es una veta poco consistente y se extingue pronto horizontalmente, y quizá presenta el mismo comportamiento a la profundidad. No ha sido explotada debido a las pobres perspectivas que presenta.

VETA DE ANIMAS

La veta de Animas es aproximadamente paralela a la veta de Ibarra, pero más alejada del intrusivo; se divide en varios ramales al NE, la mayoría de poca importancia. En su afloramiento presenta mineralización pobre, en longitud aproximada de 400 metros; su echado es ligeramente mayor que el del intrusivo, pero es factible que a mayor profundidad, en una zona de mayor metamorfismo, su mineralización de ley baja se convierte en mineralización de ley alta.

C) Mineralogía

Tanto las vetas como los cuerpos de reemplazamiento tienen mineralogía típica de metasomatismo de contacto; en orden de abundancia, los minerales económicos son:

Esfalerita	Esfalerita marmatítica
Sornita	Pirrotita
Calcopirita	Galena
Arsenopirita	

En menor proporción hay también:

Argentita	Scheelita
Plata Nativa	Molibdenita
Tetrahedrita	Estibnita

Estos minerales vienen en ganga de minerales como:

Grosularita	Calcita
Tremolita	Fluorita
Actinolita	Cuarzo
Pirita	

Existen dentro del distrito minero tres zonas mineralógicas conocidas:

- Zona de óxidos
- Zona de enriquecimiento ?
- Zona de sulfuros primarios

La zona de óxidos tiene profundidad variable, debido posiblemente a la permeabilidad secundaria, ocasionada por fracturas y --

PERIODO 3
ETAPA ULTIMA
DE MINERALIZACION

PERIODO 2
ETAPA MEDIA DE MINERALIZACION

PERIODO 1
ETAPA TEMPRANA
DE MINERALIZACION

- ARSENOPIRITA
- PIRITA
- PIRROTITA
- BORNITA
- CALCOPIRITA
- ESFALERITA
- SALENA
- TETRAHEDRITA
- PLATA NATIVA
- PIRARGIRITA
- ESTIBNITA
- JAMESONITA

TEMPORADA _____ TIEMPO _____ ULTIMA _____

U	ESCUELA DE INGENIERIA GEOLOGIA
A	PARAGENESIS GENERALIZADA PARA LA MINA SAN MARTIN, LOS MINES.
S	BAJOS ESTAN LISTADOS EN ORDEN DE APARICION, SALVO LA SALENA
L	TRABAJO RECEPTACIONAL-ESTRADA N.
P	FIGURA Nº 14 FECHA 1968

PARAGENESIS POR:
J. JORGE ARANDA GOMEZ

fallas.

Se observan los minerales siguientes:

Azurita, cuprita, malaquita, calcita, hematita, pirolusita y otros que rara vez se encuentran.

La zona de enriquecimiento supergénico es variable, dependiendo de la profundidad de la zona de oxidación y comienzo de la zona de sulfuros primarios; en ella se han encontrado los minerales siguientes:

Bornita, covelita, pirargirita, enargita y tetrahedrita.

En la zona de sulfuros primarios se han identificado los minerales siguientes:

Esfalerita, calcopirita, molibdenita, pirrotita, galena, pirita, arsenopirita y plata nativa.

D) Zoneamiento

Por observaciones hechas en el rebaje 8-550 con el fin de establecer si existe zoneamiento horizontal, a partir del contacto del intrusivo, con levantamiento geológico, se dedujo el siguiente zoneamiento: Cerca del intrusivo, en el área entre la veta de San-Marcial y la granodiorita, la calcopirita y bornita son muy abundantes formando zonas ricas de cobre, con leyes arriba del 3.5%, - con 350 gr de plata por ton, en la parte poniente de la veta Ramal Ibarra. La calcopirita decrece constantemente y la esfalerita se incrementa formando ricas zonas de zinc, con leyes arriba del 9%;- los valores de cobre-plata se incrementan localmente en la veta Ibarra.

En menor proporción, en los cuerpos del yacimiento se cuenta con molibdenita, estibnita y galena. La molibdenita tiende a ocurrir en la parte SE del rebaje 8-550; pequeñas cantidades de galena están formando las vetas de San Marcial, Ramal Ibarra e Ibarra; la ley de plomo en el rebaje no excede del 0.5%.

Por lo tanto, se ha deducido que el zoneamiento horizontal, -yendo del intrusivo hacia su lejanía, sería el siguiente: Bornita, calcopirita, arsenopirita, pirrotita, galena y estibnita (J. Jorge Aranda) (Figura No. 13).

El zoneamiento vertical muestra variación, ya que la tetrahedrita es muy abundante en los niveles superiores y en el rebaje -- 8-550 es muy rara. Los minerales que se han observado en las descripciones de núcleo de barrenación que aumentan en los niveles inferiores al nivel 12, son: Pirrotita, esfalerita y galena; los minerales de cobre y plata, tienden a decrecer a la profundidad. El zoneamiento vertical sugiere que probablemente el yacimiento no -- fué producto de un solo evento de mineralización.

E) Paragénesis

La secuencia generalizada de la paragénesis se muestra en la figura No. 14. J. Jorge Aranda G. considera que la arsenopirita, -pirrotita, bornita y esfalerita, no fueron depositadas durante el primer período; se tiene la remota posibilidad de que solamente la galena fué formada durante el primer período de mineralización.

F) Controles y guías

Es muy posible que los controles en la mineralización de los cuerpos del yacimiento sean de tipo litológico y estructural.

Por los levantamientos hechos en las obras desarrolladas en -

la mina, en las vetas se ha observado que la mineralización sigue ciertos horizontes de roca, tal vez porque su composición difiere de unos a otros estratos que forman la roca encajonante; en los levantamientos de los diferentes niveles se observa alternancia marcada de estratos mineralizados y otros estériles; por lo general, los mantos con mineral son estratos silicatados y recristalizados; los que no tienen mineral o es muy poco su contenido, son estratos altamente silicificados.

En el control estructural también se ha observado que el área de mineralización es mayor cuando los planos de estratificación -- tienen menor echado con respecto a las vetas. Otro control estructural es el fracturamiento, que aunque no llega a constituir vetas de fisura, si sirvió como conducto para la mineralización.

Para desarrollar los programas de exploración en áreas desconocidas, como para la exploración de la continuidad de los cuerpos, una de las guías que se tienen es la extensión de la aureola metamórfica que circunda al intrusivo.

G) Génesis del Yacimiento

Hasta el momento no se ha efectuado un estudio con detalle de la génesis del yacimiento; por lo tanto, se mencionará una hipótesis.

Se sabe que los cuerpos mineralizados se formaron por reemplazamiento metasomático de las calizas; los flúidos mineralizantes migraron por fracturas sin llegar a constituir vetas de fisura, únicamente sirvieron éstas como conductos de las soluciones mineralizantes.

Además se observan las características de las alteraciones en las rocas carbonatadas, como son la recristalización y silicatación, las cuales indican origen de metasomatismo de contacto (Escandón, 1973), pero la propilitización del tronco granodiorítico sugiere que al menos parte de la mineralización se efectuó después del enfriamiento del intrusivo.

V

EXPLORACION

EXPLORACION

En la exploración, como en todas las cosas de la vida, llevar un orden establecido trae como consecuencia el ahorro de esfuerzos humanos y económicos, como también resultados más precisos y objetivos; sin embargo, surgen problemas y este orden no es llevado, además de que muchos pasos pueden ser innecesarios o algunos otros pueden ser añadidos.

Los sistemas de exploración directos para la búsqueda de reservas en una mina que se encuentra en producción, por lo general es llevado con mayor confiabilidad, ya que se conoce el comportamiento del yacimiento y con los levantamientos de las obras mineras desarrolladas, se obtienen datos precisos para abocarlos a objetivos de exploración.

1.- Barrenación de Diamante

La barrenación de diamante comprueba una serie de teorías y especulaciones que se hacen en la búsqueda de reservas, pero este sistema es la forma más directa para recabar datos para la interpretación de los cuerpos mineralizados.

En la barrenación se pone cuidado especial, desde los programas de plazos de barrenación, hasta los rumbos e inclinaciones correctos para los barrenos.

Los barrenos son pasados a secciones que se tienen a intervalos de 25 metros, con sus leyes económicas; las inclinaciones de los barrenos son de horizontal a vertical (en forma de abanico) y con rumbo de $NW 60^{\circ} SE$, viendo al $N 30^{\circ} E$.

La unidad cuenta con un subdepartamento de exploración de diamante, dependiente directamente del departamento de geología; este subdepartamento es el encargado de vigilar y llevar el re-

gistro de toda la operación necesaria para la barrenación de diamante. Auxilia al departamento de geología en la preparación de los programas de exploración, los cuales se elaboran después de compaginar estudios de geología de detalle, geoquímica y geofísica o bien con base en la guía geológica que se conoce del yacimiento, en el caso del interior de la mina.

Ya que el yacimiento del distrito es de metasomatismo de contacto, una de las principales guías geológicas es la aureola de metamorfismo, en la que se incluyen las vetas y fracturas que sirvieron como conductos para los fluidos mineralizantes.

Para llevar a cabo los programas de exploración, el subdepartamento de exploración de diamante cuenta con ocho máquinas, distribuidas tanto en el interior de la mina como en la superficie.

Con el objetivo de explorar la continuación de las estructuras mineralizadas para incrementar las reservas, se han dado barrenos de diamante con diversas longitudes e inclinaciones a partir del nivel 8, para explorar hasta el nivel 16. La nomenclatura empleada en el departamento de geología para llevar el control de los barrenos, es de numeración progresiva y año en que se efectuó el barreno.

Se ha hecho una triangulación, que sirve de patrón de precisión a los diferentes levantamientos topográficos y geológicos que se efectúan, tanto en la superficie como en el interior de la mina.

Los diversos planos empleados en el departamento de geología tienen como base un sistema de coordenadas arbitrarias, denominadas Sistema de Coordenadas Seccionales Geológicas; en dicho sistema, la línea de la sección E tiene rumbo de $N 30^{\circ} E$, la cual es paralela al rumbo general de las vetas.

La información geológica se lleva en planos con escala de 1:500; las secciones transversales se hacen sistemáticamente cada-

25 metros, y en casos donde las estructuras son complejas se hacen a intervalos de 12.5 metros.

2) Geología del Interior de la Mina

Para llevar a cabo los levantamientos geológicos de detalle de las obras en vetas y cuerpos de reemplazamiento en la mina, se cuenta con planos a escala 1:500, previamente levantados topográficamente. Con los levantamientos geológicos de detalle de las vetas se toman los datos estructurales, que posteriormente tienen el objetivo de poder usarlos para interpretarlos y conocer la posición de las estructuras, que después se exploran con barrenos de diamante, ya sea a la profundidad o lateralmente.

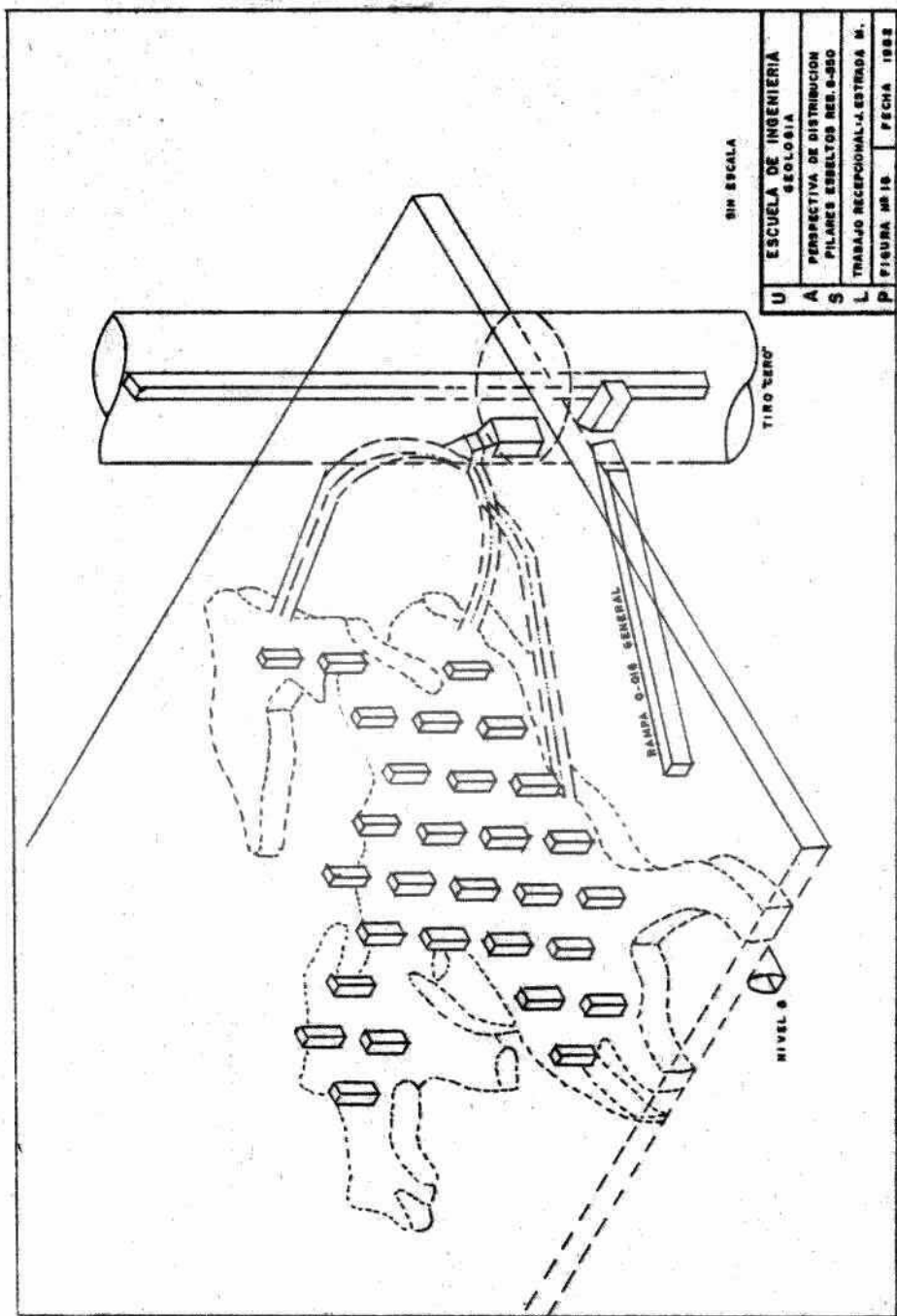
Otro de los objetivos del levantamiento geológico en el interior de la mina es combinarlo con el muestreo para indicar si ya está en zona con mineral o está por llegar, así como si está fuera de la veta o cuerpo de reemplazamiento.

3) Exploración con obra directa

Este sistema de exploración por medio de obra directa, por lo común, es usado cuando no se tiene información para la continuación de una veta y es necesario explorarla en el nivel inferior; también para cuando se inicia la preparación del entresuelo de los rebajes, aunque ya se tiene información con barrenación de diamante; inclusive se tienen planos de los cuerpos mineralizados, pero no se tienen localizadas las vetas y es necesario conocerlas para después proyectarlas a lo que es el nivel y desarrollarlas con frentes, ya que el sistema de explotación lo requiere así.

VI

SISTEMA DE EXPLOTACION



SIN ESCALA

U	ESCUELA DE INGENIERIA
A	GEOLÓGICA
S	PROSPECTIVA DE DISTRIBUCION
L	PILARES SOBRESALTOS RES. 0-350
P	TRABAJO RECEPTIVO AL ESTRADA M.
	FIGURA Nº 18
	FECHA 1952

SISTEMA DE EXPLOTACION

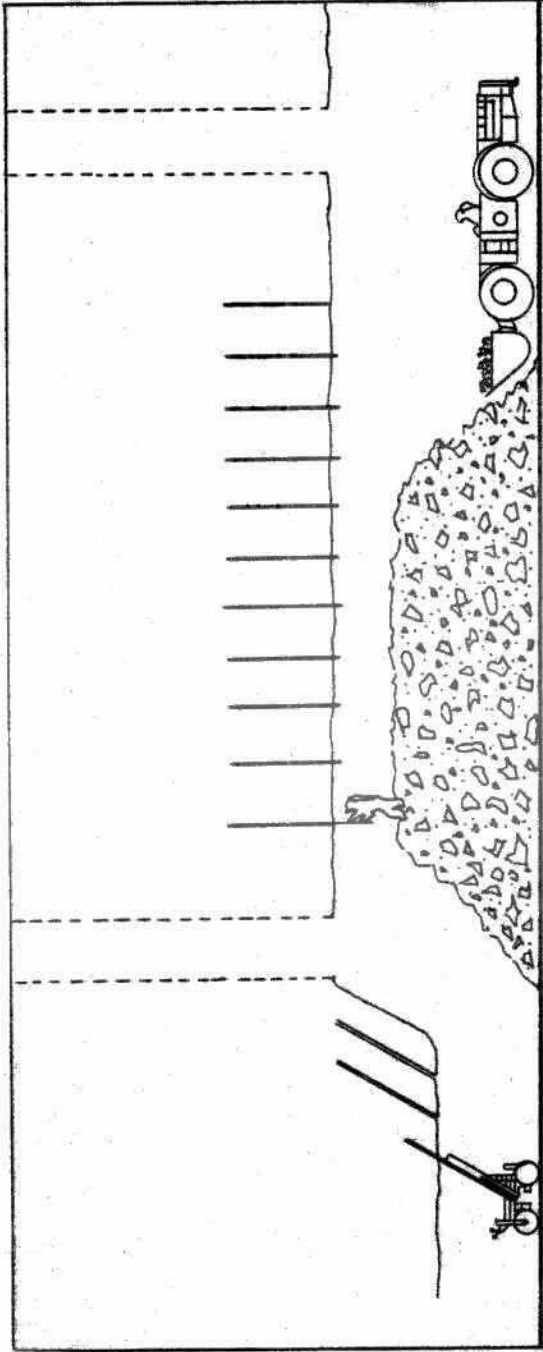
(Relleno Hidráulico con Pilares Esbeltos)

El sistema de explotación usado anteriormente en San Martín, - fué el de sobrecarga, el cual fué utilizado en la explotación de -- las vetas donde el mineral tiene contenidos de ley alta, dejando el relleno en donde tiene ley baja. Después se usó el de barrenos largos como remedio al de sobrecarga, para poder tumbar el bajo dejado por este último; sin embargo, no fué posible la explotación del mineral dejado al alto. Además, el echado del cuerpo, la irregularidad del mismo y, por último, las partes estériles existentes, hicieron dejar mineral en las tablas y, tumbar tepetate en otras, por lo que la dilución era muy alta. Por ésto la unidad se vió precisada a establecer un sistema nuevo de explotación, y la decisión fué el -- sistema de corte y relleno hidráulico con pilares esbeltos (Figuras Nos. 15 y 16).

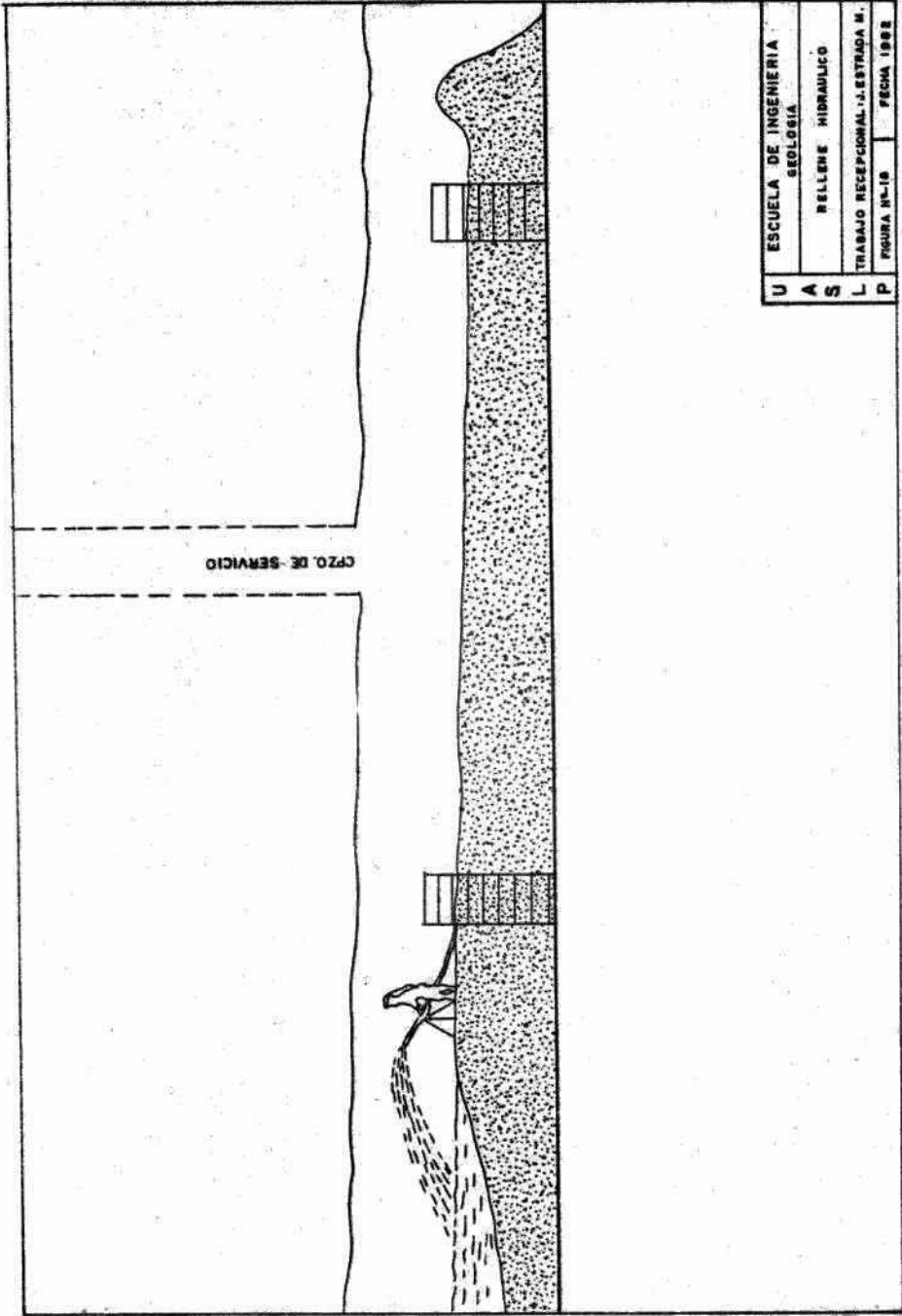
Una de las primeras fases del relleno hidráulico empieza con-- la preparación del entresuelo, que consiste en desarrollar frentes-- y cruceros hasta delimitar el cuerpo mineralizado; cuando ha terminado esta fase, el siguiente es desbordar paneles que se han formado de las frentes y cruceros, hasta dejar una plantilla de pilares-- anteriormente diseñados; estos pilares tienen 5 metros de sección y del centro de pilar a pilar son 25 metros.

Una de las obras importantes es el desarrollo del nivel que -- servirá para los contrapozos para el anillado de decantación del -- rebaje; el rebaje se abre 7 metros arriba del contracielo del nivel

Cuando se ha terminado la fase de las obras de preparación del entresuelo, comienza una fase nueva llamada ciclaje, que consiste - en dividir varias zonas de operación en el rebaje, como anclado de la zona tumbada, tumba del panel, rezacado del mismo y, por último, el relleno hidráulico (Figuras Nos. 17 y 18).



U	ESCUELA DE INGENIERIA
A	DEOLOGIA
S	FASE REZABADO, ARCLAJE
L	Y BARRERACION
P	TRABAJO RECEPTIONAL. J. ESTRADA M.
	FIGURA N° 17
	FECHA 1988



U	ESCUELA DE INGENIERIA
A	GEOLOGIA
S	RELLENE HIDRAULICO
L	TRABAJO RECEPTACIONAL: J. ESTRADA M.
P	FIGURA N°-10
	FECHA 1982

Para que se lleve a cabo la operación del ciclaje en el rebaje, se requiere de otras obras mineras, como son: Contrapozos de servicio y ventilación, rampa de acceso al rebaje para la transportación del mineral a la parrilla para clasificarlo, así como - contrapozo-metalera, que servirá para toda la explotación del rebaje.

VII
RESERVAS

RESERVAS

Uno de los objetivos principales del departamento de geología, aunado con el de exploración, es el de incrementar las reservas. En el trabajo presente no se hace el estudio detallado del cálculo de reservas, por no convenir a los intereses de la empresa, ya que los datos exactos se catalogan como de carácter confidencial.

La mina de San Martín cuenta actualmente con el total global de reservas de: 22.000,000 de toneladas de mineral, con leyes estimadas de:

<u>Ag</u>	<u>Pb</u>	<u>Cu</u>	<u>Zn</u>	<u>Fe</u>
130 gr/ton	0.37%	1.13%	5.03%	14.4%

La cubicación de reservas se basa principalmente en el muestreo de núcleo de barrenación, muestreo de canal, planos topográficos y geológicos.

El criterio establecido para la clasificación de reservas en la mina de San Martín es:

1.- Mineral explotable, que se divide en:

A) Mineral positivo y

B) Mineral probable

2.- Mineral de Interés

3.- Mineral Inferido

1.- Mineral explotable es aquel económicamente aprovechable, que por su grado de confiabilidad será utilizado en la planeación de producción a corto y largo plazos, así como en los estudios de viabilidad de nuevos proyectos o expansiones.

A) **Positivo.**- Es aquel mineral en el cual hay suficiente -- información e intervalos relativamente cortos y para el cual el carácter geológico esté bien definido; que el tamaño, forma y contenido de mena tienen confiabilidad del 85% o más, o sea que deben estar determinados en todos los casos mediante obra directa en sentido horizontal, más obra en sentido vertical o barrenación de diamante, estando sus separaciones determinadas por las características geológicas del cuerpo en estudio.

B) **Probable.**- Es aquel mineral para el cual el tonelaje y leyes de la mena se estiman en parte por medidas, muestreos específicos y en partes por proyecciones a distancias razonables, con base en evidencia geológica, con probabilidad estimada de continuidad, forma y contenido de la mena, del 70% al 85%, o sea que en estos casos será suficiente la barrenación de diamante para cuantificar un bloque, siempre y cuando entre los barrenos no haya separación mayor de 30 metros.

2.- **Mineral de Interés.**- El mineral, como su nombre lo indica, es para mantener constancia de las áreas que requieren estudio, exploración, desarrollo, o bien, que puedan pasar a ser económicas -- por el simple aumento en los precios de los metales o la disminución de los costos.

3.- **Mineral Inferido.**- Es aquel mineral que se infiere principalmente por amplios conocimientos del carácter geológico del depósito y para el cual hay poca o nada de información derivada de -- muestras y barrenos.

VIII**CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1.- CONCLUSIONES

A) El yacimiento del mineral de San Martín, por las evidencias petrográficas como mineralógicas, es considerado como de metasomatismo de contacto.

B) Estructuralmente, las fallas postminerales, a niveles inferiores al nivel 12, desplazan horizontalmente a las estructuras mineralizadas lo mínimo y tienden a acuíñarse a la profundidad.

C) El reemplazamiento es más característico en donde se intersectan las vetas, así como en donde los mantos, con respecto a las vetas, son más perpendiculares.

D) Las asociaciones mineralógicas, a partir del nivel 14, - son: Esfalerita, galena y pirrotita, incrementándose a la profundidad.

E) La veta de Ibarra, que persiste hacia el norte y bordea el intrusivo, contiene altos valores de plomo y los cuerpos de reemplazamiento son angostos. Hacia el sur se aleja paulatinamente de las vetas de San Marcial y Ramal Ibarra, con pocas posibilidades de reemplazamiento.

F) Las vetas de San Marcial y Ramal Ibarra, al sur de la mina, continúan como estructuras mineralizadas con cuerpos de reemplazamiento angostos.

2.- RECOMENDACIONES

A) Ya que el yacimiento de San Martín es de metasomatismo de

contacto, explorar con barrenación de diamante la zona NW de la mina en donde se encuentran las vetas de Animas, Plateros y San Antonio, donde posiblemente a la profundidad tengan cuerpos de reempla^zamiento por la proximidad entre ellas.

B) Tomar en cuenta el incremento de plomo asociado con la -pirrotita a la profundidad, entre las secciones 5475 S y 5600 S.

C) Explorar la veta de Ibarra al norte con obra directa en el nivel 12 y programar barrenación de diamante al bajo y al alto de la estructura.

BIBLIOGRAFIA

BIBLIOGRAFIA

- Alvarez Jr., Manuel
Geología Paleográfica y Tectónica de México, S. N. 1968
- Aranda Gómez, J. Jorge
Metamorfismo, Paragénesis y Zonamiento mina San Martín, Sombrerete, Zac. 1977
- Bateman, A. M.
Yacimientos minerales de rendimiento económico, Barcelona, Omega, 1957
- Calderón, M.
Manual para la Estimación de Reservas de Mineral (IMMSA), 1978.
- Escandón, F.
Geología del Distrito Minero de San Martín, Zac. (IMMSA), 1974
- Gieseke, A.
Reportes privados de la unidad -- San Martín (IMMSA), 1956-1960
- Tyrrell G. W.
Principios de Petrología Editorial C. E. C. S. A., 1975.
- Huribut Jr., Cornelius S.
Manual de Minerología, Barcelona, Reverté, S. A., 1974.
- Sección de Investigaciones (IMMSA)
Estudio Litogeoquímico del Distrito San Martín, 1976 (Inédito).
- Sección de Investigaciones (IMMSA)
Estudio Fotogeológico del Distrito San Martín, 1977 (Inédito).

ANEXOS:

PLANOS, SECCIONES Y FIGURAS

PLANOS, SECCIONES Y FIGURAS

Plano General de la Localización y Acceso	1
Plano de Provincias Fisiográficas	2
Plano de Geología General	3
Sección Estratigráfica	4
Sección de la Apófisis y Cuerpos de Reemplazamiento	5
Plano Topográfico del Intrusivo, Zona Sur	6
Tabla de Correlación Estratigráfica	7
Sección Geológica del Area	8
Sección que muestra Fallas Postminerales	9
Plano que muestra Fallas Postminerales	10
Sección 5750 S del Cuerpo Principal	11
Plano Geológico del Rebaje 12-550	12
Plano de Zoneamiento del Rebaje 8-550	13
Plano de Paragénesis	14
Plano de Proyecto para Explotación del Rebaje 12-550 y 12-800	15
Perspectivas de Distribución y Pilares Esbeltos, Rebaje 8-550	16

Plano que muestra la Fase de Tumbe y Rezagado

17

Plano que muestra el Relleno Hidráulico

18