



2019 9  
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

DETERMINACION DE LA DISTRIBUCION DE VALORES  
DE Zn, Pb, Sb y Ag POR COCIENTES METALICOS EN  
LA MINA "SANTA RITA" DEL MUNICIPIO DE  
NIEVES, ZACATECAS.

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE

INGENIERO GEOLOGO

P R E S E N T A

JUAN MANUEL MARTINEZ INFANTE

MEXICO, D. F.

1987



Universidad Nacional  
Autónoma de México



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

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

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

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

## INDICE

	PAG.
RESUMEN.....	1
I.- GENERALIDADES.....	4
I.1.- Introducción.....	4
I.2.- Objeto del Estudio y Método de Trabajo...	5
I.3.- Localización y vías de acceso.....	8
I.4.- Antecedentes.....	8
I.5.- Infraestructura.....	12
I.6.- Situación legal.....	14
II.- GEOLOGIA REGIONAL.....	15
II.1.- Fisiografía y Geomorfología.....	15
II.2.- Estratigrafía.....	15
II.2.1.- Cretácico.....	16
II.2.2.- Terciario.....	19
II.2.3.- Cuaternario.....	21
II.3.- Tectónica.....	24
II.4.- Geología histórica.....	25
III.- GEOLOGIA LOCAL.....	29
III.1.- Columna geológica local.....	29
III.2.- Geología estructural local.....	32

IV.-	YACIMIENTO MINERAL.....	36
IV.1.-	Descripción general del yacimiento.....	36
IV.2.-	Forma y dimensión.....	38
IV.3.-	Relaciones estructurales.....	45
IV.4.-	Mineralogía.....	54
IV.4.1.-	Minerales del yacimiento.....	54
IV.4.2.-	Alteraciones hidrotermales.....	56
IV.4.3.-	Paragénesis.....	59
IV.4.4.-	Zonificación en base a cocien tes metálicos.....	60
IV.5.-	Controles de la mineralización.....	80
IV.5.1.-	Guías mineralógicas.....	81
IV.5.2.-	Guías estructurales.....	85
IV.6.-	Hipótesis genética.....	90
V.-	OPERACION MINERA.....	97
V.1.-	Obras mineras.....	92
V.2.-	Reservas del yacimiento.....	93
V.3.-	Tipo y ritmo de explotación.....	102
V.4.-	Planta de beneficio.....	104
V.5.-	Planta de lixiviación y electrólisis.....	108
IV.-	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	109
VI.1.-	Conclusiones.....	109
VI.2.-	Recomendaciones.....	112
	BIBLIOGRAFIA.....	117

## INDICE DE FIGURAS

### FIGURA:

1.- Ubicación, Provincia Fisiográfica y Columna Estratigráfica de la unidad "Santa Rita".....	9
2.- Plano Geológico-Topográfico, CETENAL.....	22
3.- Tabla de correlación estratigráfica.....	23
4.- Secciones estructurales Y-Y" y Z-Z'.....	26
5.- Bloque diagramático de Rocas Igneas.....	35
6.- Sección Transversal B-B'.....	39
7.- Sección Transversal C-C'.....	40
8.- Sección Transversal D-D'.....	41
9.- Sección Transversal E-E'.....	42
10.- Sección Transversal F-F'.....	43
11.- Sección Transversal 2-2'.....	44
12.- Sección Transversal G-G'.....	46
13.- Sección Transversal H-H'.....	47
14.- Planta Nivel 2.....	49
15.- Sección Transversal 1-1'.....	52
16.- Sección Transversal A-A'.....	53
17.- Esquema de distribución de la Plata.....	62
18.- Esquema de distribución del Plomo.....	63
19.- Esquema de distribución del Zinc.....	64
20.- Esquema de distribución del Antimonio.....	65
21.- Esquema Cociente Metálico Ag/Zn.....	66
22.- Esquema Cociente Metálico Ag/Pb + Sb.....	67
23.- Esquema Cociente Metálico Ag/Pb + Zn + Sb.....	68
24.- Esquema Cociente Metálico Pb/Sb.....	69
25.- Esquema Cociente Metálico Zn/Pb + Sb.....	70

26.-	Sección longitudinal de muestreo del block 9-2.....	97
27.-	Diagrama de Flujo de la Planta de Beneficio.....	107
28.-	Gráficas 1 a 5 de distribución de elementos (Zn, Pb y Sb) con respecto al cociente metálico Pb/Sb.....	73
29.-	Gráficas 6 a 10 de distribución de elementos (Zn, Pb, Sb y Ag) con respecto al cociente metálico Zn/Pb.....	76
30.-	Gráficas 11 y 12, mostrando la tendencia de crecimiento de la plata con respecto a los cocientes metálicos Ag/Zn y Ag/Pb + Zn + Sb.....	77
31.-	Gráfica 13 mostrando la tendencia de crecimiento de la plata con respecto al cociente Ag/Pb. Y Gráfica 14 mostrando la separación en sectores de mineralización con respecto a los cocientes Ag/Pb - Ag/Zn.....	78

ANEXOS:

Plano General Geológico/Topográfico de la Unidad Minera "Santa Rita". Escala 1:5000

Planta General Topográfico de los Niveles de la Mina "Santa Rita". Escala 1:1000

Sección Longitudinal de la Veta "Santa Rita" con Dirección N45°E, Viendo al NW. Escala 1:1000.

## RESUMEN

El objeto de este estudio es determinar la distribución de los elementos económicos por medio de cocientes metálicos y rasgos estructurales del cuerpo mineralizado de la mina "Santa Rita" en el Municipio de Nieves, Zac. Dicha distribución debe permitir establecer las zonas que puedan tener posibilidades de mineralización económica, con el fin de dar algunas bases para una futura exploración.

La unidad minero-metalúrgica "Santa Rita" pertenece a la Comisión de Fomento Minero (CFM), se localiza aproximadamente a 140km al N-NW de la Ciudad de Zacatecas, en el extremo N-NW de la Meseta Central, casi en sus límites con la Sierra Madre Occidental.

En el área de estudio se encuentran rocas de edad Cretácico Superior, las cuales fueron plegadas durante la Orogenia Laramide hacia el norte, por lo que presentan un sistema de anticlinales y sinclinales cuyos ejes axiales tienen un rumbo general E-W, los cuales están íntimamente relacionados con la provincia de la Cadena Alta.

Afloran también, a nivel regional, rocas ígneas extrusivas e intrusivas, las primeras son rocas principalmente ácidas como riolitas y lobas soldadas (ignimbritas), las segundas son de tipo granítico, de las cuales las más cercanas al área de estudio con dimensiones importantes, se encuentran aflorando a 14 km al S-SE de la unidad minera .

La estructura en estudio es la veta-falla "Santa Rita", de rumbo general N45°E y echado promedio de 70° al SE. La cual es una falla inversa de movimiento horizontal distal de rechazo variable, que se encuentra rellenada principalmente por sulfosales y sulfuros polimetálicos.

Para este estudio se utilizaron cocientes metálicos, secciones transversales y longitudinales, para comprender el control estructural sobre la distribución de leyes de los elementos económicos de la veta "Santa Rita". Las conclusiones más importantes son:

Los minerales y sus elementos varían en proporción - tanto vertical como horizontal, marcándose un zoneamiento - el cual dió origen a un clave mineral rico en plata por incremento en leyes a lado izquierdo del tiro "Santa Rita", - y a un clave mineral rico en zinc, plomo y antimonio por incremento en la potencia de la veta, hacia el lado dere - cho del tiro (según sección longitudinal).

Los valores de antimonio disminuyen con la profundi - dad, lo que corresponde con la disminución del contenido - de la sulfosal Jamesonita ( $Pb_4FeSb_6S_{14}$ ), incrementándose - el porcentaje de sulfuros simples (esfalerita y galena).

Los valores de zinc, plomo y plata aumentan con la - profundidad que junto con el párrafo anterior nos indica - una posible trayectoria principal de los fluidos minerali - zantes, pasando del sector inferior izquierdo al sector su perior derecho de la mina.

Los cocientes metálicos del sector superior derecho - muestran valores anormales, como se observa en los esque - mas y las gráficas de los cocientes, que nos establecen un incremento en las proporciones hacia ese sector y probable - mente en el sector contiguo (Guadalupe-San Antonio), debi - do posiblemente a una reactivación de la mineralización - producto de un cambio estructural.

El comportamiento estructural de la veta-falla está - controlado por la litología que ésta atraviesa, ya que al - pasar por rocas poco competentes como lutitas, la estructu - ra se adelgaza y ramalea.



La plata ocurre como argentita ( $Ag_2S$ ) según estudios mineralógicos hechos por la CFM en México D.F., lo que correspondería en este estudio a un incremento de la plata - conforme se incrementan los sulfuros simples (esfalerita y galena), y disminuyen la sulfosal Jamesonita, que nos indica que la plata debe venir principalmente acarreada junto con estos sulfuros simples.

Las recomendaciones se hacen en base a las conclusiones y son en sí un anteproyecto de exploración. Estas se hacen con el fin de proponer los lugares de investigación de las áreas favorables para la existencia de posibles cuerpos minerales económicos, así como conocer el tamaño de los cuerpos mostrados en los esquemas de distribución de elementos. Las principales recomendaciones son:

Investigar el incremento de valores de plata, plomo y zinc a profundidad, sectores inferior izquierdo, inferior derecho e inferior central (estaciones de barrenación 2, 3 y 6 respectivamente), así como el comportamiento estructural de la veta en esa zona.

Investigar el sector superior izquierdo por medio del nivel 8 poniente, programando barrenos al nivel 6 (estación de barrenación 2). También se recomienda hacer un muestreo y mapeo de las obras del tiro "San Francisco".

Investigar la tendencia mineralógica y estructural del sector "Guadalupe-San Antonio" desde los niveles 2 y 4 oriente del tiro "Santa Rita" (estaciones 5 y 4 respectivamente), así como el de hacer un muestreo y mapeo de las obras de los tiros anteriores.

Investigar la continuidad en leyes de la estructura localizada al bajo de la veta "Santa Rita" (estación de barrenación 1).

## I.- GENERALIDADES

### I.1.-INTRODUCCION

Desde el descubrimiento de la veta "Santa Rita", ésta ha sido explotada por gambusinos y compañías formales. Su record histórico de producción se desconoce hasta el año de 1975, en el cual la compañía México-Canadiense denominada - Minerales de "Santa Rita" S.A. comienza a explotar la mina - llevando un historial sobre su producción.

La Comisión de Fomento Minero comera los derechos de la mina a la compañía anterior en 1978, dedicándose a explotar y rehabilitar los niveles superiores a partir de mayo - de 1980. A finales del mes de agosto de 1985 se llega a recuperar completamente el nivel 8 por medio de un incremento en el bombeo, dicho nivel es muestreado y mapeado por 100 m al poniente del tiro para comprobar los datos del muestreo de la compañía anterior. Finalmente en mayo de 1986 la mina es cerrada por problemas en el bombeo y en el minado, así como por los valores bajos en plata de los niveles superiores.

Por lo anterior es importante establecer la tendencia estructural y de los elementos económicos de la veta "Santa Rita", con el fin de establecer criterios de exploración para la vida futura de la mina.

## I.2.- OBJETO DEL ESTUDIO Y METODO DE TRABAJO

El objeto del presente estudio es determinar la distribución de los elementos económicos de la mina "Santa Rita", en base a un estudio de cocientes metálicos y comportamiento estructural de la veta, para diseñar un modelo geológico de la tendencia de estos elementos, con el fin de establecer criterios de exploración.

Para la recopilación de datos se analizaron y resumieron los informes geológicos de la mina. Posteriormente se realizaron los mapeos geológicos hechos por la compañía anterior, con los lugares que todavía podían ser cotejados por no encontrarse minados o ademados, notándose que los levantamientos eran confiables tanto geológica como topográficamente. Por lo que respecta a los planos de muestreo, se tomaron los datos de ensaye para resumirlos estadísticamente, con el fin de conocer la tendencia y distribución de los elementos económicos por medio de líneas de isovalores, obtenidas a partir de valores promedio de bloques, en los cuales el valor se considera al centro de los mismos y por medio de interpolaciones a partir de estos valores, se obtenían dichas líneas sobre un esquema del plano longitudinal de la mina.

Se empleó el procedimiento que se usa para cubicación de bloques, el cual consiste en tomar los datos de ensaye de muestras tomadas en contrapozos y niveles que delimitan un bloque. Estos muestreos de canal de un metro de largo por 0.05 m de ancho, se realizaron tomando muestras de las tablas del alto y del bajo así como de la veta, en los lugares donde la potencia de la veta es menor o igual a un metro. Estas muestras se tomaron a cada dos metros una de la otra, en todas las obras que están sobre la estructura, tan

to a lo largo como a lo ancho. El valor promedio final se -  
obtiene sumando todos los valores promedios juntos, tanto -  
de contrapozos y niveles, entre el número total de ellos. -  
Se intentaron hacer líneas de isovalores a partir de puntos  
establecidos en una sección longitudinal, correspondientes-  
a cada canal de muestreo, pero no resultó práctico, ya que-  
la veta presenta localmente valores altos y bajos en tramos-  
cortos, por lo que las líneas no seguían un patrón defini-  
do y no daban una idea clara a nivel general de la tendencia  
de los elementos.

Se presenta como ejemplo en el subcapítulo V.2, el -  
muestreo realizado por CFM del bloque 9-2, realizado para -  
comparar los datos de muestreo con los obtenidos por la com-  
pañía anterior. Este bloque es de reservas probables ya que-  
sólo se muestreó por un solo lado, que corresponde al nivel  
8 (figura 27). el muestreo y mapeo se hicieron sobre el te-  
cho del nivel 8, para lo cual se considera el valor del pi-  
so igual al del techo. Las muestras estuvieron espaciadas i-  
rregularmente a todo lo largo del nivel, el largo del canal  
de muestreo se mantuvo constante a un metro, subdividiendo-  
este largo en tres áreas que son A, B y C que pueden conte-  
ner veta o tepalcate según como se presente la estructura, -  
pasando del alto al bajo de la veta, el ancho de cada área-  
es variable de acuerdo a las características que presenta -  
la veta en potencia y ramaleos (figura 27).

En general para los demás bloques el espaciamiento en-  
tre canales de muestreo (li) se mantuvo constante a 2 m en-  
tre canal y canal. El largo de los canales de muestreo (ai)  
que corresponde al ancho del bloque de reservas fue de 0.8  
m. para la compañía anterior, la cual dividió el canal de -  
muestreo en 5 áreas de ancho variable, las cuales podían -  
contener veta o tepalcate e iban del alto al bajo de la veta  
(figura 27).

Los cocientes metálicos se obtuvieron simplemente al dividir en cada bloque unos elementos contra otros, procurando que en el dividendo siempre estuvieran los elementos que "viajan menos" según la bibliografía consultada, y en el divisor los que "viajan más", realizándose para este estudio los siguientes cocientes metálicos:

Ag/Zn, Ag/Pb+Sb, Ag/Pb+Zn+Sb, Pb/Sb, Zn/Pb+Sb, Zn/Sb, Zn/Pb, Ag/Sb v Ag/Pb.

De los cuales solo se presentan en este trabajo los esquemas más representativos que son:

Ag/Zn (figura 21), Ag/Pb+Sb (figura 22), Ag/Pb+Zn+Sb (figura 23), Pb/Sb (figura 24) y Zn/Pb+Sb (figura 25).

Para hacer más sensibles los cocientes en los cuales la plata está presente, se dejó en gramos/tonelada.

De estos cocientes también se elaboraron una serie de gráficas con el fin de establecer cual es la tendencia o modo de la mineralización en la mina "Santa Rita", las cuales se comentan en el capítulo IV.

Por lo que respecta a la tendencia mineralógica se recolectaron muestras a lo largo de las obras, con el fin de observar a un nivel macroscópico como varía el porcentaje de los minerales en la veta, que junto con los esquemas de distribución de elementos y de cocientes metálicos, puede utilizarse para obtener una idea de como se presenta esta distribución.

Para conocer el comportamiento estructural de la veta se trabajó sobre el plano geológico-topográfico superficial levantado por el Consejo de Recursos Minerales y sobre los planos geológicos y topográficos de los niveles levantados por la compañía Minerales de "Santa Rita" S.A., sobre los cuales se hicieron algunos reconocimientos en la mina, para cotejar lo impreso en ellos. De los planos topográficos 1:-

100 de cada nivel de la mina se procedió a formar un plano escala 1:1000 que presentara todo los niveles de la mina, - con el fin de elaborar en base a estos niveles secciones - transversales a todo lo largo de las obras, para determinar el comportamiento estructural de la veta.

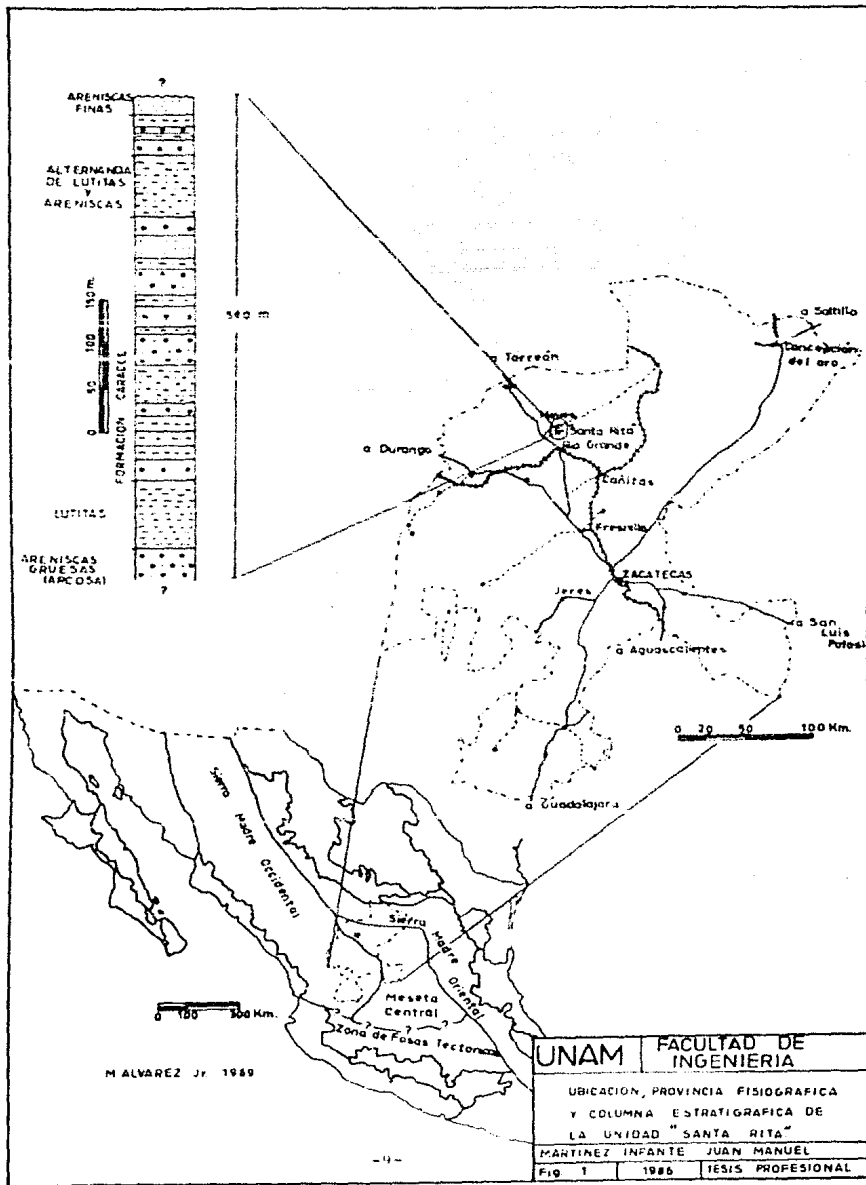
### I.3.- LOCALIZACION Y VIAS DE ACCESO

La Unidad minero-metalúrgica "Santa Rita" se localiza aproximadamente a 140 km en línea recta en dirección N-NW- de la Ciudad de Zacatecas, Centro del mismo Estado y a 5 - km al SW del Poblado de Francisco Murguía (antes Nieves) - en el municipio del mismo nombre. Sus coordenadas geográficas son 103° 02' 35" de longitud oeste 23° 57' 03" de latitud norte.

El acceso se efectua tomando la carretera federal número 49 en su tramo de la Ciudad de Zacatecas, Zac. a la Ciudad de Torreón Coah., por la cual se llega a la Ciudad de Río Grande, a 140 km de la capital del Estado de Zacatecas. Continuando 17 km adelante de la Ciudad de Río Grande con dirección a Torreón, se toma la desviación a la derecha que conduce a Francisco Murguía (Nieves) y a 12 km de dicho entronque se encuentra un letrero que indica una desviación a la derecha por un camino de terracería de 7 km - de desarrollo el cual llega a la unidad minera de referencia (figura 1).

### I.4.- ANTECEDENTES Y ESTUDIOS PREVIOS

La gente del lugar, la cual mantiene una tradición oral, considera que la mina ha sido explotada desde la colonia y se supone que a partir de esa época se estuvo minan-



do intermitentemente hasta principios de este siglo, en - que por problemas de bombeo fue abandonada, no existiendo datos escritos sobre producción y leyes. En 1969 una compa ña Americana (se desconoce su nombre), compró los dere - chos de la mina, la cual se dedicó a rehabilitar y a prepara r para su explotación. En 1973 la vende a la compañía Mé xico-Canadiense Minerales de "Santa Rita" S.A., de capital nacional (51% de las acciones) cuya firma en México era - García y Cisneros; y capital Canadiense (49% de las accio - nes) cuya firma era Scurry Rainbow Oil Limited. Esta compa ña se dedica a explotar y a explorar la veta hasta el año de 1978, en que por la disminución de los valores de anti - monio en la mina y la caída del precio del metal, hacen que la compañía pierda interés, por lo cual detiene su produc - ción, lo que provoca que se inunde la mina hasta la altura - del nivel 2. Finalmente la compañía anterior vende los de - rechos de la mina a la Comisión de Fomento Minero en 1978, la cual trabajo la mina a partir de 1980 hasta mayo de - 1986, con un ritmo promedio de explotación de 25 toneladas de mineral por día.

Por lo que respecta a trabajos previos, existen datos de muestreo y mapeo de la veta hechos por la compañía ante - rior, a partir de 1975 y hasta el año de 1978, que en total suma un poco más de 5000 muestras de canal a cada 2 m, a - todo lo largo de las obras mineras sobre la estructura, és te muestreo incluye las tablas del alto y del bajo (Trap - nell y Martínez Pratts, 1975-1978). Dicho muestreo es impor - tante ya que de él se deduce cual fue la tendencia de los - elementos económicos en las zonas explotadas por la compa ña México-Canadiense.

La compañía México-Canadiense realizó prospección su perficial haciendo un levantamiento geoffísico, el cual con



sistió en el levantamiento de líneas magnetométricas a cada 100 m a todo lo largo de la veta, y perpendiculares a esta. Las dimensiones de dicho levantamiento fueron de 2300 m de largo y 1040 m de ancho, con una área total de 239.2 hectáreas, que corresponde aproximadamente al plano geológico-topográfico superficial de esta tesis. Con este trabajo únicamente se establecieron las zonas que tuvieron una respuesta magnética de mediana a fuerte, en donde posteriormente se abrieron zanjas para que se llevara a cabo un levantamiento geosísmico. Estas zanjas se señalan en el plano geológico-topográfico de la unidad. La misma compañía hizo un levantamiento geológico topográfico superficial del área de la veta mediante el método de "caminamiento y afloramiento", con líneas perpendiculares a la veta y paralelas entre sí a cada 100 m, correspondientes a las líneas del levantamiento geofísico.

En 1975 la compañía México-Canadiense realizó una barrenación corta en el nivel 5, tanto alto como al bajo de la veta al oriente del tiro, con el fin de cortar posibles ramaleos de la misma localizados con el contrapozo 6-1170. Esta barrenación tuvo un total de 122 m con un promedio de 17 m por barrenado, los cuales se muestran en el plano de la planta de los niveles. Dicha barrenación no resultó positiva.

En 1979, la compañía Franco-Mexicana SEDEMEX (Sociedad de Exploración, Desarrollo y Explotación Minera Mexicana S.A. de C.V.) y el CRM (Consejo de Recursos Minerales), realizaron los últimos estudios geológicos superficiales consistentes en un levantamiento topográfico paralelo a un levantamiento geológico, con líneas a cada 50 m por el "método de caminamiento y afloramiento", con el fin de cerrar más la malla establecida por la compañía México-Canadiense

para detallar dicho levantamiento. Este trabajo fue ejecutado en el transcurso de un año por el CRM y su resultado se muestra en el plano geológico-topográfico superficial - de esta tesis.

Ese mismo año la compañía SEDEMEX ejecuta 12 barrenos desde superficie, con recuperación de núcleo, con el fin de cortar los objetivos propuestos por la compañía México-Canadiense a partir del levantamiento geofísico anterior, el cual sirvió de base en su programa de exploración (Trapnell, 1977). Esta barrenación costó de más de 1500 m, cuyos resultados positivos se anexan en las secciones transversales 2-2' y 1-1' (figuras 11 y 15 respectivamente).

En 1984 la Compañía Real de Angeles se interesa por la loma situada a 190 m al norte del tiro "Santa Rita", la cual se encuentra muy silicificada por vetillas que parecen pertenecer a un sistema de estructuras en enrejado (tipo stockwork), para lo cual manda hacer un levantamiento geoquímico sobre obras antiguas como catas y pequeños pozos dispersos alrededor de dicha loma. Este levantamiento geoquímico tiene resultados llamativos, por lo que la compañía Real de Angeles realiza un total de 22 barrenos desde superficie a una profundidad promedio de 40 m, con una máquina perforadora tipo "Mobil Drill" de percusión con recuperación de polvos, en el mes de agosto de 1985 y cuyos resultados fueron inferiores a los esperados (Ing. Avila P.C. comunicación personal).

#### I.5.- INFRAESTRUCTURA

La unidad cuenta con una buena infraestructura la cual conciste en:

a) Caminos.- La unidad minero metalúrgica -

se encuentra comunicada por un camino de terracería de 7 - km de desarrollo que se encuentran en buenas condiciones, - esta terracería está a 12 km por carretera asfaltada del - entronque con la carretera Federal número 49, de cuyo en - tronque rumbo al norte se encuentra a 230 km la Ciudad - de Torreón y a 17 km hacia el Sur la Ciudad de Río Grande.

b) Ferrocarril.- La estación ferroviaria - más cercana se encuentra en la Ciudad de Río Grande, a una distancia de 17 km por terracería en línea recta y 29 km - rodeando por carretera asfaltada.

c) Medios de Telecomunicación.- en la uni - dad se carece de comunicación telefónica o de radio, para - lo cual se recurre a las poblaciones más cercanas.

d) Electricidad.- Se encuentra una subesta - ción eléctrica anexa a la unidad de 2500 KVA, con la cual - se satisface todo los requerimientos de energía eléctrica.- Actualmente se reciben 66 000 volts.

e) Agua.- El agua que se utiliza en la uni - dad proviene del bombeo de la mina, la cual produce 600 ga - lones por día ( $153 \text{ m}^3$  por día, 1.82 litros/segundo), de la cual la unidad consume de un 30 a un 40% y la parte sobran - te de agua se desvia para riego.

f) Mano de Obra.- Esta se contrata en las - poblaciones cercanas, tanto de Nieves como de Río Grande, - así como de algunas rancherías cercanas.

g) Plantas Metalúrgicas.- Las plantas ins - taladas en la unidad "Santa Rita" son dos. La planta de Be neficio tiene una capacidad para tratar 2000 toneladas de mineral por mes, y la planta de Lixiviación y Electrólisis 100 toneladas por mes. Por lo que se refiere a las plantas de fundición más cercanas, estas se encuentran en Torreón - (Peñoles) y en Saltillo (Zincamex, a donde se manda el con

centrado de zinc).

#### I.6.- SITUACION LEGAL

El yacimiento mineral está amparado por asignaciones adjudicadas a la Comisión de Fomento Minero, las cuales son las siguientes:

Nombre del lote	Expediente	Fecha	Superficie (hectáreas)
"Santa Rita"	A-6	1978	24
"Anexo Santa Rita"	A-01	1978	123
"Ampliación Santa Rita"	A-5	Octubre 1983	142
Superficie total			289

Todas ellas registradas en la agencia de Minería de Sombrete, Zac.

En el plano geológico-topográfico de la unidad, se muestran los lotes "Santa Rita" y "Anexo Santa Rita", los cuales quedan dentro de los límites del lote "Ampliación - Santa Rita".

## II.- GEOLOGIA REGIONAL

### II.1.- FISIOGRAFIA Y GEOMORFOLOGIA

El área de estudio se encuentra ubicada en la parte norte de la provincia fisiográfica denominada Mesa Central, casi en sus límites con la Sierra Madre Occidental. Este nombre lo propuso Erwin Raisz en 1956 a una serie de tierras altas y planas rodeadas de series montañosas (figura 1).

Morfológicamente la región se presenta como un conjunto de lomeríos con formas arredondeadas y pendientes suaves, compuestos principalmente por rocas sedimentarias de origen marino de edad Cretácico medio-superior, las cuales constan de calizas, lutitas y areniscas. Estas se encuentran plegadas y afalladas, lo cual se manifiesta ligeramente en el tipo de drenaje ya que algunos arroyos siguen su cauce por dichas fallas.

Contrastando con los lomeríos se observan crestones y mesetas poco erosionadas hacia sus extremos, constituidas principalmente por derrames de fisura de tipo ácido, como riolitas y tobas riolíticas del Terciario.

El drenaje es de tipo dendrítico, consistente en arroyos intermitentes labrados en las pendientes, los cuales desaparecen por filtración al llegar a las partes bajas o bien escurren hasta un afluente principal que es tributario del río Aguanaval.

### II.2.- ESTRATIGRAFIA

En la región afloran rocas sedimentarias de ambiente marino de edad Cretácico medio-superior, rocas ígneas intru-

sivas y rocas ígneas extrusivas ácidas del Terciario, así como depósitos continentales y derrames basálticos Cuaternarios.

Las rocas sedimentarias marinas están representadas por tres formaciones que son: la formación Cuesta del Cura, la formación Indidura y la formación Caracol. Estas formaciones se encuentran plegadas y erosionadas a distintos grados, por lo que forma generalmente lomeríos de pendiente suave, los cuales se diferencian claramente en las fotografías aéreas por su textura y color, así como su morfología y tipo de erosión. En el área no se encontró ningún afloramiento favorable para medir el espesor representativo de cualquiera de las formaciones anteriormente señaladas.

#### II.2.1.- CRETACICO

##### 1) Formación Cuesta del Cura:

La formación fue descrita por primera vez por Inlay (1936) en la Cuesta del Cura, ubicada a 6.5 km al oeste de la Ciudad de Parras, Coah., y está constituida por una secuencia de 64 m de calizas en estratos delgados, ondulantes, con lentes y bandas de pedernal negro, con intercalaciones delgadas de lutitas calcáreas y laminares.

En la región existen algunos afloramientos no cartografiables debido a sus dimensiones, como se observó a 4 km al N-NE de la unidad, sobre el camino de terracería que comunica a la unidad con la población de Francisco Murguía, en donde se presentan pequeños afloramientos aislados, que contienen calizas de color gris y gris oscuro a negro, con bandas y nódulos de pedernal negro. Un afloramiento mayor se localiza a 2.5 km al S-SE de la unidad, en el núcleo de un anticlinal, con un eje de rumbo general E-W, en donde se

presenta con las mismas características antes descritas. - Su contacto con la formación inferior no se pudo observar pero el contacto con la formación Indidura parece ser transicional y concordante, marcándose donde desaparecen las bandas de pedernal y se tornan más abundantes las lutitas y las calizas delgadas con lenticulas de pedernal.

Por su posición estratigráfica y su contenido faunístico reportado por autores anteriores Rogers (1961), se le considera de una edad Albiano Medio-Cenomaniano Temprano.- La macrofauna reportada es la siguiente, *Ancyloceras zacatocanum* (Düsl), *Cyrtopidoceras* aff. *O. acutocarinata* (Shumard), *Hysterocheras aguileras* (Böse), *Crioceras* Sp., *Dyptychoceras mazapilense* (Burckhardt), *Turrilites* Sp., *Mantelliceras* Sp., y la microfauna es *Calcisphaerula innominata*, *Pithonella ovalis*, *Stomiosphaera conoidea*, *Stomiosphaera sphaerica* y *Rotaliopora* Sp. (De la Garza N., 1976).

Por su litología esta unidad se depositó en un ambiente de cuenca, producto de la gran transgresión de los mares del Albiano. Hacia el final del Albiano y principios del Cenomaniano va aumentando el contenido de terrígenos - indicando condiciones regresivas de depósito (De la Garza N. Op.cit.).

## 2) Formación Indidura:

El primero que definió la Formación Indidura fue Kelly (1936, p. 1028), en la región de Delicias, Coah., donde aplicó el nombre a uno treinta metros de lutitas, calizas resquebrajadas y lajas de caliza que cubren directamente a la formación Aurora y contienen fósiles de finales del Albiano, Cenomaniano y Turoniano.

Posteriormente Imlay (Op.cit.), definió a la formación en la Sierra de Parras. De acuerdo con su descripción la formación descansa sobre la caliza Cuesta del Cura y -

subyace a la formación Caracol o a las lutitas Parras. Su edad se encuentra comprendida del Cenomaniano al Coniaciano. En la región se encuentra un pequeño afloramiento a - 2.5 km al S-SE de la unidad "Santa Rita", en esta parte - se presenta plegada y deformada junto con la Formación - Cuesta del Cura y su contacto con la Formación Caracol es tectónico, debido a lo que parece ser una falla normal - (figura 2).

La litología consiste principalmente de una alternancia de calizas y lutitas. De acuerdo a macrofósiles y microfósiles estudiados en otras áreas cercanas, como son *Acanthoceras* Sp., e *Inoceramus Labiatus* que es un fósil - índice del Turoniano medio, y por su posición estratigráfica, se le ha asignado una edad Cenomaniano-Turoniano Tardío (De la Garza N. Op. cit.). Con respecto a los microfósiles colectados y reportados por varios autores para esta formación, se encontraron del Turoniano (*Globotruncana* Sp., *Heterohelix* Sp., así como Radiolarios). Kelly (1936) e Imlay coinciden en fecharla del Cenomaniano al Coniaciano. Kellum (1936), le asigna una edad Albiano Tardío a Turoniano Tardío.

En base a la alternancia de calizas y lutitas, la Formación Indidura representa un aumento en el aporte de sedimentos clásticos, y de acuerdo a De Cserna (1956) su depósito indica una sedimentación cíclica (pre-flysch) - que se inició en el Cenomaniano.

### 3) Formación Caracol:

El nombre de la Formación Caracol fue propuesto por Imlay (Op. cit.), para los afloramientos existentes en el lado occidental del Arroyo del Caracol, localizado cerca del extremo oeste de la Sierra de San Angel; en su localidad tipo describió 308 m constituidos por estratos de to-



bas desvitrificadas, lutitas y areniscas con una menor proporción de calizas.

Esta formación se encuentra aflorando en toda el área, la litología consiste principalmente de una alternancia de lutitas calcáreas y areniscas, que contienen delgados y es casos lentos de caliza. Las areniscas son de grano fino a medio, de color gris que intemperiza en un color pardo<sup>uo</sup>, presentándose en estratos que varían entre 30 y 50 cm de espesor. La lutita es laminar y se rompe en fragmentos alargados, variando el espesor de las capas en forma general entre 15 y 20 cm. Rogers y asociados (1961), realizaron estudios petrográficos los cuales fueron confirmados posteriormente por Clarence Ross del United States Geological Survey, indicando que en áreas cercanas, pueden describirse más exactamente como areniscas arcóicas calcáreas, ya que no se comprobó la existencia de material volcánico, y que más bien por su composición se aproximan a grauwacas. Rogers y asociados (Op. cit.) en base a la posición estratigráfica y de acuerdo a escasos megafósiles colectados (un ejemplar de *Inoceramus*, fragmentos de ostras y equinoideos, así como algunas amonitas), sitúan a la Formación Caracol entre el Cenozoico y el Santoniano a fines del Cretácico. El máximo espesor medido para esta Formación es de 1060 m, en la Sierra de Sombreretillo.

Por la secuencia alternante, lutitas y areniscas, la Formación Caracol indica un depósito rápido en una cuenca de subsidencia con aportación de terrígenos que varían de gruesos a finos, representando así un flysch precoz al inicio de la Orogenia Laramide (De la Garza N. Op. cit.).

#### II.2.2.- TERCIARIO

El terciario está representado por tobas riolíticas-

y derrames riolíticos, estos derrames presentan una coloración que va de rosada a roja, producto de intemperismo. La roca sana presenta una matriz afanítica de color verde claro, que encierra grandes cristales de cuarzo y feldespatos, así como fragmentos de roca. La textura de las rocas va de porfídica a porfidoblastica.

Estos derrames son principalmente de fisura los cuales forman masas y crestones que contrastan mucho con la morfología general del área, estos derrames son de buen espesor (80 m en promedio) y abarcan zonas pequeñas en la región, las que se encuentran rodeando a la unidad, como se muestra en la figura 2. Descansan discordantemente sobre las formaciones Cretácicas y se encuentran orientadas generalmente en dirección NW-SE, aunque también existen algunos derrames perpendiculares a esta dirección.

En el área de estudio no aflora ningún intrusivo, pero a 14 km al S-SE de la unidad minera "Santa Rita" afloran dos troncos o "stocks" de composición granítica, los cuales cortan a todas las unidades Cretácicas, por lo que son de edad posterior a las mismas.

Para establecer una edad tentativa a las rocas ígneas presentes en el yacimiento y sus alrededores, se pueden considerar los trabajos elaborados por Clark, K., Damon, P., Shutter, S. y Chaffiquillah, M., (1980), en donde hacen una relación entre la distancia <sup>ala</sup> paleotrinchera de cuerpos intrusivos y de algunos derrames extrusivos en el norte de México contra edades determinadas isotópicamente de las mismas, estos colocarían la posible edad de las rocas ígneas de la región que están entre los 300 y los 350 km de la paleotrinchera, entre 50 y 20 millones de años, o sea en el Eoceno - Oligoceno.

### II.2.3.- CUATERNARIO

Se divide en rocas basálticas y aluvi6n. En la regi6n afloran basaltos a 7 km al NE de la unidad, los cuales se encuentran poco erosionados, estos no han sido fechados, pero de acuerdo a relaciones de campo son de posible edad Cuaternaria, ya que son posteriores a los derrames 6cidos que se encuentran siempre subyaciendo a los basaltos.

Las unidades que forman los dep6sitos cuaternarios son de tipo continental y se encuentran constituidos por gravas, arenas y limos. Estos dep6sitos se encuentran ampliamente distribuidos en el 6rea, cubriendo todos los valles y partes topogr6ficamente bajas. Las gravas est6n mal consolidadas y mal clasificadas, y se encuentran constituidas por fragmentos angulosos a subangulosos que varfan de 1 a 10 cm de di6metro, con un espesor aproximado de 15 m hacia el centro de los valles; las gravas gradúan a aluvi6n constituido por arena y limo.



TABLA DE CORRELACION ESTRATIGRAFICA

ERA	SISTEMA CUATERNARIO.		CEDROS ZAC.		AREA "SANTA RITA".
	CUATERNARIO.	SERIE	PISO	FORMACION	FORMACION
CENOZOICO	TERCIARIO		RECIENTE PLEISTOCENO OLIGOCENO MIOCENO OLIGOCENO EOCENO	ALUVION GRAVA PERIBAREZ BASALTOS DERRAMES ACIDOS AHUICHILA INTRUSIVOS ACIDOS ?	ALUVION BASALTOS DERRAMES ACIDOS INTRUSIVOS ACIDOS ?
			PALEOCENO		
MESOZOICO	CRETACICO	SUPERIOR	MAESTRICHTIANO		
			CAMPANIANO	PARRAS	?
			SANTONIANO CONIACIANO	CARACOL	CARACOL
			TURONIANO		
		MEDIO	CENOMANIANO	INDIDURA	INDIDURA
			ALBIANO	CUESTA DEL CURA	CUESTA DEL CURA
	INFERIOR		LA PERA	?	
		APTIANO SUP BARREMIANO INF HAUTERIVIANO VALANGINIANO	CUPIDO		
			TARAISES		
		BERRASIANO			
	JURASICO	SUPERIOR	TITHONIANO	LA CASA	
			KIMMERIDGIANO OXFORDIANO CALLOVIANO	ZULOAGA	?
MEDIO		MATHONIANO	NAZAS		
INFERIOR		BAJOCIANO TORCIANO PIEINSBACHIANO SINEMURIANO METTANGIANO	?		
TRASICO	SUPERIOR	RETICO NORICO CARNICO			
PALEOZOICO	PERMIANO		RODEO		
			CAOPAS	?	

### II.3. TECTONICA

A escala regional existe una capa inclinada hacia el norte durante la fase Laramídica (Tardy, 1972). Los siguientes elementos estructurales tienen un valor regional-- solo su densidad y repartición varían.

Se presentan pliegues simétricos de una primera fase de edad Laramídica, con una orientación general de sus-- ejes de  $75^\circ$  a  $35^\circ$  al SW a un nivel regional, con sus flancos normales hacia el sur y flancos inversos hacia el norte (García, 1972).

Existen pliegues de una posible segunda fase de deformación, los cuales son menores en dimensiones y posteriores a los de la fase uno, debido probablemente a un reacomodo posterior de los obstáculos, estos pliegues se presentan sobre los flancos de las estructuras mayores de la primera fase y tienen también sus flancos normales hacia el -- sur e inversos hacia el norte, variando la orientación general de sus ejes de  $55^\circ$  a  $60^\circ$  al SW (García, op. cit).

Estas dos fases son responsables de:

- a) Pliegues dobles.
- b) Pliegues disarmónicos o asimétricos.
- c) Pliegues falla.
- d) Fallas principalmente inversas pero de rechazo -- débil.

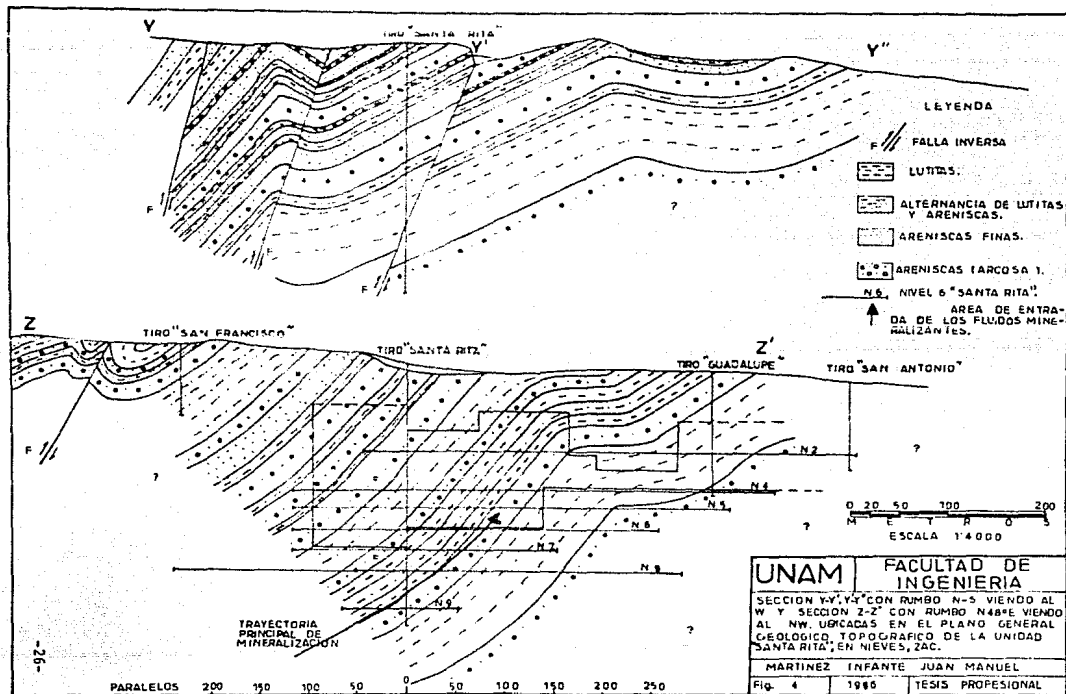
En su conjunto todas estas estructuras pertenecen a una estructura a mayor escala, la cual se pone en evidencia de bido a que hacia la parte sur se muestran una serie de pliegues asimétricos en posición "normal" (flanco horizontal a polaridad normal), y el sector de la mina hacia el norte, - existen más pliegues recumbentes que asimétricos, por lo --

que en ese sector en particular y en un eje de orientación-- general E-W a escala regional, corresponde al flanco inverso de una estructura mayor, cuyo flanco normal tectónicamente-- no tan complicado, constituye las partes bajas situadas al sur del sector estudiado. Esto explicaría la existencia de una "dorsal" de orientación E-W, constituida principalmente por areniscas que pasa por el área del tiro "Santa Rita" -- (ver figura 4, plano Geológico-topográfico superficial de la mina y figura 2).

#### II 4. GEOLOGIA HISTORICA

A finales del Cretácico se depositaron las últimas - unidades litológicas que afloran actualmente en el área, es tas unidades indican un cambio muy notorio en el aporte de-- terrígenos, cambiando de una depositación de cuenca, profunda en reposo representada por la formación Cuesta del Cura, a una depositación de ambiente de cuenca en subsidencia, -- que se inicia con la regresión de los mares hacia el Oriente, con un aporte muy grande de sedimentos clásticos, como lo representa la Formación Caracol, propia de un Flysch de-- principios de la Orogenia Laramide. Esta Orogenia eleva y-- deforma a todos los sedimentos marinos situados al Poniente de la Isla de San Luis-Valles (Cardenas-Guadalcazar) y al - sur de la Península de Coahuila, las cuales sirven como obs-- táculos para la tendencia de deformación de los sedimentos-- marinos a plegarse (De Cserna, 1956),

Durante una primera etapa o fase de deformación, to-- dos estos sedimentos marinos son plegados en forma general-- hacia el NE, pero en el área de estudio estos tendieron a - plegarse más hacia el Norte, o sea que sufrieron una infle-- xión que hizo que la dirección de los ejes de anticlinales--





y sinclinales sea generalmente E-W a gross modo, formando en los anticlinales flancos normales hacia el Sur e inversos-- hacia el Norte. Esta inflexión es atribuida a la obstaculi- zación provocada por la Isla de San Luis-Valle y la Penínsu- la de Coahuila. Durante esta etapa se producen pequeñas fa- llas inversas de rechazo pequeño, principalmente sobre los- anticlinales y paralelas a los ejes de éstos (figura 4). Al final de ésta etapa las principales y mayores estructuras - de deformación a nivel regional ya han sido formadas, como- son los pliegues simétricos y asimétricos.

En lo que corresponde a una segunda etapa de deforma- ción de los sedimentos marinos, se cree que se deba a un - pequeño reacomodo de los obstáculos. Dicho reacomodo provo- có pequeños plieques sobre los pliegues mayores, con la di- rección de sus ejes casi paralelos a los ejes anteriores y- perpendiculares a la fuerza deformante. En el caso de la - falla "Santa Rita", las rocas cedieron al esfuerzo princi- pal, dando origen a ésta falla inversa de desplazamiento ho- rizontal dextral variable, la cual se le puede atribuir a - esta segunda fase.

Finalmente como una etapa terminal de esta Orogenia, los esfuerzos compresivos cesaron, dando paso a la fase de- liberación de esfuerzos o Tafrogenia (De la Garza N. Op.- - Cit.), lo que da por consecuencia fallas normales de ten- sión, las cuales forman fosas y pilares tectónicos con un - rumbo principal NW-SE, perpendiculares a la fuerza máxima-- distensiva, que como se ve en el área y en la parte NE del- Estado de Zacatecas, donde está representada por fallas nor- males de rumbo NW en las cuales se emplazaron algunos cuer- pos intrusivos, así como la extrusión por dichas fallas de los principales derrames de fisura que se alinean a grosso- modo en esa dirección.

Al parecer la intrusión de cuerpos ígneos, así como los derrames de tipo ácido fueron contemporáneos y se realizaron durante la tercera fase de la Orogenia Laramide antes descrita, esto es, porque el dique de porfido riolítico localizado en la mina, el cual es paralelo a la veta-falla-- "Santa Rita" y cuya abertura donde se emplazó es contemporánea a las fallas de la segunda fase, implica que la intrusión no pudo ser anterior a esta fase, además los derrames-riolíticos que formaron mesas y crestones se alinean paralelamente a las fallas de la tercera etapa.

Por lo que respecta a la mineralización, ésta parece ser el último evento relacionado con la actividad ígnea de la Orogenia, ya que esta mineralización en el área de estudio, por ejemplo, corta y altera completamente al dique, y porque mineralización encontrada a 3.5 km, de la unidad a rumbo de veta, sobre una meseta de rocas ácidas (riolitas y tobas riolíticas) de rumbo NW-SE, consiste de mercurio y manganeso de tipo hidrotermal emplazada en fracturas y fallas en las rocas ácidas, que indica que también existe mineralización posterior a las extrusiones ácidas. Aunque no se encontró ninguna relación entre los eventos mineralizantes de la mina y de la meseta, se puede pensar que estas -- sean contemporáneas. A lo largo de todas las obras mineras no se encontraron indicios de un reacomodo posterior sobre la veta-falla, ya que los minerales se encontraron completos y la mineralización no es cortada por ningún evento posterior.

### III. GEOLOGIA LOCAL

#### III.I. COLUMNA GEOLOGICA LOCAL

En el área de estudio aflora únicamente un flysch -- arenoso -político de edad Cretácico superior, correspondiente a la formación Caracol, dentro del cual se distinguen conjuntos de potencia decamétrica correspondiente a cuatro facies principales (García, Op.Cit).

a) Areniscas: Esta facies contiene depósitos cuya granulometría es mayor de 1 mm, en promedio, pero la granulometría normal varía entre 0.2 y 2 mm. El intemperismo es feroidal es característico, y su composición es la de una arcosa. Las areniscas forman en la mayoría de las ocasiones canales de extensión hectométricas, pero en relación a niveles privilegiados. Los niveles arenosos pueden formar canales con un ancho que varía de centímetros a metros. Las arenisca se encuentran piritizadas en las vecindades de las fallas mineralizadas, pero al alejarse de ellas se vuelven estériles, por lo que se trata entonces de impregnaciones-- producto de alteración, debido a porosidad secundaria por me dio de fracturas y microfracturas cercanas a la veta, causadas durante las etapas deformantes.

b) Areniscas finas en capas: La granulometría de es tas es bastante homogénea, generalmente menor a 0.2 mm. El

corte en capas es característico cuando no es de origen tectónico cerca de la falla. La distinción no es siempre clara con las lutitas, ya que eventualmente existen alternancias en centímetros de areniscas y lutitas. Estas al igual que las anteriores tienen una cementación calcárea.

c) Alternancia de lutitas y areniscas: Esta facies presenta una alternancia decimétrica a métrica de areniscas y lutitas, en donde el aspecto secuencial es muy marcado. Este término ha sido reservado a formaciones que muestran fuertes diferencias granulométricas entre los depósitos; (excepcionalmente, existen, alternancia de areniscas y areniscas en capas).

Esta facies presenta frecuentemente figuras de base-de banco "flute casts" muy constantes, que se formaron por corrientes turbulentas moviéndose sobre una capa de lodo in consolidado y los huecos son rellenados y sepultados bajo una capa de arena, siendo el frente de la corriente de turbidez la que formó estas estructuras. Estas estructuras sedimentarias nos indican ambientes de cuencas oceánicas con pendientes fuertes y dirección de la corriente, ya que generalmente se forman perpendiculares a la corriente de turbidez (Pettijhon, 1975).

d) Lutitas: Están compuestas de material muy fino (arcilla), dispuesto en secuencias centimétricas. Existen raros depósitos arenosos intercalados entre estas así como lentes de caliza, menores de 10 cm; su color es muy variable (azul, amarillo y violeta pálido). El corte de estas es en placas muy finas debido a dos factores:

1.- Su origen (Lutitas laminares en placas muy delgadas).

2.- Tectónica (Presentan una cierta esquistosidad en la cercanías con la veta-falla).

Todas las facies, menos las areniscas, presentan una extensión lateral kilométrica o más; sin embargo se observan numerosas variaciones laterales de facies. Hasta ahora no se han observado fósiles que ayuden a fechar las rocas en cajonantes de la zona de estudio, por lo que simplemente se les asignó la edad por medio de correlaciones litológicas y estratigráficas con áreas cercanas que ya han sido fechadas. En la figura 1 se presenta una columna de 540 metros obtenida a partir de la sección Z-Z' de la figura 4.

### TERCIARIO

No aflora en superficie ningún tipo de roca ígnea intrusiva, pero en la parte oriente de los niveles 2 al 9, éstos cortan un dique de composición riolítica, que en el nivel 9 se encuentra "sano" y en los demás niveles se encuentra sumamente alterado (argilizado), el cual se presenta -- muy húmedo y blando, a grado tal que en ciertas áreas se observa únicamente arcilla (caolín) y feldespatos alterados. Este dique debe cortar todas las unidades del Cretácico anteriormente descritas y se considera que tiene una relación muy estrecha con los derrames de lavas ácidas que forman las mesetas de riolita que se encuentran al NE de la mina, -- y a que la mineralización encontrada en las dos partes es posterior al origen de las extrusiones y de la intrusión -- del dique. Esto es porque la mineralización corta y altera completamente al dique en los niveles de la mina, y en los cerros cercanos de riolita, existe mineralización de manganeso y mercurio que corta y altera a estas rocas, o sea que estratigráficamente la mineralización es posterior a la formación de las rocas ígneas ácidas, lo que hace pensar que la formación del dique y de las mesetas de riolita deba de-

ser contemporánea entre sí, como se sugiere en la figura. 5

### III.2. GEOLOGIA ESTRUCTURAL LOCAL

En el área de estudio se encuentran plegadas y afa-  
lladas las lutitas y areniscas de la formación Caracol, que  
al parecer fueron deformadas durante dos fases (García, - -  
1979).

Fase 1; la orientación de sus ejes va de  $85^\circ$  a  $35^\circ$  al  
SW, la edad de dicha deformación es laramídica, y correspon-  
dería a la inclinación de las capas del sur hacia al norte-  
(Tardy, 1972).

Fase 2; la orientación de sus ejes varía de  $55^\circ$  a  $60^\circ$   
al SW, esta deformación es posterior a la primera y tal vez  
se deba a un reajuste de las capas.

Estas dos fases son responsables de las siguientes -  
estructuras observadas en el área, las cuales se presentan-  
mayormente deformadas en las cercanías de la veta-falla- --  
"Santa Rita".

a) Se presentan pliegues dobles de amplitud hectomé-  
trica, estos se encuentran inclinados hacia el norte, mos-  
trando un flanco normal subhorizontal o poco inclinado hacia el  
sur y un flanco inverso fuertemente inclinado hacia el norte. Los  
ejes son subhorizontales y es importante hacer notar que la -  
combinación de las fases 1 y 2 pueden generar ejes ondulantes, -  
inclinados alternativamente hacia el este o el oeste. En ge-  
neral los flancos normales de estos pliegues forman bandas +-  
alargadas de orientación WSW-ENE, es decir débilmente secantes so-  
bre la orientación general de las capas en la zona (a grosso mo-  
do). Se conocen tres de estas bandas directamente en contacto -  
con la parte mineralizada de la falla, la cual parece haber si-  
do formada a finales de la segunda etapa de deformación. -  
Estas bandas son más raras y espaciadas en la parte SW del

denuncio.

b) Pliegues disarmónicos, estos se presentan sobre los flancos normales de las estructuras precedentes, esto es frecuente, ya que hay diferencias de competencia entre las capas.

c) Pliegues-falla, muy frecuentemente los pliegues--de las fases 1 y 2, son en realidad pliegues falla, que ponen directamente en contacto los dos flancos de la estructura. Dichas estructuras son susceptibles de contener vetas de calcita (negra, café o blanca), de espesor menor a un metro, no continuas. Parece ser que el relleno calcítico desaparece en tanto que la estructura atraviesa un depósito suave (lutitas). Los desprendimientos debidos a estas fallas son generalmente débiles (fallas inversas de rechazo--aproximadamente decamétrico).

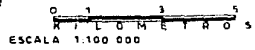
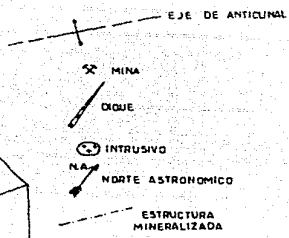
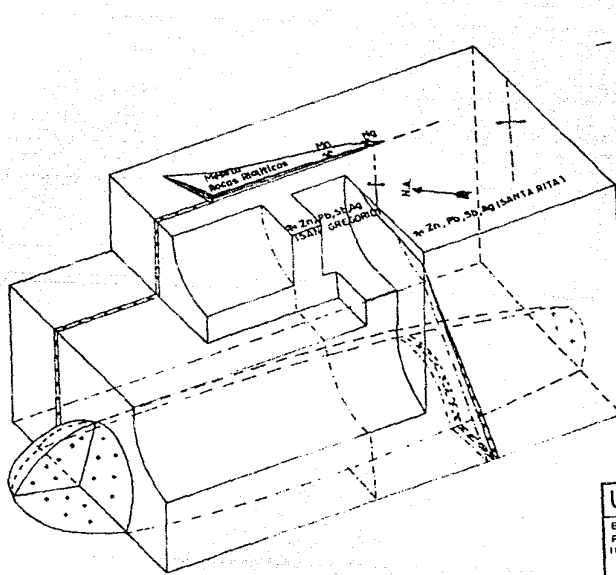
d) Fallas, en el área interesa primordialmente la falla llamada "Santa Rita", la cual es una falla de desprendimiento derecho, de rechazo variable, esta falla, es inversa de rechazo débil, sobre todo de composición horizontal. Sus efectos en superficie son sobre todo la formación de --ganchos de amplitud hectométrica, así como disarmonías en los niveles suaves (pliegues de eje vertical, en forma de --roscas o "Kinks", en las lutitas o en las areniscas en capas).

El movimiento de esta falla se acompañó probablemente del rechazo de los pliegues-falla. Tanto en superficie como en los niveles de la mina, que van longitudinalmente sobre la veta-falla, ponen de manifiesto que se trata de --una falla de tipo inverso, en la cual se encuentra una combinación de material de molienda de la roca encajonante y mineral. De esta falla existe un desprendimiento de dirección aproximada norte sur, de rechazo débil, en el sector --

noreste, la cual fue investigada con el barreno S-7 hecho-- por SEDEMEX, el cual cortó una estructura muy delgada y con valores bajos.

Las deformaciones debidas a la falla "Santa Rita"-- son particularmente visibles en la zona del tiro "Santa Rita", debido a que existe una banda de terrenos particularmente plegados y tectonizados, litológicamente más "Competentes" que los que se encuentran a su alrededor. Esta banda pertenece a una "dorsal" de dirección aproximada E-W, compuesta principalmente de areniscas, la cual es cortada por la falla "Santa Rita",





**UNAM** FACULTAD DE INGENIERIA  
BLOCK DIAGRAMÁTICO MOSTRANDO LA POSIBLE RELACION ENTRE LAS ROCAS IGNEAS Y LA MINERALIZACION  
MARTINEZ INFANTE JUAN MANUEL  
FIG 5 1986 TESIS PROFESIONAL

#### IV.- YACIMIENTO MINERAL

##### IV.1.- DESCRIPCION GENERAL DEL YACIMIENTO

El yacimiento se encuentra encajonado en rocas de edad Cretácico superior, correspondiente a la formación Caracol, la cual consta de una alternancia de lutitas y areniscas. La expresión morfológica más importante de la veta falla "Santa Rita", se encuentra donde ésta pasa por un terreno particularmente más "duro" que sus alrededores, compuesto principalmente de areniscas, las cuales forman una especie de "dorsal", al quedar localizada casi en la cima del flanco normal de un anticlinal, como se muestra en la figura 4.

La estructura en donde se emplazó la mineralización es una abertura ocasionada en el terreno por una falla inversa de movimiento horizontal dextral "variable", conocida como falla de "Santa Rita" de forma tabular, la cual fue posteriormente rellena por sulfosales y sulfuros polimetálicos dentro de los cuales destacan principalmente la piritita ( $\text{FeS}_2$ ) y la jamesonita ( $\text{Pb}_4\text{FeSb}_6\text{S}_{14}$ ) debido a su abundancia a nivel macroscópico y a su grado de cristalización, ya que se presentan en cristales subedrales a euedrales, los cuales son muy llamativos. La traza de la veta en superficie es de aproximadamente 1000 metros, desapareciendo posteriormente dentro de la roca encajonante al poniente y bajo

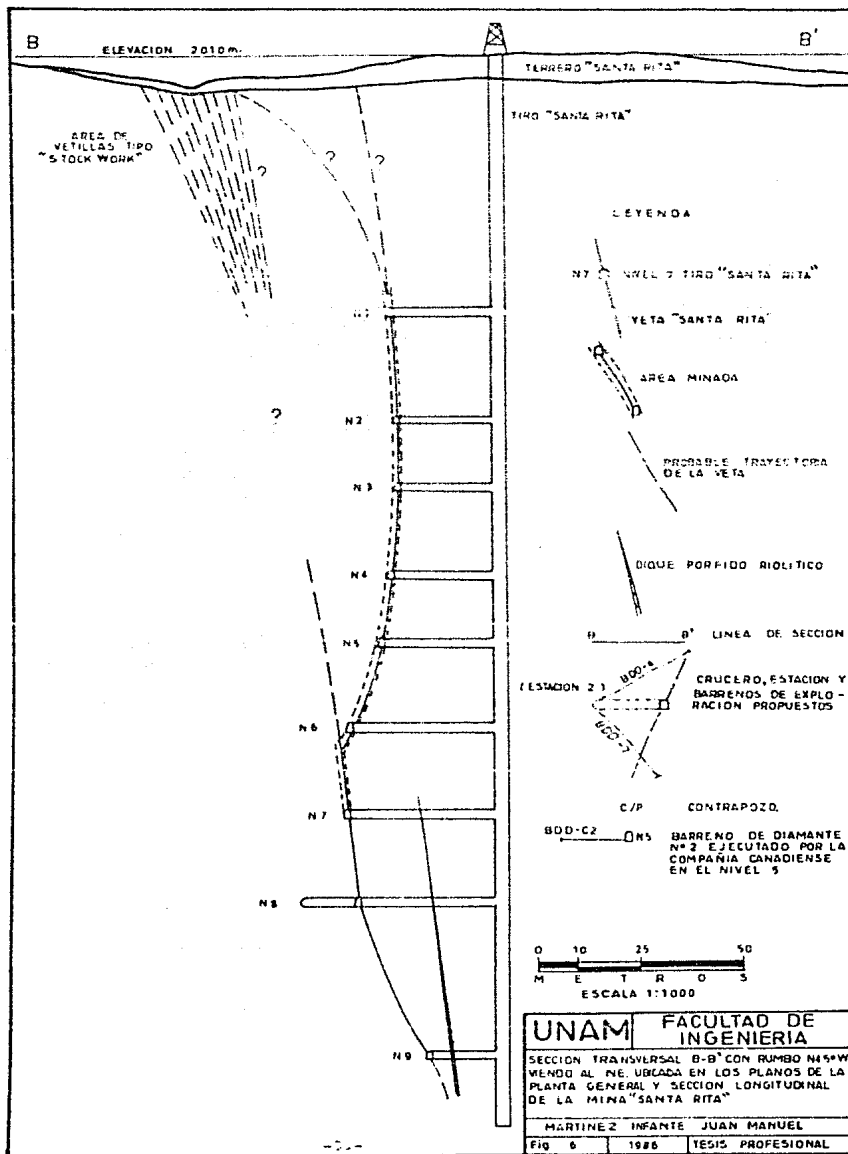
depósitos de aluvión y "terreros" al oriente. La profundidad máxima conocida es de 300 metros en donde la estructura se presenta muy delgada (20 centímetros en promedio)

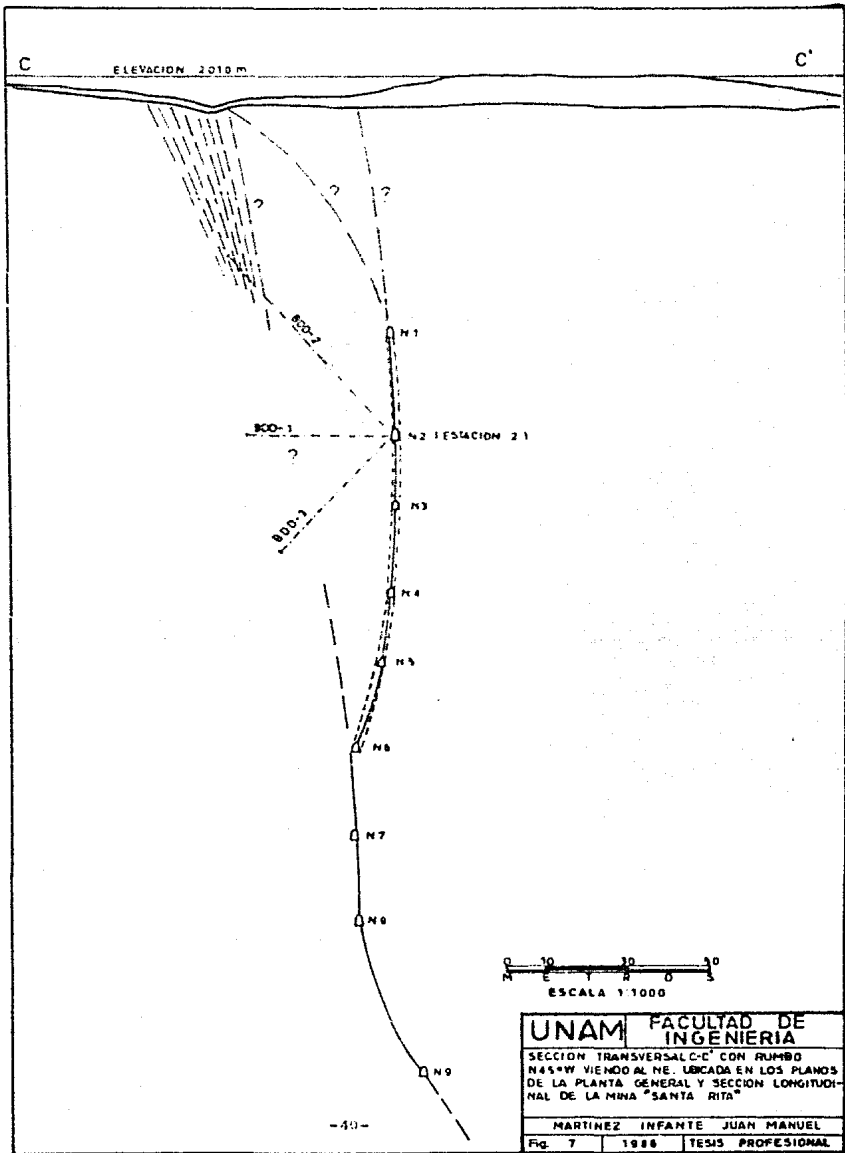
El yacimiento contiene de acuerdo al orden de abundancia relativa de sus elementos económicos de mayor a menor, -zinc, plomo, antimonio y plata.

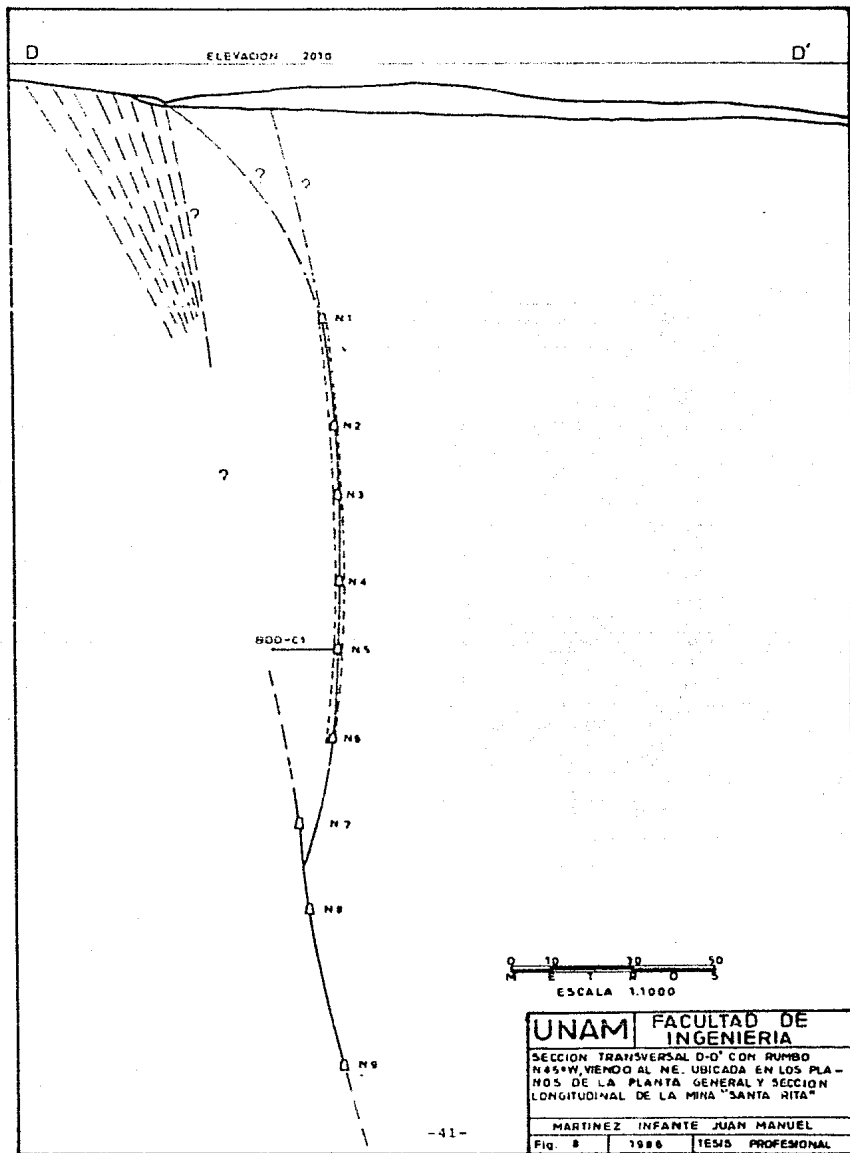
#### IV.2.- FORMA Y DIMENSION

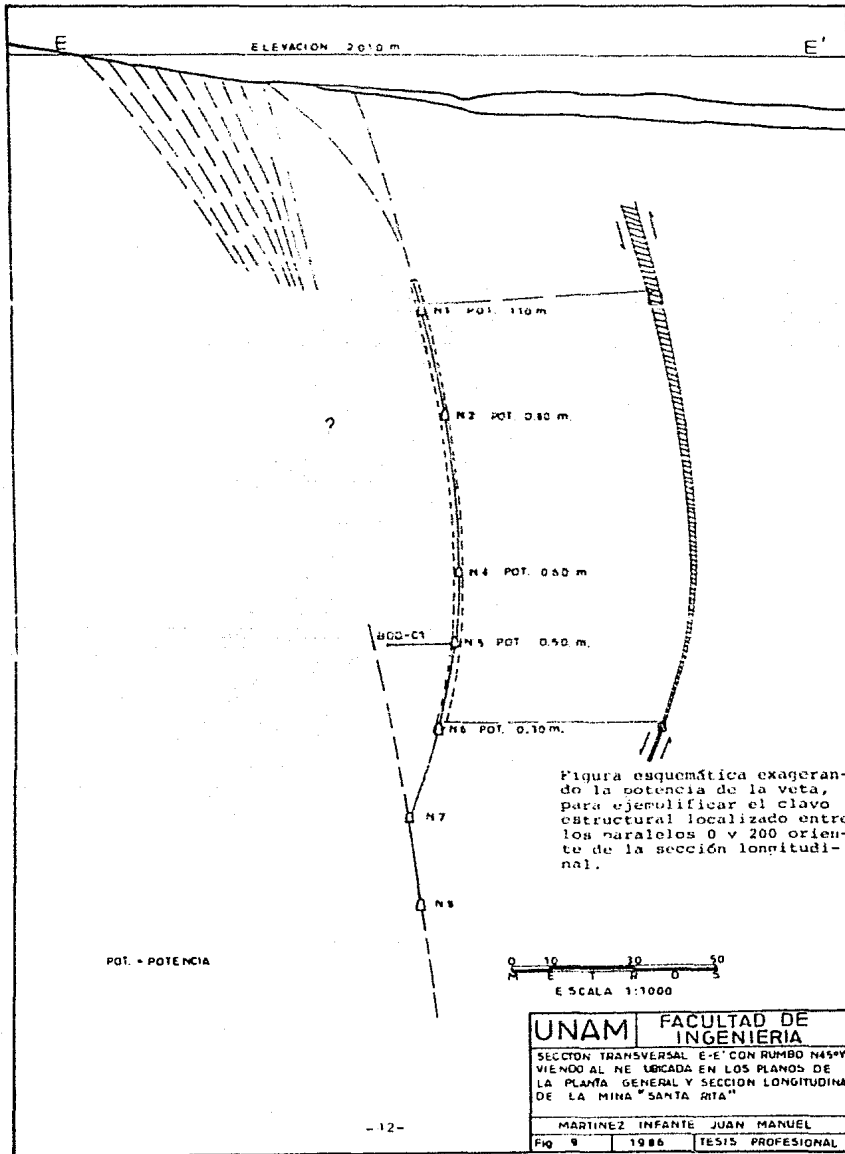
La veta-falla "Santa Rita" tiene una traza reconocible por una distancia de 1000 metros aproximadamente, con un rumbo general de N35°E y un echado promedio de 70° al SE. El yacimiento es de forma tabular, el cual sufre ensanchamientos y adelgazamientos en su potencia (veta tipo "rosario"), tanto vertical como horizontalmente, debido a inflexiones que la veta-falla tiene a todo lo largo y ancho de la misma. La potencia de la veta no es muy grande, siendo en promedio de 0.50 metros lo conocido hasta ahora, en base a las obras desarrolladas.

Una zona bien definida debido a sus valores anómalos en potencia y leyes, dentro de la misma estructura, se encuentra delimitada en el área comprendida del tiro "Santa Rita" al paralelo 150 oriente (según sección longitudinal de la mina), y abarca aproximadamente del nivel 6 hasta superficie, en donde la potencia promedio de la estructura fue mayor de 0.80 metros (área minada por la compañía Minerales de "Santa Rita" S.A.). Dentro de esta misma área se encontraron lugares excepcionales, donde el espesor de la veta alcanzó los tres metros (Rebaje 1110, nivel 1). Toda esta área en particular corresponde, según las secciones transversales correspondientes a las figuras 6 a 11, a una flexión que sufre la estructura. Esta flexión es bastante considerable, al grado de que en los niveles 4 al 6, la veta cambia su echado al lado contrario. Dicha flexión favoreció grandemente la formación de un clavo mineral rico en zinc, plomo y antimonio, que en la actualidad se encuentra casi en su totalidad minado como se puede ver en la sección longitudinal de la mina.

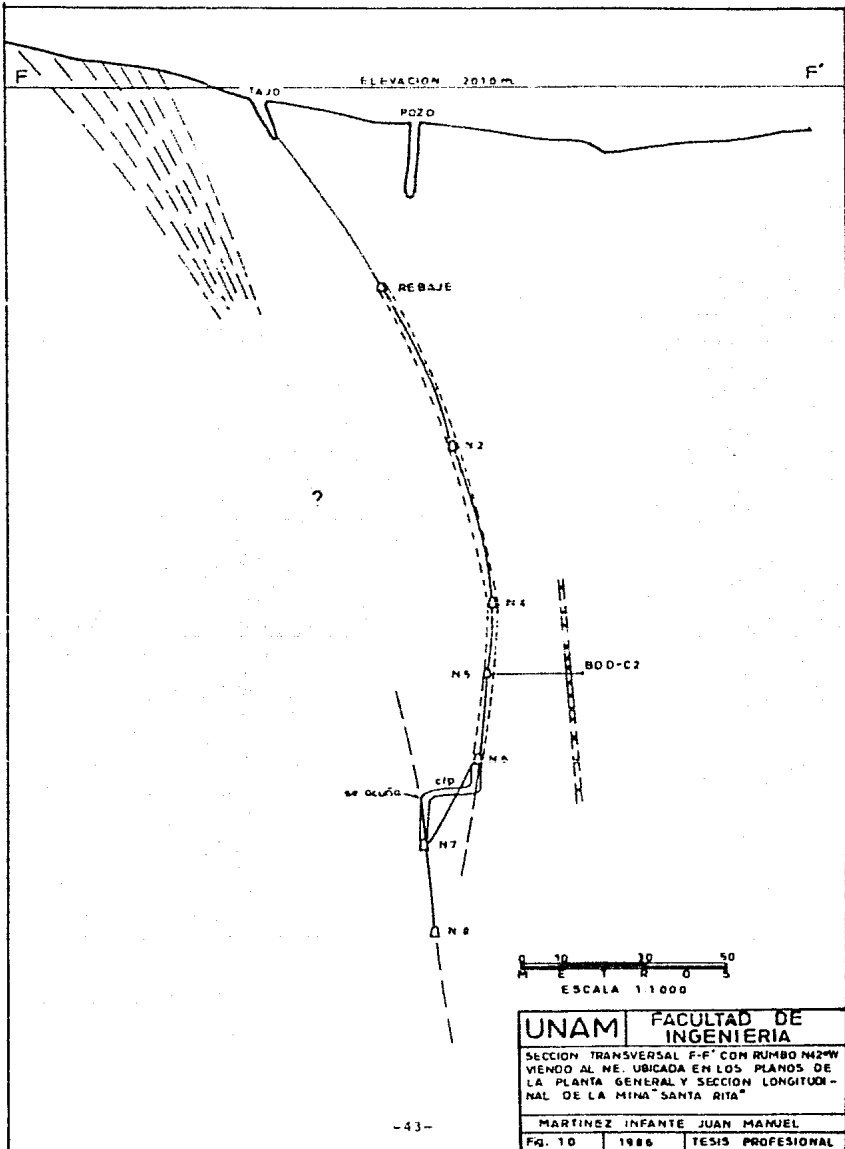












<b>UNAM</b>		<b>FACULTAD DE INGENIERIA</b>	
SECCION TRANSVERSAL F-F' CON RUMBO N42°W VIENDO AL NE. UBICADA EN LOS PLANOS DE LA PLANTA GENERAL Y SECCION LONGITUDINAL DE LA MINA "SANTA RITA"			
MARTINEZ INFANTE JUAN MANUEL			
FIG. 10	1986	TESIS PROFESIONAL	





De acuerdo al mapeo de la veta en los niveles inferiores como son los niveles 4,5,6 y 8 al oriente, así como los niveles 4,5 y 6 al poniente, la veta se acuña hacia ambos - lados del clavo mineral antes descrito, a grado tal que en los topes de los niveles 5 y 8 al oriente, la veta tiene -- un espesor de solo 5 cm. en promedio, y en los topes de los niveles 6,5 y 4 al poniente, la veta se acuña tanto que se vuelve solo un hilo de pocos milímetros compuesto principalmente de cuarzo y calcita. Es importante hacer notar que - en superficie sucede lo mismo, ya que hacia ambos lados de la veta "Santa Rita", las deformaciones y discontinuidades provocadas por ésta se hacen menos notorias hasta casi desaparecer.

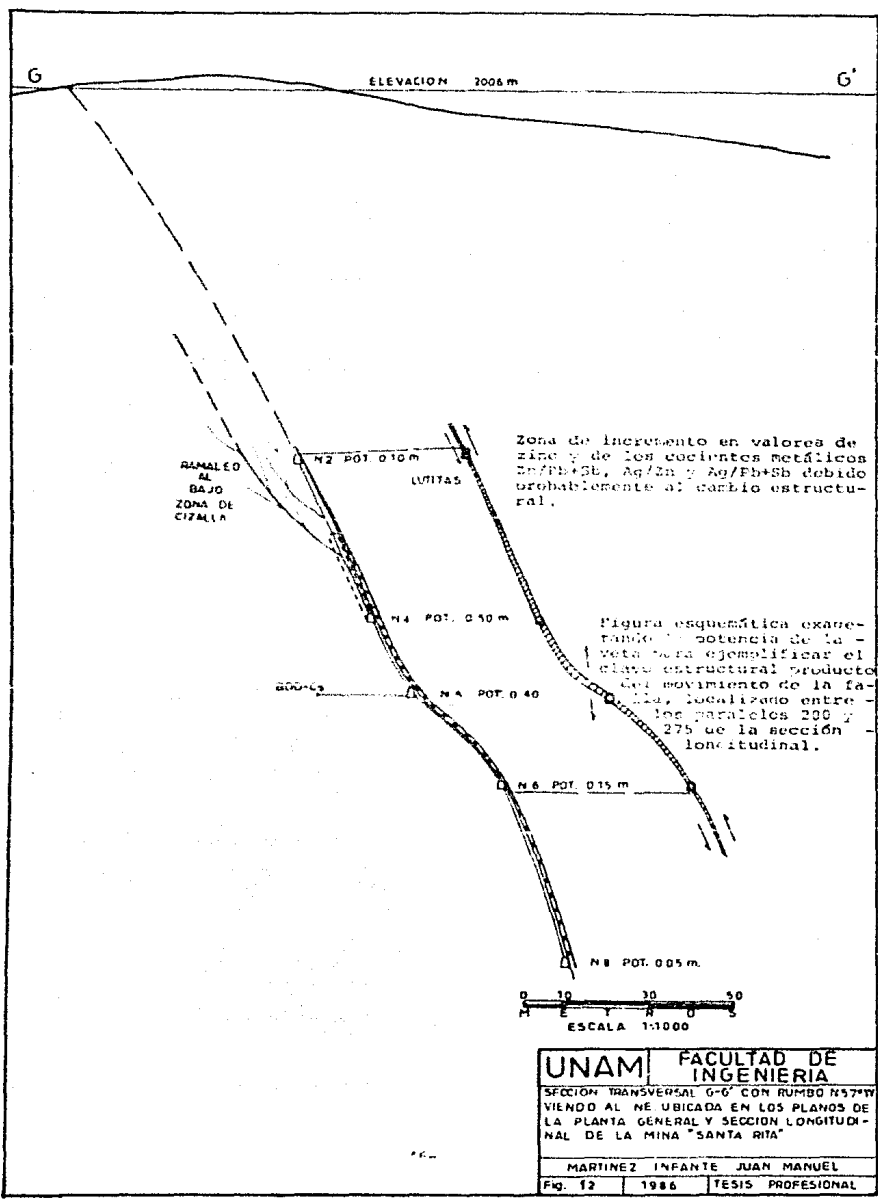
Las dimensiones son las siguientes, longitud conocida 1400 metros, profundidad conocida por obras 300 metros, con un ancho promedio de 0.50 metros.

#### IV.3.- RELACIONES ESTRUCTURALES

Estructuralmente la veta "Santa Rita" tiene un comportamiento irregular en tramos cortos, como se describe a continuación:

La veta "Santa Rita" se puede dividir en tres partes- o sectores que tienen un comportamiento distinto y que son las siguientes:

a) En el extremo oriente de la veta pasando el paralelo 170 (segun sección longitudinal), se presenta la es- - tructura con buena potencia y leyes, como se puede observar en obras antiguas de minado cortadas por el nivel 2, así -- como de algunas obras del tiro "Guadalupe" (como se muestra en las figuras 12 y 13), de donde existe una muestra del --



<b>UNAM</b>	<b>FACULTAD DE INGENIERIA</b>
SECCION TRANSVERSAL G-G' CON RUMBO N57°W VIENDO AL NE UBICADA EN LOS PLANOS DE LA PLANTA GENERAL Y SECCION LONGITUDINAL DE LA MINA "SANTA RITA"	
MARTINEZ INFANTE JUAN MANUEL	
Fig. 12	1986
TESIS PROFESIONAL	

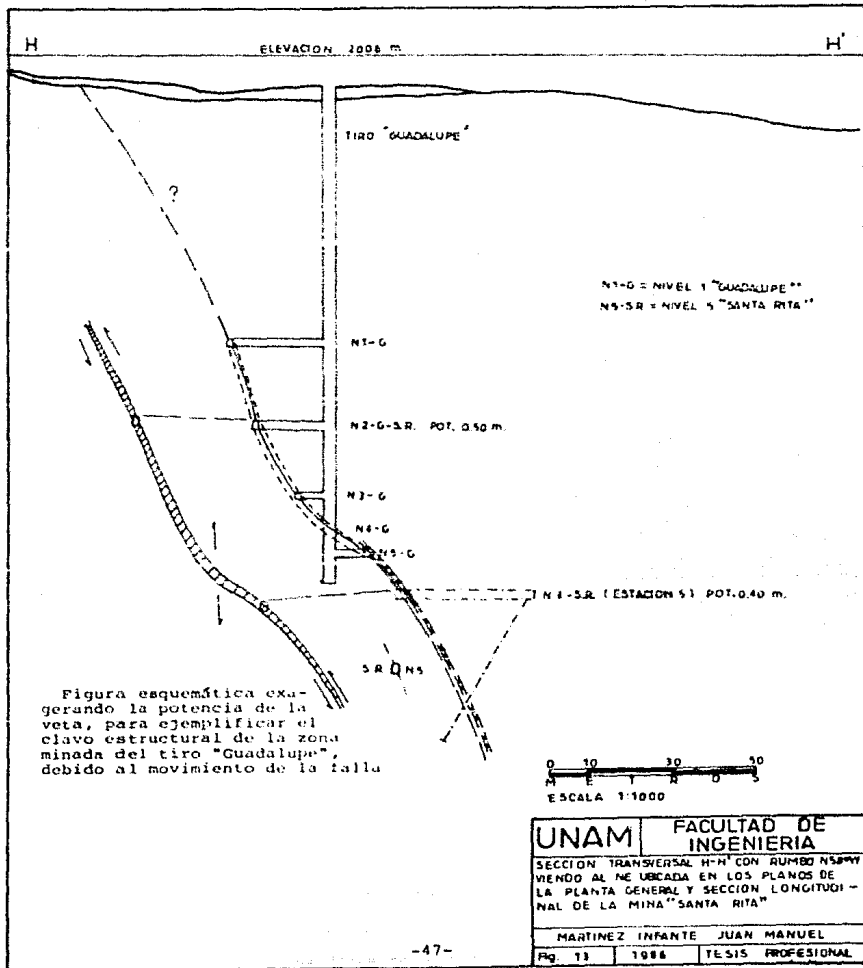


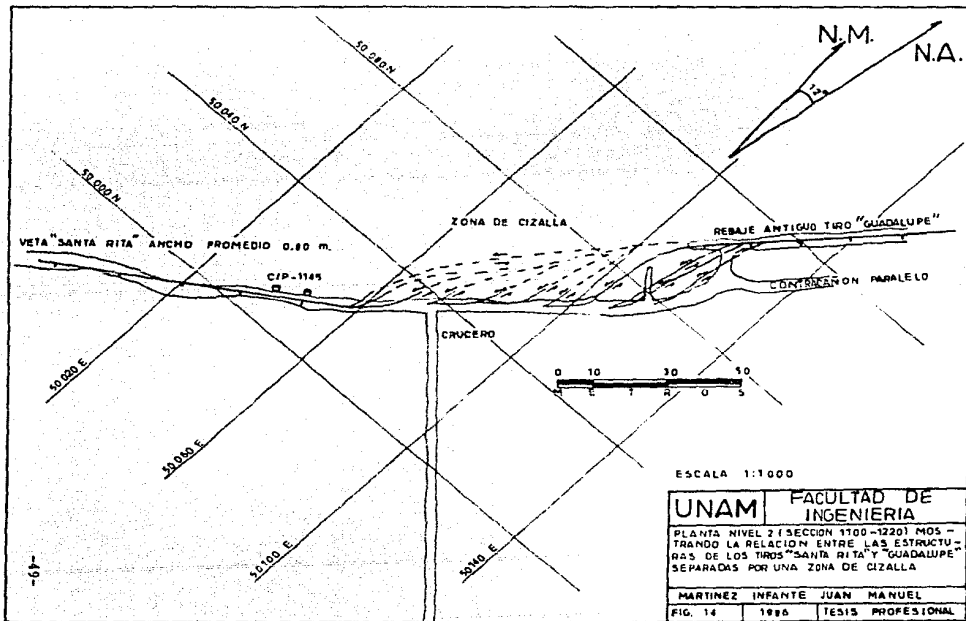
Figura esquemática exagerando la potencia de la veta, para ejemplificar el clavo estructural de la zona minada del tiro "Guadalupe", debido al movimiento de la falla

nivel 4 de dicho tiro.

Muestra N°	Elevación	Ancho	Ag(gr/ton)
918	1865 m.	0.61 m.	225

La estructura mapeada del nivel 2 al 5 del tiro "Santa Rita" en el extremo Oriente y las obras del tiro "Guadalupe", indican una tendencia a "acostarse" de la veta (ver-planta de los niveles) y acuñarse a grado tal que en el -- área correspondiente al tiro "Guadalupe", pero con las -- obras del nivel 8 del tiro "Santa Rita", cortan a la estruc-tura con un espesor de 5 centímetros en promedio.

La veta es reconocida en el sector oriente por los -- trabajos de minado antiguo de los tiros "Guadalupe" y "San-Antonio" los cuales fueron comunicados en su parte media, - con las obras del nivel dos del tiro "Santa Rita", este ni-vel se encuentra comunicado con el tiro "Guadalupe" y se -- pretende comunicar en un futuro con el tiro "San Antonio", - ya que llega a la zona de dicho tiro. Esta estructura se - presenta separada por medio de una serie de discontinuidades irregulares de la estructura, reconocidas con las obras del nivel 2 del tiro "Santa Rita", dichas discontinuidades pertenecen a una zona de cizallamiento en lutitas, como se muestra en la figura 14. Dicha zona se caracteriza por con- tener un buen número de fallas pequeñas longitudinales a la estructura en ese sector. Estas fallas se presentan minera- lizadas y cortan la continuidad de la estructura ancha del- extremo oriente de la veta "Santa Rita" y parecen desplazar a ésta hacia el norte de las obras de dicho nivel, para pos- teriormente volver a aparecer a la altura del paralelo 1160 oriente con buena potencia, en lo que correspondería al sec- tor central. Estas fallas son inversas y de desplazamiento pequeño, con un ancho promedio de 5 cm, las cuales provocan





que la veta se divida y se haga discontinua, como se puede observar en el nivel 2 de ese sector (figura 12). Esto podría explicar claramente la separación que existe en superficie en las líneas de prospección Geofísica (Magnetometría), levantadas por la compañía México-Canadiense en 1974, a lo largo de toda la estructura que aflora en superficie y que no tuvieron respuesta magnetométrica en ese sector.

b) La parte central correspondiente al clavo mineral rico en zinc, plomo y antimonio, donde se localiza la flexión de la veta-falla que se observa desde superficie hasta el nivel 7 y del tiro "Santa Rita" al paralelo 150 este. Esta estructura fue la más importante de la veta, ya que dió origen a la parte mas potente y con mayor expresión morfológica en superficie. Y toda el área presenta a partir del nivel 7 una estructura al bajo de la anterior (como se muestra en las secciones correspondientes a las figuras 6 a 11), la cual en superficie no tiene una expresión clara, pero en base a afloramientos localizados en la loma situada a 190 metros al norte del tiro "Santa Rita" presenta una serie de vetillas pequeñas en enrejado (tipo "stockwork") conteniendo principalmente cuarzo y calcita con valores anómalos de plata, en los estratos de areniscas (Ing. P. Avila, 1985).

En los niveles 6 y 7 de esta parte central, como se observa en las figuras arriba citadas, corresponde a la zona de intersección de las dos estructuras anteriores, las cuales tienen dos posibilidades de continuar. La primera posibilidad sería de la estructura que viene de los niveles inferiores 8 y 9, su continuación a superficie con un echado aproximadamente igual a como se observa en las secciones anteriormente citadas. La segunda posibilidad sería la continuación de la estructura que ha sido minada desde superfi

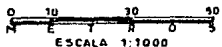
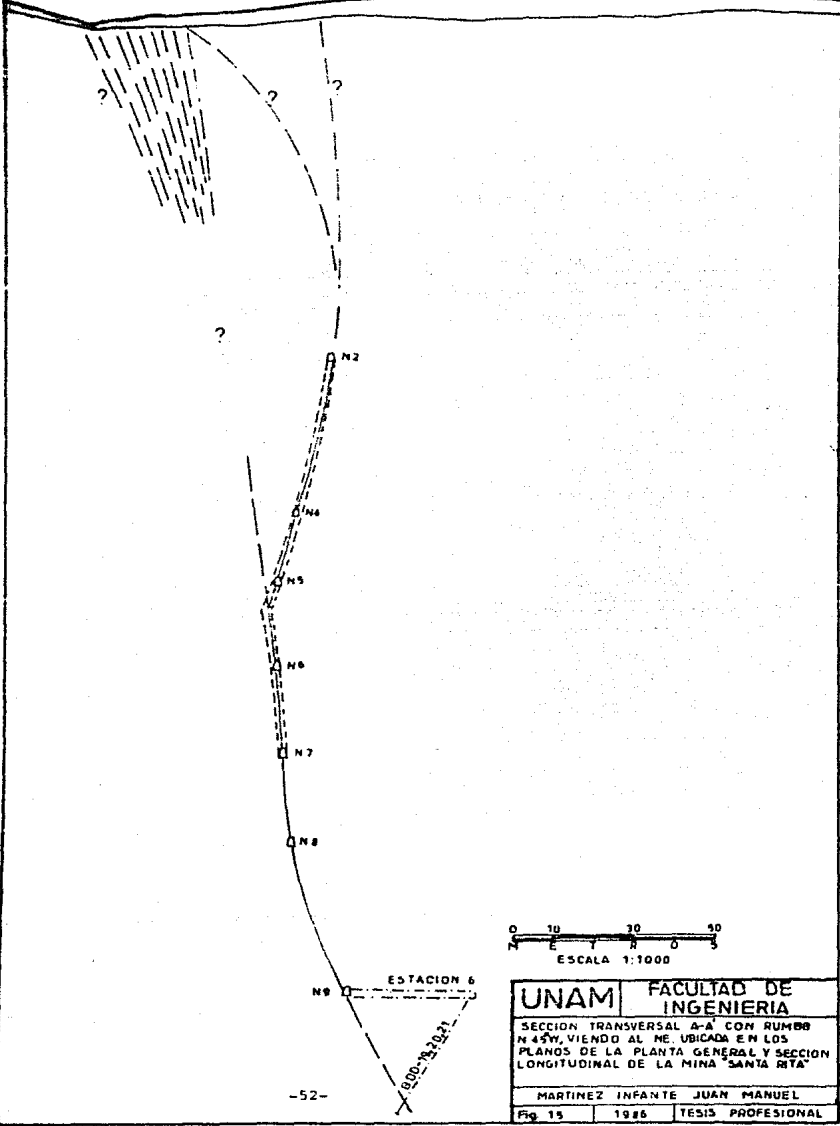
cie y que corresponde al clavo mineral cortado con los niveles 6 a 1, el cual puede tener continuidad a profundidad -- como se observa en las mismas secciones.

c) La parte poniente del tiro "Santa Rita" al tiro - "San Francisco", corresponde al tercer sector estructural - de la veta. Esta zona no ha sido muy estudiada ya que corresponde a una zona de minados muy antiguos los cuales se desplomaron y bloquearon los accesos a dichos niveles, sobre todo los niveles 7,4,3,2 y 1. sin embargo existe acceso a esa zona por un pequeño espacio en el nivel 6 al poniente, el cual se encuentra en malas condiciones, ya que ha estado abandonado por mucho tiempo. Gracias a este nivel se reconocieron algunos de los antiguos minados de la parte final del lado poniente, así como parte del comportamiento estructural que la veta presenta en este sector, ya que también - existe acceso a los niveles 5 y 4 por antiguos pozos y contrapozos que no estaban muy bloqueados.

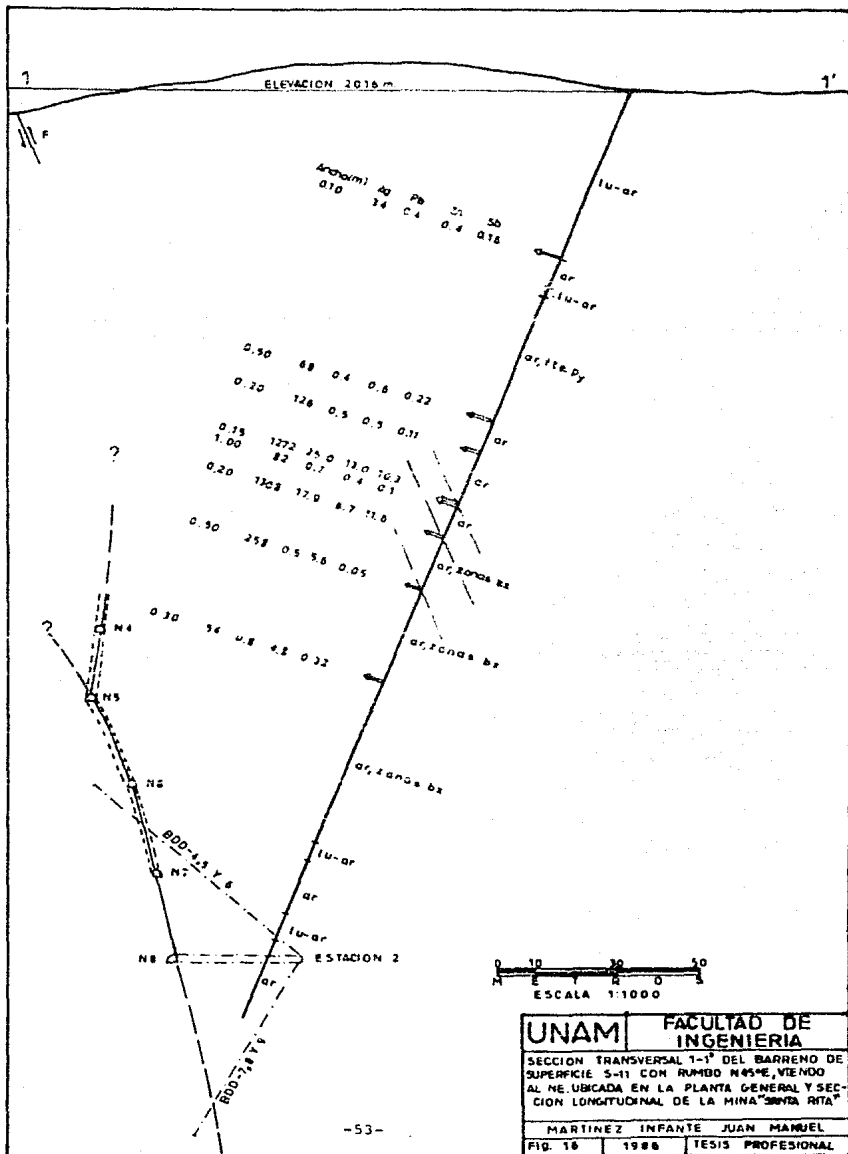
De dichos niveles y planos elaborados por la compañía México-Canadiense antes de que los niveles se bloquearan, - se observa que la veta se acuña drásticamente hasta casi -- desaparecer dentro de un paquete de lutitas por lo general, a la altura del paralelo 110 poniente (segun sección longitudinal). Esto se observa claramente en los niveles 6,5 y 4, ya que de los niveles 7,3 y 2 no se puede obtener información por encontrarse bloqueados. En contraste con esto - el nivel 8 encontró mineralización 100 metros adelante del paralelo 110 poniente, hasta la altura del tiro "San Francisco" (ver la planta general de los niveles y la sección - longitudinal de la mina), esta información del nivel 8 se - obtuvo de los planos de muestreo y topografía de la compañía México-Canadiense.

A ELEVACION 2910 m.

A'



UNAM		FACULTAD DE INGENIERIA	
SECCION TRANSVERSAL A-A' CON RUMBO N 45 W, VIENDO AL NE UBICADA EN LOS PLANOS DE LA PLANTA GENERAL Y SECCION LONGITUDINAL DE LA MINA 'SANTA RITA'			
MARTINEZ INFANTE JUAN MANUEL			
Fig 15	1986	TESIS PROFESIONAL	



En las figuras 15 y 16 se observa que existe también un comportamiento estructural diferente en ese sector, ya que en los niveles se nota un comportamiento "regular" de la estructura, pero del nivel 4 al 2 existe una fuerte desviación que es muy contrastante con el echado general que se ve en las secciones, por lo cual esa área en particular encierra un buen potencial para una futura exploración.

De lo anterior se nota que el comportamiento estructural de la veta-falla "Santa Rita" es muy irregular por sectores, tanto en sentido vertical como horizontal.

#### IV.4.- MINERALOGIA

##### IV.4.1.- MINERALES DEL YACIMIENTO

Megascópicamente cortando transversalmente a la veta, se pueden observar de 6 a 8 bandas alternadas que presentan cambios importantes en las proporciones de minerales. Estas bandas se presentan rítmicamente alternadas en forma simétrica desde las paredes de la veta hacia el centro. En general por apreciación visual existen de banda a banda dos proporciones promedio de minerales que son:

a) Pirita (80%), arsenopirita (10%), calcopirita -- (5%), jamesonita (2%), cuarzo (2%), esfalerita, galena y calcita.

b) Jamesonita (60%), esfalerita (30%), galena (5%), estibinita (2%), pirita (2%), arsenopirita, calcopirita, calcita y cuarzo.

Debido a lo anterior, éste yacimiento presenta crustificación de unos minerales sobre otros, lo cual indica pulsaciones de la etapa de mineralización.

A lo largo de las obras mineras se pudo observar como entre banda y banda se presentan algunas zonas con huecos, en los cuales se desarrollaron grandes y bien formados cristales de pirita, jamesonita, cuarzo y calcita.

En algunas de estas bandas el cambio mineralógico es abrupto, mientras que en otras es más bien transicional, presentándose como una muestra mixta de los dos tipos de proporciones mineralógicas.

Los cristales de cuarzo se presentan en racimos de 1 a 3 cm de largo y las dimensiones de sus cristales son de 1 a 2 mm de largo por 1/4 a 1/8 mm de ancho. Los cristales de calcita son de 1 a 2 cm de largo por 1 cm de ancho, creciendo éstos últimos sobre los primeros en algunas áreas. También se pueden localizar pequeños cristales de cuarzo individuales de 1 mm de largo por 1/4 mm de ancho, que presentan un burdo carácter bipiramidal, junto a los cristales de jamesonita. La veta se presenta silicificada principalmente en los niveles inferiores, observándose escasamente cristales de cuarzo, que contienen en su interior pequeños cristales de pirita eudrales.

La mineralogía presente en orden de abundancia a nivel megascópico de una muestra de la veta "Santa Rita", tomada de la zona explotada por la compañía México-Canadiense sobre el nivel 2 es la siguiente:

MINERAL	ABUNDANCIA RELATIVA
1.- Pirita ( $\text{FeS}_2$ )	50%
2.- Jamesonita ( $\text{Pb}_4\text{FeSb}_6\text{S}_{14}$ )	30%
3.- Esfalerita ( $\text{ZnS}$ )	15%
4.- Galena ( $\text{PbS}$ )	1%
5.- Cuarzo ( $\text{SiO}_2$ )	1%
6.- Arsenopirita ( $\text{FeAsS}$ )	1%
7.- Calcopirita ( $\text{CuFeS}_2$ )	
8.- Estibnita ( $\text{Sb}_2\text{S}_3$ )	
9.- Calcita ( $\text{CaCO}_3$ )	
10.- Yeso ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ )	

variando este porcentaje a lo largo de las obras mineras, debido a una zonificación existente de la cual se hablara posteriormente.

De lo anterior se puede clasificar la veta en esa área, como una veta de sulfosales y sulfuros polimetálicos.

De un estudio mineralógico realizado por la CFM en 1985, en su laboratorio de México D.F., se determinó que la plata ocurre como argentita ( $\text{Ag}_2\text{S}$ ), la cual viene muy relacionada con la galena ( $\text{PbS}$ ).

#### IV.4.2.- ALTERACIONES HIDROTHERMALES

Se reconocen cuatro tipos de alteraciones hidrotermales que se efectuaron durante la etapa mineralizante, -- las cuales son:

- 1.- Dolomitización
- 2.- Piritización
- 3.- Silicificación
- 4.- Argilización

La dolomitización es la más extendida, ya que se observan delgados estratos de caliza reemplazados selectivamente dentro de la roca encajonante (Formación Caracol). Estos estratos varían de total a parcialmente dolomitizados a más de 50 m de la veta dentro de la roca encajonante. En el crucero 1200 este del nivel 2, se observa que debido a la presencia de vetillas y a que de los extremos de los estratos, o sea de los planos de estratificación hacia el centro, la dolomitización disminuye conforme se va alejando de la veta, hasta que al centro de los estratos se presentan lentes sanos de caliza y posteriormente caliza sana, lo cual implica que la dolomitización fue producto de alteración hidrotermal, con fluidos que posiblemente contenían una buena cantidad de magnesio dentro de su composición.

Un estudio de caracterización realizado en los laboratorios de México de la CFM en julio de 1985, determinó que el contenido de magnesio en la composición mineralógica era bajo, por lo que se puede pensar que existió una posible etapa rica en magnesio anterior a la etapa mineralizante económica. Esta etapa anterior es conocida como preparación de terreno (Bateman, 1979, págs. 111 a 115).

La piritización se presenta muy extendida dentro de los estratos de areniscas y en menor cantidad dentro de las lutitas, la pirita se encuentra ampliamente diseminada dentro de estas rocas y se presenta como pequeños cristales que van de subedrales a eudrales. Las dimensiones de dichos cristales son menores de 0.5 mm. Al parecer como en la dolomitización, los canales de transporte fueron pequeñas vetillas, así como los planos de estratificación, aunque aquí influyó también la porosidad propia de la roca (areniscas). Esta alteración se presenta en promedio has-



ta una distancia de 20 mm a partir de la veta hacia la roca encajonante, disminuyendo conforme se aleja de las paredes de la veta. De acuerdo a las relaciones mineralógicas y texturales, esta alteración está íntimamente relacionada con la etapa mineralizante compuesta de pirita, calcopirita, arsenopirita y cuarzo, la cual es por lo general la -- primera banda que entra en contacto con la roca encajonante.

En contraste, la silicificación se restringe a una zona mucho menor, siendo en promedio de 0.20 m a partir de las paredes de la veta hacia la roca encajonante. Se observa que esta zona de silicificación aumenta conforme aumenta la profundidad de la veta hacia los niveles inferiores, ya que la distancia de alteración hacia la roca encajonante aumenta y el contenido de cuarzo dentro de la veta también. En varios lugares la silicificación mantiene alguna relación con la piritización, ya que después de los 0.20 m, la silicificación pasa a formar vetillas dentro de fracturas producto de los esfuerzos compresivos, que corren transversalmente a los estratos, también los planos de estratificación se encuentran rellenos con cuarzo (80%) y dentro de éste se encuentra pirita (15% aproximadamente).-- El cuarzo se depositó principalmente en fracturas menores a los 10 mm después de pasar la zona de silicificación a partir de la veta. Esta alteración se realizó principalmente en las areniscas.

Existe una loma al Norte del tiro "Santa Rita" la -- cual se encuentra bastante silicificada, por medio de vetillas de no más de 2 cm de ancho, lo que parece ser un pequeño sistema de vetillas en enrejado (tipo stockwork).

La argilización se presenta sobre el dique paralelo

a la veta, el cual tiene una composición porfido riolítica (la composición del dique fue establecida por la compañía México-Canadiense, en una muestra de dique inalterado tomada en el nivel 9 de la mina). Dicho dique se presenta completamente alterado a partir del nivel 8 hacia arriba y entra en contacto con la mineralización en todas las obras dadas al oriente del tiro "Santa Rita". En dichas obras la mineralización siempre se mantiene en la pared del bajo del dique, aunque existen algunos hilos de mineralización que cruzan y cortan al dique en muchas áreas.

Las lutitas se presentan ligeramente foliadas en una área muy cercana a la veta, debido a los esfuerzos compresionales y dentro de éstas no se observa ningún tipo de reemplazamiento económico.

La zona de oxidación se extiende desde superficie hasta una profundidad aproximada de 40 metros en promedio, dicha zona presenta principalmente limonita, hematita, caolín, calcita, así como óxidos de plomo, zinc y antimonio.

#### IV.4.3.- PARAGENESIS

Existe un solo tipo de asociación mineralógica, la cual se presenta alternativamente en bandas que contienen una distinta proporción de minerales a todo lo largo y ancho de la veta, variando el porcentaje de minerales de una banda a otra, lo cual nos indica pulsaciones de la etapa de mineralización.

El orden de cristalización aparente, de acuerdo a relaciones textuales entre minerales a nivel megascópico es la siguiente:

Pirita ( $\text{FeS}_2$ )	_____
Calcopirita ( $\text{CuFeS}_2$ )	_____
Arsenopirita ( $\text{FeAsS}$ )	_____
Cuarzo ( $\text{SiO}_2$ )	_____
Esfalerita ( $\text{ZnS}$ )	_____
Galena ( $\text{PbS}$ )-Argentita ( $\text{Ag}_2\text{S}$ )	_____
Jamesonita ( $\text{Pb}_4\text{FeSb}_6\text{S}_{14}$ )	_____
Estibinita ( $\text{Sb}_2\text{S}_3$ )	_____
Calcita ( $\text{CaCO}_3$ )	_____

#### IV.4.4.- ZONIFICACION EN BASE A COCIENTES METALICOS

La zonificación encontrada a lo largo de todas las obras mineras indica un clavo mineral, cuyo comportamiento es principalmente vertical. Este clavo mineral en una forma general se puede dividir en dos zonas de acumulación de minerales, que da por resultado una acumulación rica en plata hacia la parte poniente del tiro "Santa Rita" y una acumulación rica en los otros elementos hacia la parte oriente de dicho tiro. Estas zonas se presentan a grosso modo del tiro "Santa Rita" a 150 metros al oriente y al poniente. La zona rica en plata fué explotada desde la época de la colonia hasta principios de éste siglo, como lo manifiesta la localización de los antiguos rebajes (como se muestran en la sección longitudinal de la mina). La zona rica en zinc, plomo y antimonio con valores de plata, fue trabajada por la compañía México-Canadiense, con el fin de extraer principalmente antimonio, como lo demuestra la planta de Lixiviación y Electrólisis de la unidad. La zona rica en plata debió de ser muy importante en su época

ya que en el área se encuentran dos antiguas chimeneas para fundición.

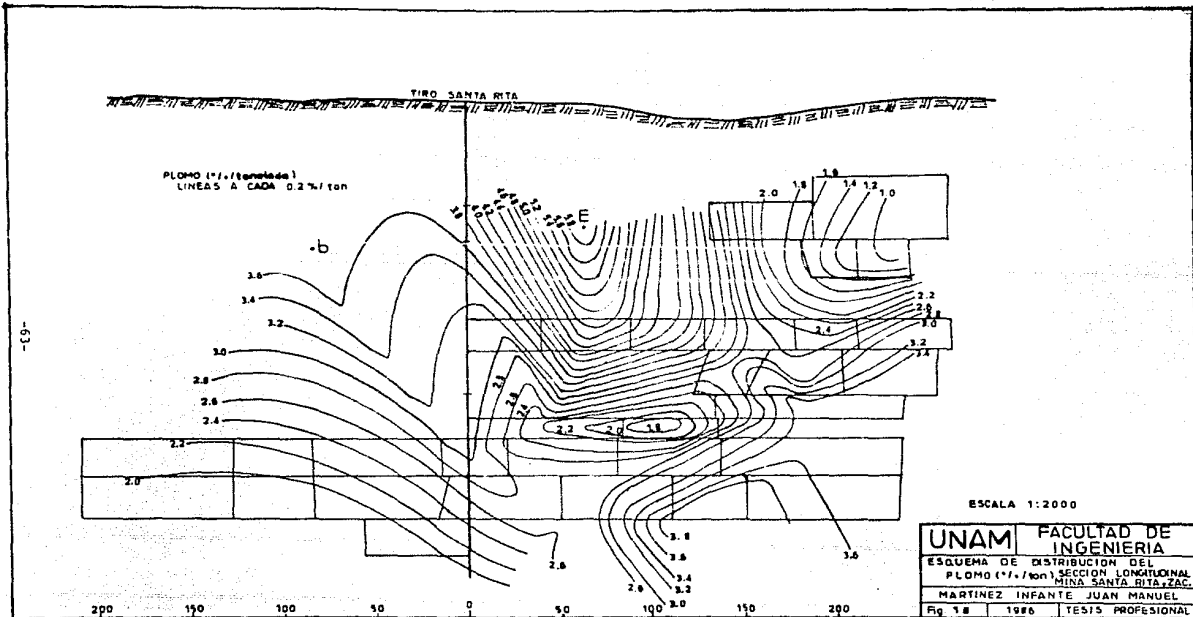
Esta zonificación se puede observar muy claramente - en las figuras 17 a 25 las cuales muestran una fuerte acumulación de plata, conforme se va profundizando en el área - del tiro "Santa Rita", a la vez que existe una fuerte disminución en valores de antimonio en esa misma zona, lo - - cual indica que esta área pudiera ser por donde ascendieron los fluidos mineralizantes, los cuales se fueron depositando conforme las condiciones de presión, temperatura y en general las condiciones físico químicas del fluido cambiaban al ir éste ascendiendo (de acuerdo con los modelos propuestos por Petersen, 1977, 1984., Barnes H.L. 1979, Ba<sup>u</sup>teman, A. M. 1979, Parck, Ch. F., 1975).

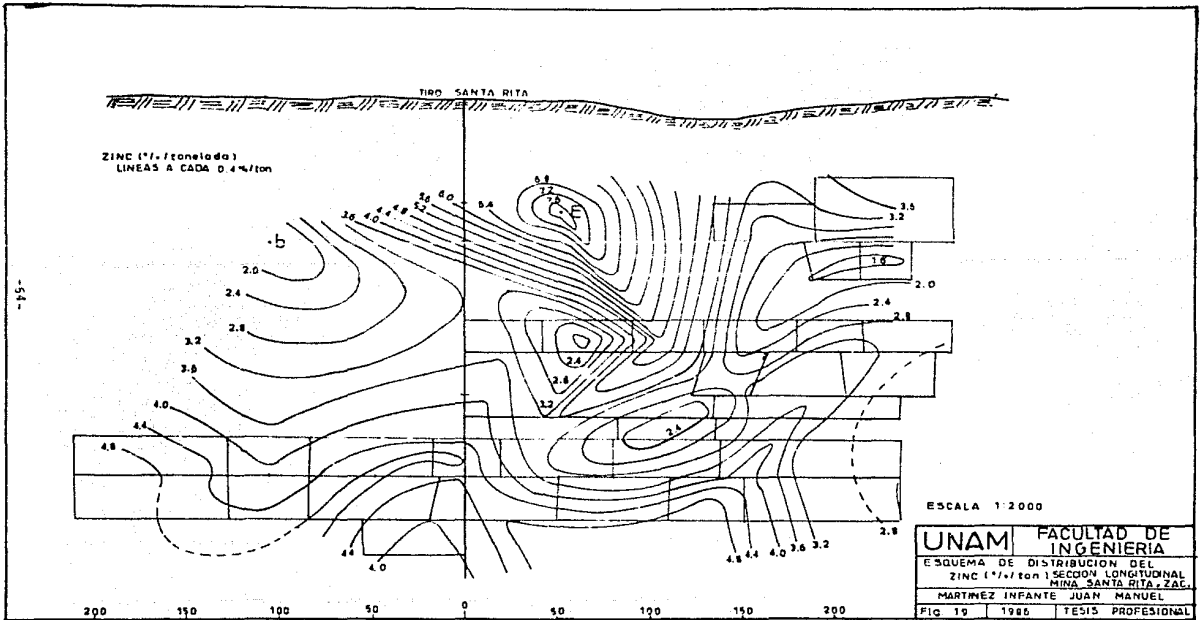
Una zonificación de zinc, plomo y antimonio a partir de una fuente de origen hacia los extremos, de acuerdo a - los cambios mineralógicos presentes, es establecida por -- varios autores (Parck, Ch. F., 1975 págs. 159-173). En -- donde también se atribuye el orden de depositación desde - una posible fuente de origen en un plutón, hacia los extre<sup>u</sup>mos, debido a la disminución de presión, temperatura, sal<sup>i</sup>inidad, reacciones con la roca encajonante, etc., de acuerdo a como el fluido cambiaba sus condiciones físico-químicas al ir ascendiendo y entrar en contacto con las paredes de la roca encajonante y con aguas meteóricas y/o cognatadas.

Para establecer las condiciones físico-químicas del yacimiento sería necesario que se hicieran los siguientes estudios:

1.- Oclusiones fluidas que darían datos sobre temperatura de formación, presión, salinidad y fases o estados-



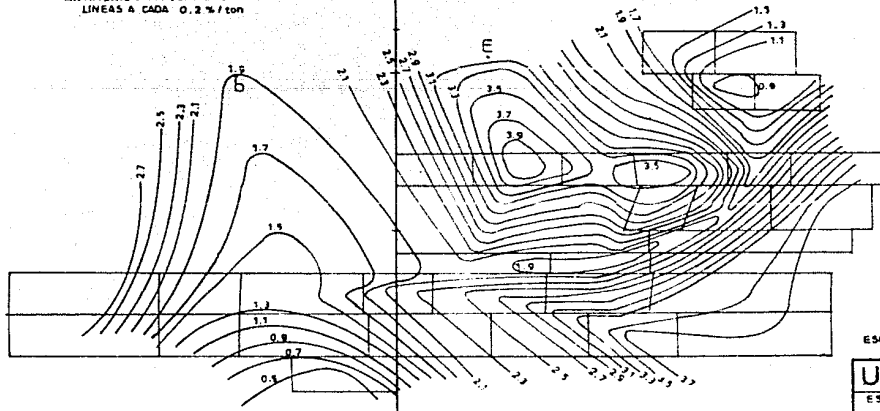




-54-

TIRO SANTA RITA

ANTIMONIO (%/tonelada)  
LINEAS A CADA 0.2 %/ton



-59-

ESCALA 1:2000

SECCION LONGITUDINAL

UNAM	FACULTAD DE INGENIERIA
	ESQUEMA DE DISTRIBUCION DEL ANTIMONIO (%/tonelada) MINA SANTA MARTINEZ INFANTE JUAN MANUEL
Fig 20	1986 TESIS PROFESIONAL

200

150

100

50

0

50

100

150

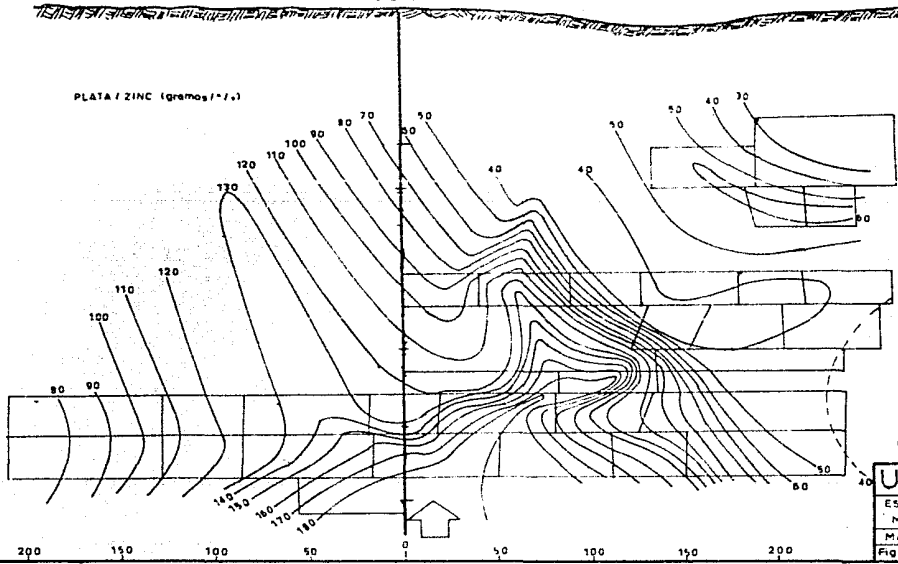
200



TIRO SANTA RITA

PLATA / ZINC (gramos / %) :

-55-



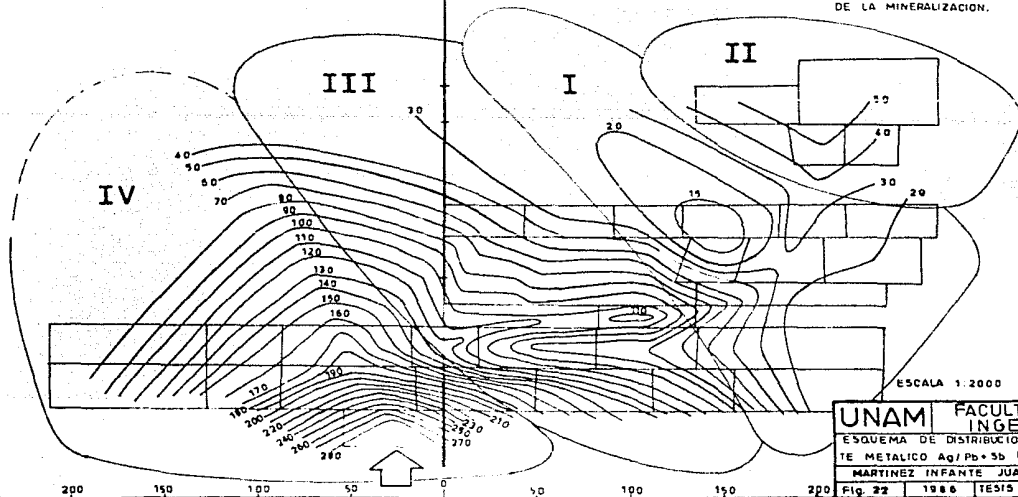
ESCALA 1 2000

UNAM	FACULTAD DE INGENIERIA
ESQUEMA DE DISTRIBUCION DEL COCIENTE METALICO Ag / Zn (gr / unidad de %)	
MARTINEZ INFANTE JUAN MANUEL	
Fig. 21	1986 TESIS PROFESIONAL

TIRO SANTA RITA.

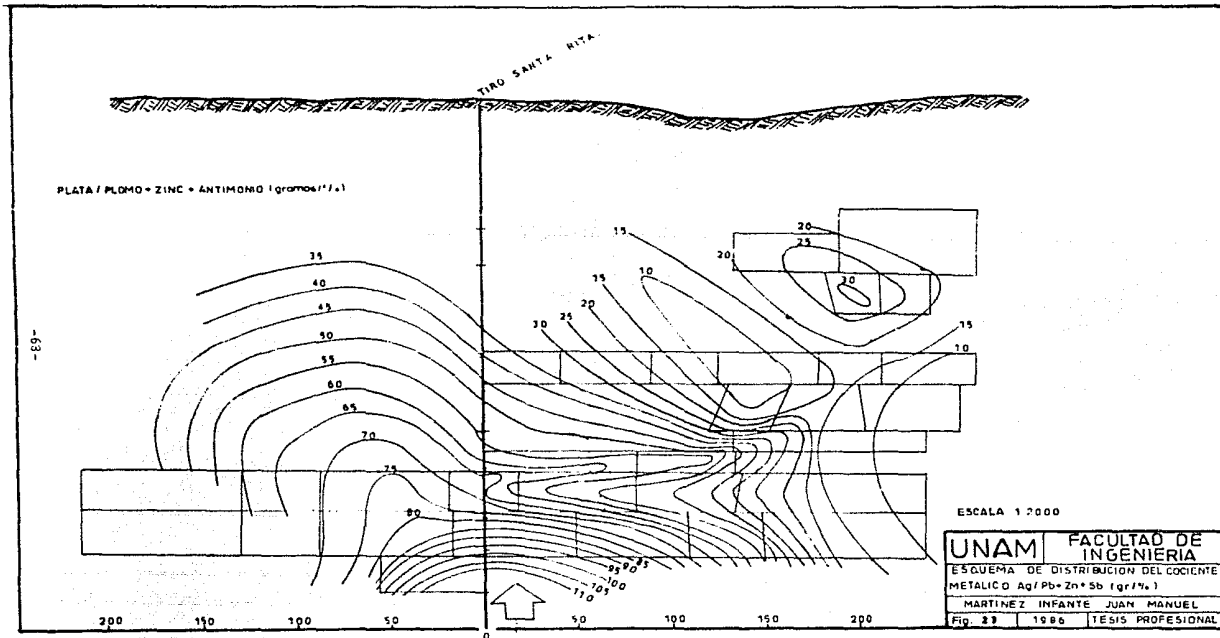
PLATA / PLOMO + ANTIMONIO (gramos/%)

SECTORES I, II, III Y IV, OBTENIDOS DE LA GRÁFICA 14, INDICANDO LA TENDENCIA DE LA MINERALIZACIÓN.



UNAM FACULTAD DE INGENIERIA  
ESQUEMA DE DISTRIBUCION DEL COCEN  
TE METALICO Ag/Pb+Sn (G/%)  
MARTINEZ INFANTE JUAN MANUEL  
Fig. 22 1986 TESIS PROFESIONAL

-67-



-53-

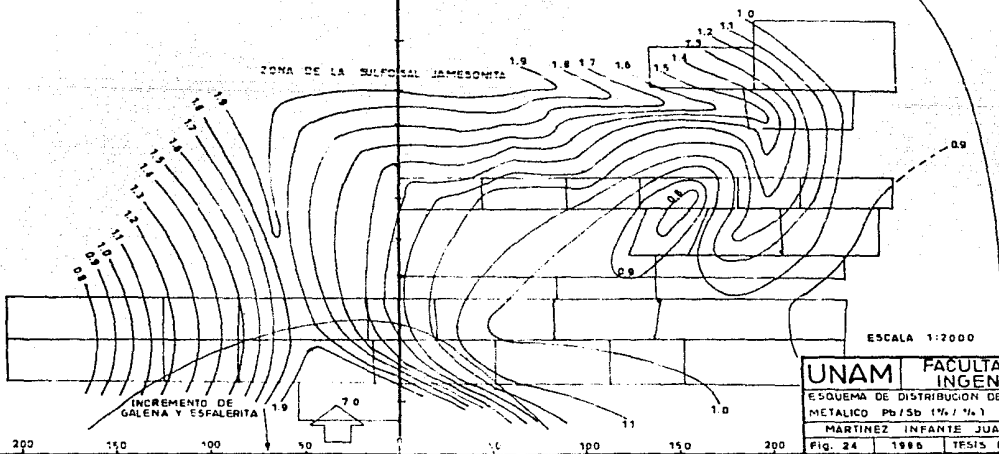
TIRO SANTA RITA.

PLOMO / ANTIMONIO (1.0 / 1.0)

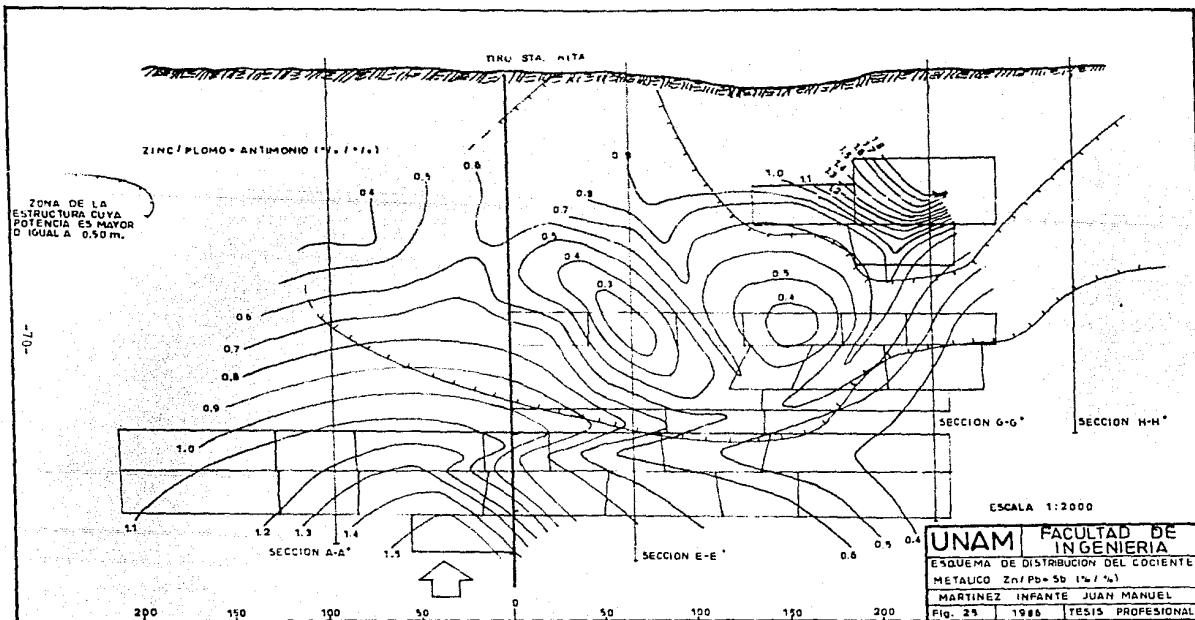
INCREMENTO DE ESTIBITA

ZONA DE LA SULFOCAL JAMESONITA

-59-



<b>UNAM</b>		<b>FACULTAD DE INGENIERIA</b>	
ESQUEMA DE DISTRIBUCION DEL COCIENTE METALICO Pb/Sb (1.0 / 1.0)			
MARTINEZ INFANTE JUAN MANUEL			
FIG. 24	1986	TESIS PROFESIONAL	



presentes (sólido, líquido y/o vapor) durante la etapa mineralizante, ya que son muy importantes para establecer algunos modelos matemáticos en los cuales se puedan introducir dichas variables para este yacimiento y así poder simular en base a estos modelos hasta donde se puede encontrar mineralización económica, para utilizarse en la exploración del propio yacimiento y yacimientos parecidos a éste.

2.- Estudios isotópicos que indicarían el tipo o los tipos de agua involucrada en la formación del yacimiento (aguas magmáticas, meteóricas, marinas y cognatadas). - Esto ayudaría a comprender mejor como influyeron en la depositación de minerales. Los cuales servirían para completar los datos anteriores y comprender mejor la génesis del yacimiento.

Hay que hacer notar que los valores obtenidos en cada bloque de la mina "Santa Rita" son relativos para un muestreo estrictamente estadístico, ya que los bloques son de tamaño irregular, lo que corresponde en estadística a una población no homogénea, pero como el objetivo es principalmente el de hacer un levantamiento de orientación, a esta población se le puede considerar relativamente representativa de la tendencia de los elementos en la mina. En segundo lugar el valor obtenido para cada elemento, es el promediado entre la veta y el tepetate generalmente, por lo cual los valores presentados en los esquemas de distribución de elementos, nos indican los cuerpos más importantes, ya sea por anomalías estructurales (potencia mayor de la veta), o por un incremento en leyes de los elementos. - Mientras que los cocientes metálicos nos indican, junto con los cambios mineralógicos, cual es la tendencia de la mineralización de los elementos económicos, unicamente por

incremento o decremento en leyes, de lo cual se ve muy interesante la combinación de los valores de los elementos con los cocientes metálicos en gráficas, a fin de observar que relación guardan entre sí, ya que se observa que la zona rica en Zn, Pb y Sb se debe únicamente al incremento en potencia de la veta. A continuación se presentan dichas gráficas en las cuales se escogieron los bloques con el número 9, para trazar una línea de comportamiento de los elementos a una misma elevación, con el fin de resaltar la zona de mayor incremento o decremento de valores sobre un mismo nivel (nivel 8), ya que este es el más largo de toda la mina.

En las gráficas 1 a 5 observamos el comportamiento de los elementos Pb, Zn y Sb, y los cocientes metálicos Zn/Pb y Zn/Sb contra el cociente Pb/Sb. De estas gráficas podemos observar que el antimonio comienza a depositarse aproximadamente a partir del nivel 9-2A en adelante (gráfica 2), indicando una proporción promedio de plomo y antimonio para el yacimiento de  $Pb/Sb = 1.13$ . Observando la proporción entre plomo y antimonio para la jamesonita - - - ( $Pb_4FeSb_5S_{14}$ ) que varía entre 0.85 (del peso atómico de los elementos en la fórmula de la jamesonita) y 1.13 de análisis químicos para varias muestras de jamesonita, (Dana, 1981) de donde podemos darnos cuenta que la jamesonita es el principal mineral con el que se depositó el antimonio en éste yacimiento. Esta gráfica indica aproximadamente a partir de donde comienza a precipitarse la sulfosal.

En la figura 4 se muestra cual es la trayectoria probable principal de la mineralización. En la gráfica 4 podemos observar como la proporción Zn/Pb en el nivel 9-2A y 9-2 se mantiene constante en un 2% por más que disminuya

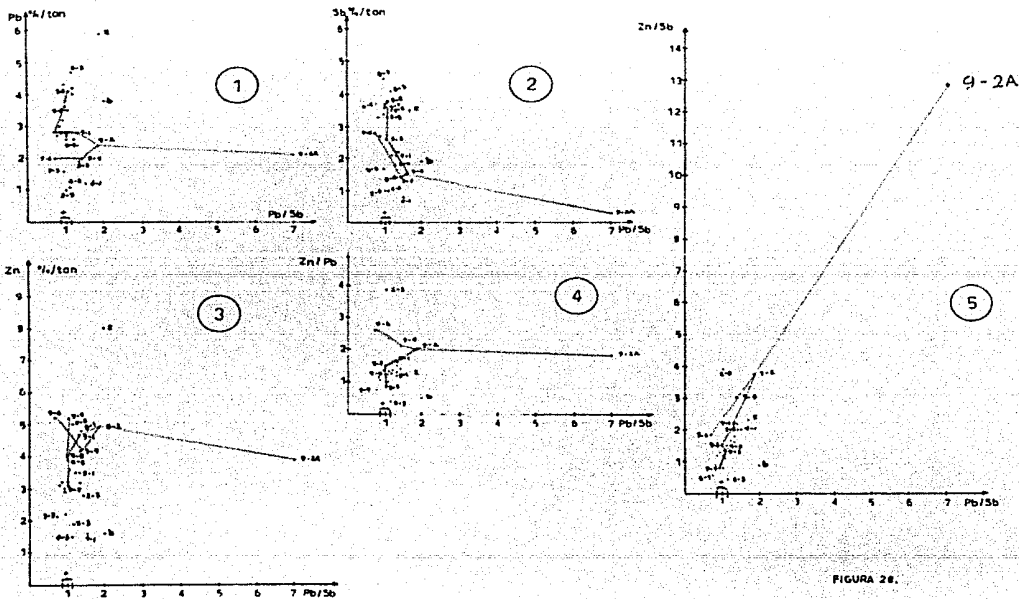


FIGURA 26.

173

• ZONA DE VARIACION DE LA RELACION Pb/Sb DE 0.85 a 1.13 EN LA JAMESONITA SEGUN BIBLIOGRAFIA

J.M. MARTINEZ INFANTE, 1980



el antimonio (y la proporción Pb/Sb aumente), lo que nos indica en cierta forma que los principales valores de Ag deben venir acarreados con sulfuros simples (galena).

En general todas estas gráficas nos muestran una tendencia de la mineralización del sector inferior izquierdo (bloques 9-6, 9-4, 9-2, 9-2A, 9-1) hacia la superficie y sector derecho de las obras, de la siguiente forma:

PLATA ..... Disminuye  
PLOMO ..... Disminuye como galena, pero aumenta como jamesonita.  
ZINC ..... Disminuye como esfalerita  
ANTIMONIO... Aumenta como jamesonita principalmente

Las gráficas 6 a 10 nos muestran la relación entre plata, plomo, zinc, antimonio y el cociente Zn/Sb contra el cociente metálico Zn/Pb, indicándonos la misma tendencia mostrada en las gráficas anteriores. De éstas gráficas vemos como el antimonio viene de un valor mínimo en el block 9-2A y aumenta progresivamente hacia los demás bloques, disminuyendo ligeramente en el sector de los bloques 2-3, 2-5, 4-1, 4-3. Mientras que la plata muestra un valor máximo sobre el block 9-1, disminuyendo progresivamente hacia los demás bloques, lo cual nos indica una caída drástica en los valores de plata cuando aparecen los valores de antimonio y se comienza a precipitar la sulfosal jamesonita (según la mineralogía presente en la veta, ya que se observó una disminución de la jamesonita en los bloques centrales del nivel 8).

En estas gráficas también se puede observar que el block 2-5 se presenta como un valor anómalo, lo cual nos indica un aumento en el cociente Zn/Pb, lo que nos hace pensar en un incremento en valores hacia el sector "Guada-

lupe-San Antonio", como lo evidencia los terreros de los tiros anteriores (ver subcapítulo IV.5.2).

Las gráficas 11 a 14 nos muestran la tendencia del cuerpo de plata, en las cuales se han agrupado los bloques ubicados en sectores I, II, III y IV (figura 22), conforme aumentan los valores tanto de la abscisa ( $Ag$  y  $Ag/Zn$ ), así como de la ordenada ( $Ag/Pb$ ,  $Ag/Zn$  y  $Ag/Pb+Zn+Sb$ ).

En estas gráficas podemos observar claramente cual es la tendencia al crecimiento de la plata, la cual muestra un crecimiento en valores hacia el sector de los bloques 9-6, 9-4, 9-2, 9-2A, y 9-1, por lo que sería conveniente profundizar el tiro "Santa Rita" y colar los niveles 10 y 11, así como prolongar el nivel 9 hacia el sector izquierdo con el fin de explorar toda esa zona. En estas gráficas también se puede observar que los bloques 2-3, 2-5, 4-1 y 4-3 se presentan con valores bajos en plata pero anormales en los cocientes  $Ag/Pb$  y  $Ag/Pb+Zn+Sb$ , lo cual nos indica una reactivación de la mineralización, haciendo posible un incremento en leyes hacia el sector "Guadalupe-San Antonio", como lo evidencian sus terreros.

Los cambios mineralógicos no son muy claros, debido a que existe crustificación de unos minerales sobre otros, lo que dificulta grandemente la separación de una zona de minerales de otra, aunque estos cambios mineralógicos se reflejan principalmente en la disminución de la sulfosal jamesonita a profundidad, incrementándose el contenido de galena y esfalerita, por el área probable de la entrada de mineralización, o sea por donde el cociente metálico  $Pb/Sb$  aumenta. En contraste se observó que hacia donde el cociente  $Pb/Sb$  disminuye, existe un aumento de estibinita (figura 24).

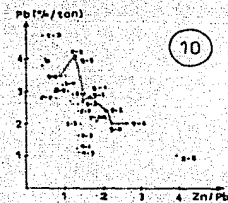
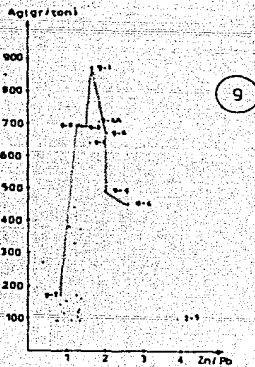
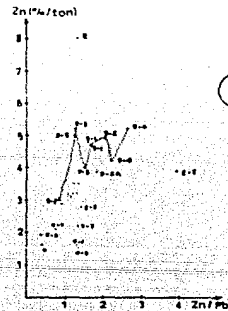
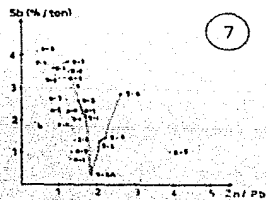
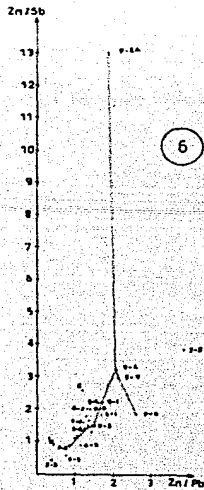


FIGURA 29.

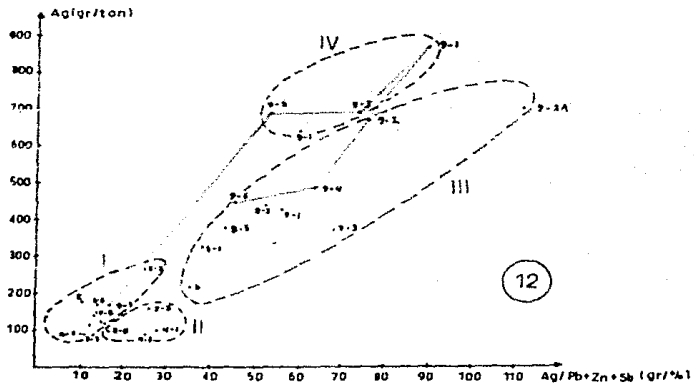
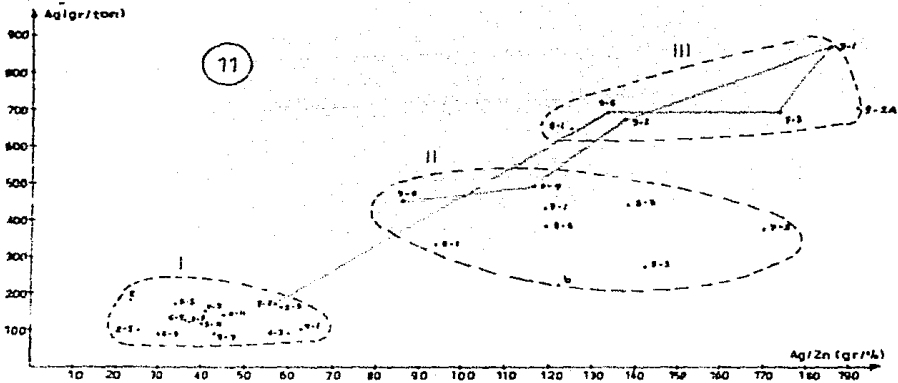


FIGURA 10

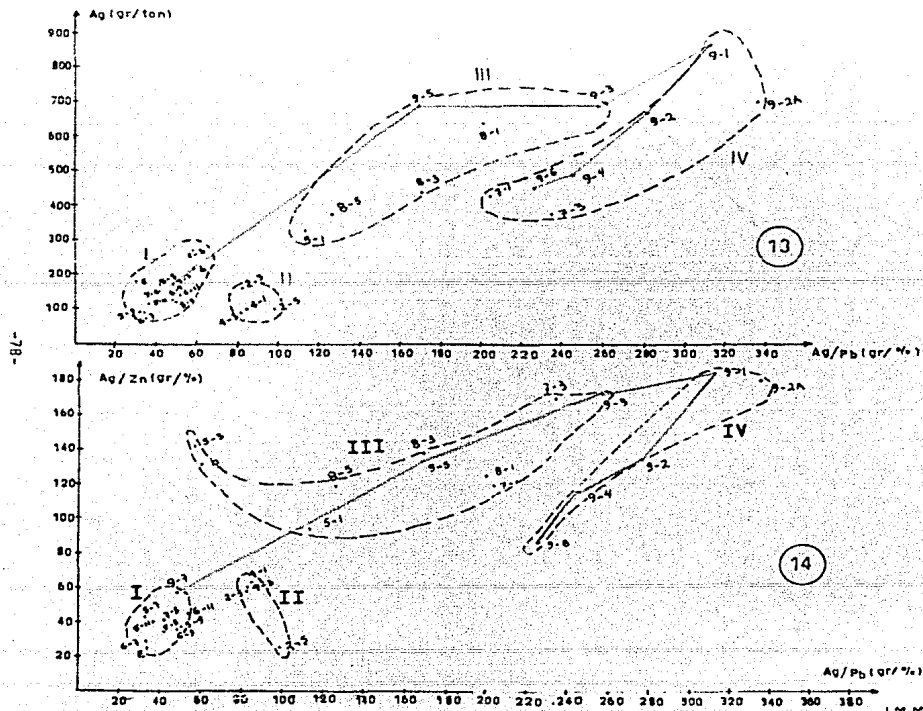
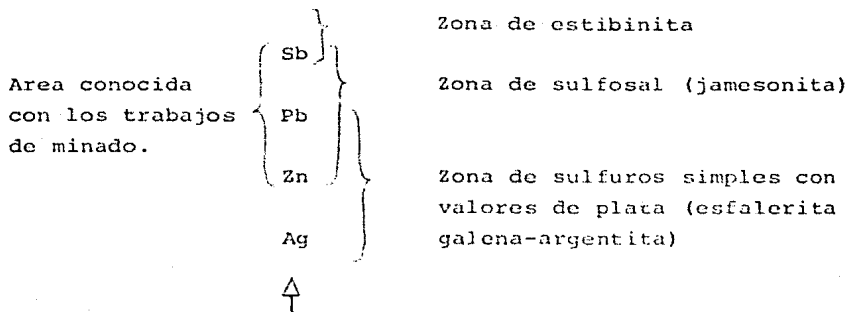


FIGURA 31

En base a los datos encontrados con los esquemas de cocientes metálicos correspondientes a las figuras 21 a - 25, y de las gráficas 1 a 14, así como a la distribución mineralógica anterior, se propone el siguiente modelo de zonificación:



Fuente de la  
mineralización.

Algunas zonas se presentan burdamente en la figura 24

#### IV.5.- CONTROLES DE LA MINERALIZACION

Se necesita conocer una mayor cantidad de datos para tratar de comprender más claramente cuales fueron los controles precisos que gobernaron el orden y cantidad de minerales a ser depositados, mediante estudios más elaborados como son oclusiones fluidas, isotópicos, etc, puesto que como varios investigadores opinan, lo que regula el orden de depositación de los minerales son los cambios de presión, temperatura, pH de la solución, relaciones entre aguas magmáticas y meteóricas, reacciones de la solución con la roca encajonante, grado de porosidad de las rocas, etc, y en general todos los cambios físico-químicos que sufre el fluido y el medio que lo rodea.

Investigadores como el Dr. Ulrich Petersen de la Universidad de Harvard, M. Clarke de la Universidad de Tucson y otros, han hecho estudios en los cuales relacionan los cocientes metálicos con algunos parámetros físico-químicos de algunos yacimientos estudiados por ellos, con los cuales establecen a grosso modo un modelo que ayuda a predecir la tendencia de la mineralización en los yacimientos. Por ejemplo relacionan la temperatura, presión, salinidad, valores isotópicos etc, con las zonas en donde existen clavos minerales y áreas estériles, con el fin de establecer como cada parámetro afectó el orden y cantidad de minerales y/o elementos depositados en un sistema tridimensional logrando establecer algunos modelos particulares en yacimientos estudiados por ellos (Birnie, U. Petersen, Ishiung Wu, R.J. Kamilli, H. Ohmoto, D.C. Noble, M.J. Arenas y P.-C. Goodell., 1977, E.G.).

Debido al desconocimiento de los datos anteriores, -

solo se mencionarán los controles tradicionales apoyados - con los estudios de cocientes metálicos, los cuales son:

Guías mineralógicas (alteraciones, productos de oxidación y mineralización).

Guías estructurales (fallas, fracturas, contactos, - pliegues).

Guías litológicas

#### IV.5.1.- GUIAS MINERALOGICAS

La expresión superficial de la veta "Santa Rita" - presenta tonos contrastantes con respecto a las rocas encajonantes (areniscas y lutitas con lentes de caliza), debido a su coloración roja, café y amarilla producto de óxidos de hierro, zinc y antimonio principalmente. Esta coloración contrasta fuertemente con los colores gris, gris -- verdoso y blanco, presentes en la roca encajonante, debido a la coloración propia de la roca y a la presencia de alteración hidrotermal como la silicificación y la dolomitización. las cuales no son muy amplias en superficie.

Este tipo de coloración es fácilmente reconocible -- por una distancia de 300 metros aproximadamente, que abarcaría del área del tiro "San Francisco" a la zona de los trabajos "Sevillegas" (plano geológico-topográfico superficial), teniendo un ancho aproximado de 2 metros en promedio a cada lado de la veta. Más alla del tiro "San Francisco" al poniente, por donde se puede seguir la estructura, esta coloración disminuye grandemente hasta casi desaparecer, donde la mineralogía de la veta cambia a cuarzo y calcita y la potencia de la veta disminuye al grado de casi desaparecer dentro de la roca encajonante, como se --



muestra en el plano superficial. Esta coloración tan contrastante es la más llamativa en el área de estudio, ya -- que las demás vetas y vetillas que se desprenden de la -- principal son muy angostas y tienen un porcentaje muy alto de calcita en su composición. Esta calcita se presenta en colores blanco, gris y café, con un bajo contenido de - -- otros elementos, principalmente hierro y en menor propor-- ción plomo, zinc y antimonio.

Las vetas de calcita fueron exploradas anteriormente por gambusinos y compañías formales, pero no se encontra-- ron datos archivados. A lo largo de estas se presentan pe queños pozos y túneles de no más de 10 metros en promedio, aunque existe un antiguo pozo de más de 40 metros de pro-- fundidad al poniente del tiro "San Francisco", sobre uno - de estos desprendimientos, en el cual se realizaron algu-- nos muestreos obteniéndose los siguientes resultados:

Potencia	Ag (gr./ton.)	Pb (%)	Zn (%)	Sb (%)
promedio				

0.20	70	0.8	0.5	0.7
------	----	-----	-----	-----

de lo que se observa que no tienen importancia económica.

Un apoyo a las guías mineralógicas para conocer su - tendencia es el uso de cocientes metálicos. Datos que se encontraron con el muestreo a todo lo largo y ancho de las obras, permiten que estos cocientes den una idea más con-- creta sobre la distribución de los minerales y sus elemen-- tos, como se observa en las figuras de distribución de ele-- mentos y de cocientes metálicos, tratados en el tema de -- zonificación.

Estos esquemas de distribución son un resumen de más de 5000 muestras tomadas por la compañía México-Canadiense y más de 500 muestras tomadas por la C.F.M. De las 500 --

muestras tomadas, se realizaron varios muestreos sistemáticos para cubicar reservas y comparar datos con los muestreos realizados por la compañía anterior, encontrándose valores muy aproximados. Estos análisis se tienen que hacer necesariamente durante toda la etapa de explotación, para cubicar y determinar bloques económicamente explotables, por lo cual no implican un gasto extra en investigación.

Estos datos se resumen estadísticamente por bloques, en donde se obtienen valores ponderados, sobre los cuales se trazan curvas de isovalores de elementos, por medio de interpolaciones, con lo cual se llega a los resultados observados en los esquemas de distribución y de cocientes metálicos.

En general estas relaciones combinadas con estudios más detallados (citados en el punto IV.4.4), indicarían en buena medida como actúan los cambios físico-químicos en el orden de depositación y cantidad de los minerales (con sus elementos). Por ejemplo donde existen cocientes altos de Pb/Sb, la sulfosal jamesonita disminuye y se incrementan la galena y la esfalerita, mientras que en los cocientes bajos se incrementa el contenido de la estibinita, ayudándonos así estos cocientes a establecer cual es la tendencia mineralógica.

Casi no existen reacciones entre la roca encajonante y el evento mineralizante económico (reemplazamiento), aun que la roca presenta sobre sus paredes alteraciones tales como la silicificación, dolomitización y piritización, que al parecer actuaron fuertemente dentro de las primeras etapas de formación del yacimiento hidrotermal. Tales alteraciones actuaron disminuyendo en gran medida la porosidad -

propia de la roca encajonante, por lo cual cuando se realizó el evento mineralizante económico, éste no ocasionó importantes reemplazamientos, disminuyendo en gran medida - las reacciones químicas roca-solución mineral. De acuerdo a esto se puede pensar que los principales controles de la mineralización deben de ser para el yacimiento los cambios de presión y temperatura, junto con la mezcla o choque de las aguas meteóricas y/o coynatadas con las magmáticas, en vez de la reacción de la salmuera con la roca encajonante. Esto no significa que estas condiciones se mantengan a profundidad, ya que de acuerdo a estudios hechos por investigadores en otros yacimientos de ambiente más profundo, se ha notado que existen cambios en el pH de una solución sin que intervengan factores determinantes externos, por lo -- conforme se van depositando ciertos minerales, va cambiando el pH de la solución.

De lo anterior se puede ver que tanto la expresión - superficial del afloramiento de la veta, así como de las - manchas o coloraciones producto de alteración y oxidación, se limitan a un rango muy pequeño a lo ancho de la veta, - por lo que no se pueden usar como guía a nivel regional, - más bien siendo colocadas a un nivel muy local, tanto como buscar la propia estructura en sí, por lo que la explora-- ción superficial se debe de hacer por medio de levantamien-- tos geoquímicos de los elementos más móviles como el arsénico y el antimonio.

Por lo que respecta a la mineralización dentro de la mina a lo largo de la estructura, existe un clavo mineral-- bien delimitado tanto en leyes como estructuralmente, de - lo cual se puede pensar que estructuras localizadas en -- áreas cercanas puedan tener el mismo comportamiento, de lo

que se desprende que una guía importante sería un muestreo sistemático superficial sobre la veta (una vez que esta ya ha sido localizada), para tratar de determinar la zona más favorable.

Para la mina se recomienda seguir como guías las zonas en donde se acumulan los cocientes altos de plata y -- zinc, ya que parece ser que es por donde ascendían los -- fluidos mineralizantes, a partir de lo que se ha podido -- ver en los esquemas de distribución y de cocientes metálicos, ya que los valores de plata y zinc tienen la tendencia a aumentar a profundidad, mientras que los de antimonio a disminuir.

#### IV.5.2.- GUIAS ESTRUCTURALES

Las fallas que tienen un rumbo de N60°E a E franco - (paralelas a los ejes de anticlinales y sinclinales), pertenecientes a una primera fase de deformación tectónica de edad Laramídica se presentan como fallas inversas de rechazo pequeño, las cuales se encuentran rellenas de calcita de color café rojizo y gris oscuro con valores de hierro, zinc, plomo, antimonio y plata, las que no llegan a ser -- económicamente explotables, según los análisis obtenidos -- de muestras tomadas en dichas estructuras.

Las fallas que presentan un rumbo de N30°E a N50°E, pertenecen a una segunda fase de deformación, la cual se -- puede deber a un reacondamamiento de las capas, estas cor-- tan y deforman a las estructuras de la primera, como es el caso de la falla "Santa Rita", la cual corta y deforma estructuras antecedentes (anticlinales, sinclinales, fallas, fracturas, etc), que muestran su deformación en dirección-

del movimiento de la falla (falla inversa de movimiento horizontal dextral). Este tipo de fallas son las que tienen mayor probabilidad de contener mineralización económica a un nivel regional, esto es porque la veta "Santa Rita" y la veta "San Gregorio" (localizada a 3 km al Norte de la unidad) presentan mineralización económica con dicho rumbo.

Las fallas que presentan un rumbo general N45°W son de una etapa final de deformación, que correspondería a la etapa de relajamiento o liberación de esfuerzos, ya que se presentan como fallas normales de desplazamiento pequeño, las cuales son paralelas a las grandes estructuras reconocidas de dicha fase a un nivel regional (Tafrogénesis, V.-M. De la Garza, 1976. Plano Geológico de Zacatecas). Su mineralogía consiste principalmente de calcita de color gris a blanco y limonita, se localizan al NE de área de estudio (ver plano general geológico topográfico de la unidad), y no tienen valor económico.

Como un complemento para entender las guías estructurales en la mina, los cocientes metálicos sirven como herramienta pues relacionan proporciones entre elementos y éstas proporciones son independientes de la potencia de la estructura. Estas proporciones no varían conforme se aplica que el porcentaje de dilución para la cubicación de bloques ya que la proporción entre elementos se mantiene constante, por lo cual los cocientes son una herramienta muy valiosa para entender yacimientos parecidos a éste. Por ejemplo si una estructura se engrosa o adelgaza, pero mantiene la proporción entre elementos constante, es decir, si estos ensanchamientos o adelgazamientos no cambian o afectan las condiciones de presión y temperatura, o sea algunas de las variables de las que dependería la depositación de los mi-

nerales, entonces dicha proporción entre elementos se debe de mantener constante ya que estos cambios estructurales a nivel local no gobernarían el orden ni la cantidad de minerales a ser depositados, por lo cual el fluido ascendente-los debería de ir precipitando en una forma más o menos -- homogénea tanto en lugares estrechos como amplios.

Ahora bien, si estos cambios estructurales gobiernan en alguna forma el tipo de minerales a ser precipitados de una solución, esto se reflejaría claramente en los esquemas de distribución y de relaciones entre metales, ya que harían corresponder los valores anómalos con estas zonas.

De acuerdo a lo anterior se puede observar lo siguiente: A partir de una posible trayectoria principal de los fluidos mineralizantes, como se indica en los esquemas del capítulo de zonificación y fig. 4, hacia los extremos los minerales se depositaron gradualmente de acuerdo a la "pérdida de presión y temperatura", conforme se desplazaban sobre dicha trayectoria, hasta llegar a la zona de la estructura ancha donde la presión probablemente disminuyó más rápidamente.

Por ejemplo en el esquema de distribución del zinc - se puede ver que en los niveles inferiores, del nivel 7 al nivel 9, existe una buena acumulación en valores de zinc - (5% por tonelada) cuando el espesor de la veta es de 0.40-metros en promedio. En dicho esquema se ve como en esa -- área los valores fueron disminuyendo en una forma aproximadamente constante conforme el fluido ascendía por la estructura.

Ahora bien, del tiro hacia la parte oriente, hasta - el paralelo 150 según sección longitudinal y del nivel 6 - hacia arriba, se presentó el cuerpo más importante de zinc

(8% por tonelada en promedio), este cuerpo se emplazó sobre una flexión de la estructura, como se muestra en las figuras 6 a 11, en donde el ancho promedio fue de 0.80 metros, con un ancho excepcional de 3 metros en el rebaje -- 1110 del nivel uno. En esta misma estructura también se acumularon los principales cuerpos de plomo y antimonio, más no de plata, esto según los esquemas de distribución de dichos elementos. Estos valores son los más altos de acuerdo a bloques, pero bajos en valores de elementos para la veta en sí, ya que en el nivel 3 existe un 25% de zinc en promedio para la veta exclusivamente, pero con una potencia de 0.20 m., mientras que en esta zona (estructura flexionada) el valor del zinc es de 8% en promedio, pero con 1 metro de potencia, por lo que se considera como un clavo estructural (figuras 9, 12, 13 y 25). Y para el cuerpo de plata los valores altos se encuentran localizados en las partes bajas y delgadas, disminuyendo rápidamente sus valores conforme se asciende, teniendo una caída más drástica al entrar a la zona de la estructura flexionada (figuras 17, 21, 22, 23 y gráficas 9 a 14).

#### GUIA LITOLOGICA

Dentro del comportamiento estructural de la veta-falla "Santa Rita", el control litológico juega un papel muy importante, ya que de acuerdo al tipo de roca por la que atraviesa la estructura esta sufre cambios notorios en el rumbo y echado de la misma, sufriendo desde inflexiones y ramaleos, hasta adelgazamientos, llegando a formar en algunas partes estructuras en enrejado ("tipo stockwork"), como se puede observar en la loma situada a 190 metros al --

Norte del tiro "Santa Rita", así como de algunas observaciones hechas en interior mina.

Como se puede ver en la figura 4 sección Z-Z', existe un paquete de considerable espesor (80 metros aproximadamente), formado por lutitas con lentes delgadas de caliza ocasionales, el cual al parecer fue muy deformable, ya que la falla al pasar por el paquete sufre adelgazamientos y ramaleos, como se puede observar en todos los niveles dados al oriente del tiro que entran en contacto con este paquete de lutitas. Estas secciones se realizaron tomando algunos datos geológicos en superficie apoyándose en el plano geológico topográfico superficial de la unidad, así como de algunas observaciones hechas en el interior de la mina, faltando un control litológico más estricto en mina, para determinar exactamente por donde pasan los contactos, sin embargo el levantamiento se puede considerar válido a un nivel general, por lo que se recomienda para un trabajo posterior, correlacionar toda la geología de superficie -- con la del interior de la mina, tanto en la tabla del alto como en la del bajo a un nivel más detallado, ya que como se puede ver en las secciones existe un completo control estructural a partir de la litología existente.

Para ejemplificar todo lo anterior, en la figura 25 se han vaciado una serie de datos sobre el comportamiento estructural de la veta "Santa Rita", con el fin de explicar el aumento en la proporción zinc/plomo + antimonio, lo calizado en la parte superior derecha de la mina. En la figura se presenta el contorno de un cuerpo estructural debido al movimiento de la falla, cuyo espesor es mayor o igual a 0.5 metros. Dicho contorno está sobre las líneas de isovalor del cociente metálico y se obtuvo de las sec--



ciones transversales realizadas a todo lo largo de las -- obras mineras (ver figuras 9, 12 y 13). En la figura 25 - se puede ver como en la parte inferior izquierda, la disminución del cociente metálico se produce en una forma más - ó menos homogénea hacia la parte superior, hasta llegar a - un mínimo localizado aproximadamente a la mitad de dicho - cuerpo, para posteriormente volver a incrementar el cociente en la parte superior derecha. Este incremento se puede deber a una reactivación de la mineralización debido a el - cambio estructural que sufre la veta al entrar a una zona - de cizalla, o sea de una zona ancha a una zona estrecha -- (ver figuras 12 y 14).

La factibilidad de esto también se puede sustentar - debido a que en el sector "Guadalupe-San Antonio", en donde existe una estructura ancha (ver figura 13), los ensayos de los terreros de los tiros anteriores, indican un incremento importante en los valores de plata.

#### IV.6.- HIPOTESIS GENETICA

Este yacimiento se puede clasificar como un yacimiento hidrotermal de relleno de cavidades. El arreglo mineralógico presentado en el tema de zonificación, indica una - drástica caída en los valores de antimonio a profundidad, - así como un incremento considerable en los valores de zinc y plata en un rango muy pequeño de distancia (300 metros), por lo que junto con las características mineralógicas y - texturales, se le puede considerar como un yacimiento epitermal de baja presión y temperatura, en donde se emplazaron sulfosales y sulfuros polimetálicos.

Por lo tanto el yacimiento fue formado por el paso -

de fluidos calientes ricos en soluciones minerales, a partir de una fuente caliente emplazada a profundidad, los -- cuales al pasar por la falla, la cual servía como canal -- conductor de los fluidos en su camino ascendente a superfi -- cie, hacía que se depositaran los minerales de acuerdo a -- como cambiaban las condiciones de presión y temperatura.

## V.- OPERACION MINERA

### V.1.- OBRAS MINERAS

En el área de estudio a lo largo de la veta existen 4 antiguos tiros que son de SW a NE (Ver plano superficial):

San Francisco (Tiro los cuervos)

Santa Rita

Guadalupe

San Antonio

El único tiro rehabilitado y que está en funcionamiento es el tiro "Santa Rita", el cual se encuentra localizado aproximadamente al centro de un clavo mineral, de acuerdo a las figuras presentadas en el capítulo de zonificación. El tiro tiene una profundidad de 310 metros, del cual parten 9 niveles tanto al SW como al NE del mismo, el primer nivel tiene una profundidad de 75 metros y los demás niveles se encuentran espaciados aproximadamente a 25 metros unos de otros (Ver sección longitudinal de la misma).

El nivel que tiene más desarrollo al NE es el 2 con una longitud total de 450 metros, el cual conectó los trabajos del tiro "Santa Rita", con los antiguos trabajos de los tiros "Guadalupe" y "San Antonio".

El que tiene más desarrollo al SW es el nivel ocho, - el cual tiene un cuele total de 240 metros, aproximadamente a la misma posición del tiro "San Francisco". (Ver planta -

de los niveles).

Existe otra obra llamada "Trabajos Sevillegas". La cual sirve como camino de emergencia entre el nivel dos y superficie, y junto con el tiro "Guadalupe" se usa como entrada natural de aire, para la ventilación de la mina. Una mejor idea se puede obtener en los planos que se encuentran en el anexo, que corresponden a la planta general de los niveles de la mina y a la sección longitudinal.

#### V.2.- RESERVAS DEL YACIMIENTO

Las fórmulas que se usaron para el cálculo de la ley ponderada de bloques de reservas son:

$$\text{Ley promedio} = L_p = \frac{\sum_{i=1}^n a_i \cdot L_i \cdot l_i}{\sum_{i=1}^n a_i \cdot l_i} \dots\dots\dots 1$$

donde:

- a<sub>i</sub> = ancho i de veta o tepetate a lo largo del canal.
- L<sub>i</sub> = valor i del contenido de Ag, Pb, Zn ó Sb.
- l<sub>i</sub> = longitud i del área de influencia del canal.
- de la fórmula 1, cuando l<sub>i</sub> = constante, tenemos que:

$$L_p = \frac{\sum_{i=1}^n a_i \cdot L_i}{\sum_{i=1}^n a_i} \dots\dots\dots 2$$

de 2, si  $a_i = \text{constante}$

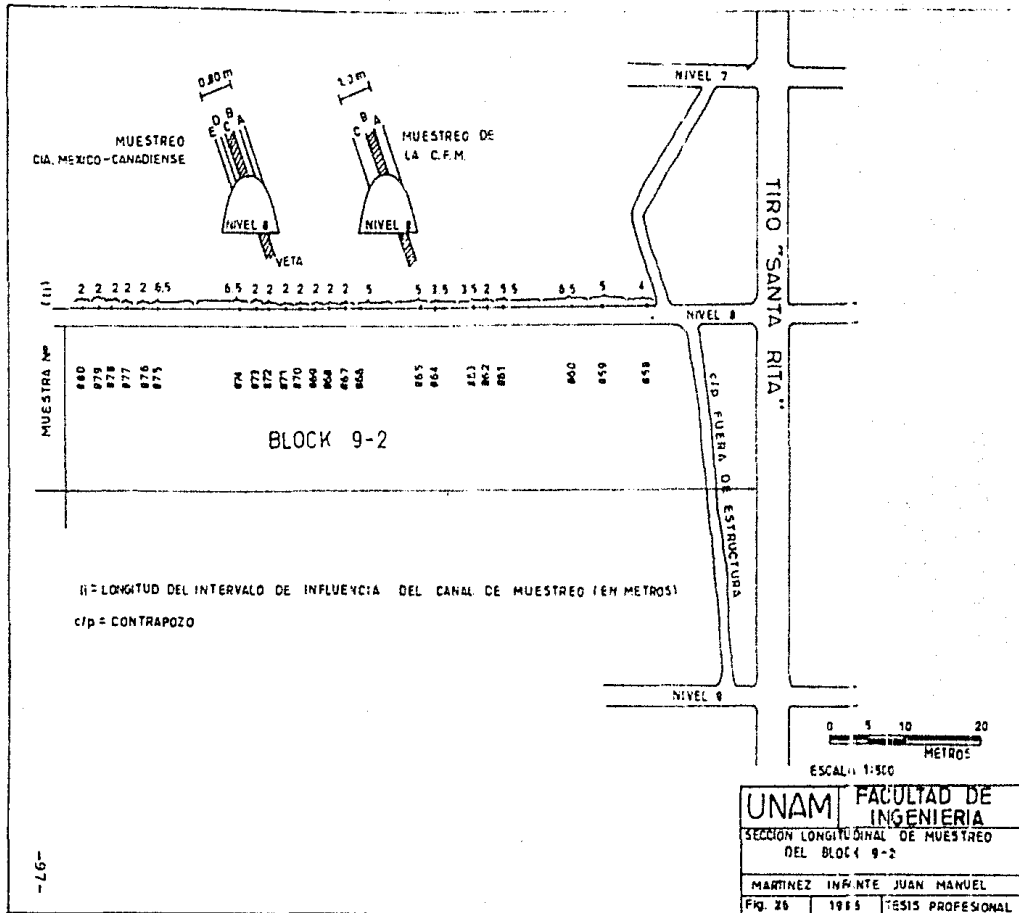
$$L_p = \frac{\sum_{i=1}^n M_i}{n} \dots\dots\dots 3$$

A continuación se presentan los resultados de ensaye-  
del block.

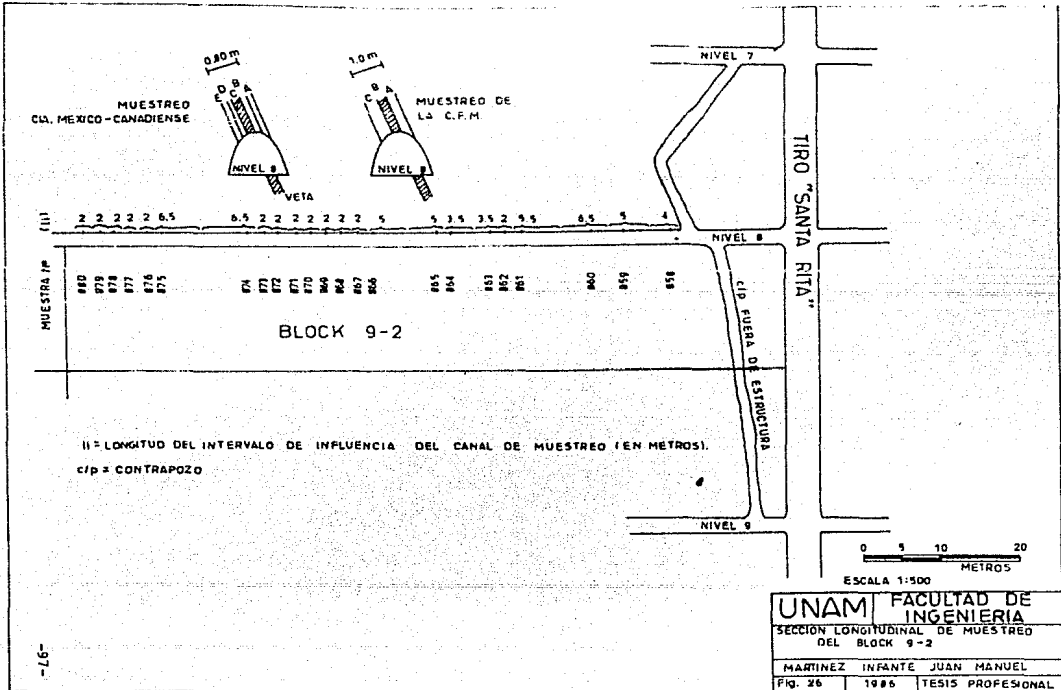
9-2

Muestra	858	Ancho (alt)	Ag	Pb	Zn	Sb	
	A	0.25	70	0.4	0.6	0.3	
	B	0.25	194	0.3	1.4	0.4	veta
Muestra	859	0.50	-	0.3	0.6	0.8	
	A						
	B	0.13	666	1.2	1.9	10.9	veta
	C	0.87	-	0.1	0.1	0.5	
Muestra	860						
	A						
	B	0.13	1358	3.0	13.3	2.4	veta
	C	0.87	57	0.1	0.2	0.5	
Muestra	861						
	A	0.40	245	0.2	0.7	0.7	ramaleo
	B	0.17	648	1.9	14.0	2.3	veta
	C	0.43	-	-	-	0.6	
Muestra	862						
	A						
	B	0.16	3924	6.5	16.7	11.0	veta
	C	0.84	51	0.1	-	0.7	
Muestra	863						
	A	0.50	59	0.2	0.3	0.7	
	B	0.15	4747	3.5	13.3	5.9	veta
	C	0.35	-	-	0.1	0.6	
Muestra	864						
	A						
	B	0.45	3536	4.2	12.6	6.2	veta
	C	0.55	88	-	0.4	0.5	
Muestra	865						
	A						
	B	0.33	1013	2.9	29.4	3.1	veta
	C	0.67	-	-	0.6	0.6	
Muestra	866						
	A	0.37	90	0.4	0.4	0.2	
	B	0.13	1328	7.7	18.0	2.8	
	C	0.50	90	0.4	0.4	0.2	
Muestra	867						
	A						
	B	0.23	9887	16.3	8.9	7.0	veta
	C	0.60	210	1.4	1.1	0.4	
Muestra	868						
	A						
	B	0.18	5264	13.8	12.3	6.5	veta
	C	0.82	267	0.6	0.4	0.3	
Muestra	869						
	A						
	B	0.30	9954	27.7	6.1	10.1	veta
	C	0.70	89	0.3	0.3	0.2	

Muestra		Ancho (ai)	Ag	Pb	Zn	Sb	
Muestra 870	A						
	B	0.36	2010	17.3	7.6	8.0	veta
	C	0.64	18	0.3	0.4	0.1	
Muestra 871	A						
	B	0.18	6914	15.3	11.6	10.5	veta
	C	0.82	80	0.4	0.3	0.1	
Muestra 872	A	0.50	108	0.6	0.6	0.3	
	B	0.14	2128	11.3	23.0	5.4	veta
	C	0.36	90	0.5	0.5	0.3	
Muestra 873	A	0.50	102	0.3	0.5	0.1	
	B	0.35	4394	16.3	8.3	9.1	veta
	C	0.15	124	0.9	1.9	0.1	
Muestra 874	A	0.50	671	4.5	3.6	1.2	ramaleo
	B	0.30	627	9.3	17.2	3.6	veta
	C	0.20	13	0.2	0.2	0.1	
Muestra 875	A	0.08	62	0.2	0.2	0.3	
	B	0.40	1721	5.0	12.5	2.5	veta
	C	0.52	-	-	0.1	0.1	
Muestra 876	A	0.50	10	0.1	0.1	0.1	
	B	0.09	5125	0.3	2.0	0.2	veta
	C	0.42	85	0.0	0.2	0.1	
Muestra 877	A	0.50	90	0.1	0.2	0.2	
	B	0.12	1074	1.4	22.0	1.8	veta
	C	0.38	35	-	0.4	0.1	
Muestra 878	A	0.55	16	0.1	-	0.1	
	B	0.18	3052	3.9	18.3	4.3	
	C	0.25	75	-	0.2	0.1	
Muestra 879	A	0.50	15	-	0.3	-	
	B	0.11	2102	1.8	26.2	2.1	veta
	C	0.31	48	0.1	0.2	0.1	
Muestra 880	A	0.50	100	0.1	1.8	0.1	
	B	0.10	920	0.7	19.7	0.1	veta
	C	0.40	161	-	1.3	-	







Ahora obtendremos el valor promedio de cada uno de los canales de muestreo utilizando la formula 2, y cuyo resultado se presenta a continuación:

Muestra	Ag (m <sup>3</sup> /ton)	Ph (g/ton)	En (g/ton)	Cl (g/ton)	Área (m <sup>2</sup> )
858	66.0	0.32	0.8	0.5	1.0 m
859	66.5	0.24	0.3	1.8	"
860	226.0	0.47	1.9	0.7	"
861	208.0	0.40	2.6	0.2	"
862	670.7	5.40	14.0	0.2	"
863	741.3	2.90	4.1	3.4	"
864	1639.6	1.80	5.8	3.0	"
865	334.3	0.90	10.1	1.4	"
866	350.0	1.20	2.6	0.5	"
867	2462.5	4.80	3.4	1.9	"
868	1193.2	3.00	2.5	1.4	"
869	3050.0	8.50	2.0	3.1	"
870	736.5	6.40	3.0	2.9	"
871	1318.0	3.10	2.3	1.9	"
872	384.6	2.00	2.3	4.3	"
873	1607.8	5.90	3.7	0.9	"
874	526.0	5.00	3.3	3.2	"
875	693.3	0.20	5.0	1.4	"
876	444.8	0.70	0.8	0.7	"
877	107.1	0.20	2.8	0.1	"
878	577.1	0.70	3.8	0.8	"
879	253.6	0.20	3.0	0.05	"
880	182.5	0.10	3.3	0.06	"

Una vez obtenidos los valores anteriores se procede a calcular el valor promedio del área de influencia del canal de muestreo utilizando la siguiente fórmula:

de 1 tenemos que si  $a_i = cte$ , entonces:

$$L_p = \frac{\sum_{i=1}^n L_i \cdot l_i}{\sum_{i=1}^n l_i}$$

Cuyo resultado se presenta a continuación:

Muestra	li(m)	Ag(gr/t)m	Pb(%/t)m	Zn(%t)m	Sb(%/t)m
858	4.0	264.0	1.28	3.2	2.0
859	5.0	332.5	1.20	1.5	9.0
860	6.5	1356.0	2.82	11.4	4.2
861	5.5	1144.0	2.20	14.3	1.1
862	2.0	1341.4	10.80	28.0	0.4
863	1.5	2503.5	10.15	14.35	11.9
864	3.5	5738.6	6.3	30.3	10.5
865	5.0	1671.5	4.5	50.5	7.0
866	5.0	1253.0	6.5	13.0	2.5
867	2.0	4925.0	9.6	6.9	3.8
868	1.0	2386.4	6.0	5.0	2.8
869	2.0	6100.0	17.0	4.0	6.2
870	2.0	1473.8	12.8	6.0	5.8
871	2.0	2636.0	6.2	4.6	3.8
872	2.0	769.2	4.0	4.6	8.6
873	2.0	3214.0	11.9	7.4	1.6
874	6.5	3419.0	32.5	21.45	20.8
875	6.5	4506.45	1.3	32.5	9.1
876	2.0	889.6	1.4	1.6	1.4
877	2.0	374.2	0.4	5.6	0.6
878	2.0	1154.2	1.4	7.6	1.6
879	2.0	507.2	0.4	6.0	0.1
880	2.0	365.0	0.7	6.6	0.12
<b>TOTAL</b>	<b>77.0</b>	<b>48414.15</b>	<b>151.25</b>	<b>276.4</b>	<b>115.12</b>

Para obtener el valor promedio final del bloque 9-2- se tiene:

PLATA	=	48 414.15/77	=	628.76	gramos/tonelada
PLOMO	=	151.25/77	=	1.96	%/tonelada
ZINC	=	276.40/77	=	3.59	%/tonelada
ANTI-					
MONIO	=	115.12/77	=	1.49	%/tonelada

Block	Ag	Pb	Zn	Sb
9-2	629	2.0	3.6	1.5

Ahora comparando datos contra los del promedio obtenido con el muestreo realizado por la compañía México-Canadiense se obtiene la siguiente diferencia:

	Ag	Pb	Zn	Sb
Datos de Cía Méx-Can	680	2.4	4.9	1.3
Datos de C.F.M.	629	2.0	3.6	1.5
Diferencia	+51	+0.4	+1.3	-0.2

De los cuales se prefirió utilizar el promedio obtenido con los datos de muestreo de la Compañía México-Canadiense, por ser este el resultado de un muestreo más cerrado.

La mina cuenta con las siguientes reservas:

RESERVAS PROBADAS:

Block	Toneladas	Ag	Pb	Zn	Sb
4-1	1530	101	1.2	1.6	0.8
4-3	1650	90	1.0	1.5	1.0
6-7	1210	90	2.7	3.1	3.3
8-1	5206	640	3.0	4.8	2.2
8-3	4418	460	2.6	3.2	2.6
8-5	4376	380	2.9	3.2	2.7
TOTAL	18390	404	2.3	2.9	2.1

RESERVAS PROBABLES:

2-3	3710	163	2.0	2.8	1.4
2-5	4914	98	1.0	3.6	1.0
5-7	1160	91	2.8	2.1	3.7
5-9	2450	120	2.4	3.2	1.8
5-11	2440	115	3.1	2.9	3.4
6-9	2980	125	2.7	3.5	2.1
6-11	4176	139	3.5	3.1	3.7
7-1	4600	440	2.2	3.5	2.0
7-3	4160	340	1.6	2.2	1.7
7-5	9300	149	3.5	3.6	3.3
8-2	6290	680	2.4	4.9	1.3
8-4	4210	500	2.0	4.7	1.4
8-6	10500	450	2.0	5.2	2.8
8-7	12270	170	3.5	3.0	3.6
9-1	3600	873	2.8	4.7	2.1
9-3	3520	692	2.7	4.0	2.6
9-5	3630	690	4.1	5.2	3.8
9-7	8236	170	3.5	3.0	3.6
9-2	4820	680	2.4	4.9	1.3
9-4	3440	500	2.0	4.2	1.4
9-6	12500	2.0	5.2	5.2	2.8
9-2A	2500	705	2.0	3.9	0.3
TOTAL	115406	375	2.6	3.8	2.4
GRAN TOTAL	133794	376	2.5	3.6	2.3

PLATA en gramos/tonelada  
 PLOMO, ZINC, y ANTIMONIO en %/tonelada.

### V.3.- TIPO Y RITMO DE EXPLOTACION

El tipo de explotación en la mina es por medio de "corte y relleno hidráulico" (parte gruesa de los jales), y algunas veces con tepetateras en la tabla del alto. En terminos muy generales, para preparar un rebaje se delimita un block de 100 x 25 x 1 metros, del cual sus límites laterales son establecidos por contrapozos y sus límites superior e inferior por los niveles, una vez delimitado el bloque, se cueclan tres contrapozos centrales a 25 metros cada uno, de tal manera que el rebaje quede dividido en cuatro pogaños o subbloques de 25 x 25 x 1 metros. Una vez terminados los contrapozos se anillan y acondicionan con rollizos de madera desde el nivel inferior, hasta una altura de 4 metros aproximadamente, que corresponde a la altura del pilar de protección del nivel. Aparte para dar mayor protección al nivel, éste se adema por completo a lo largo de los 100 metros del rebaje, debido a la inconsistencia de la roca (lutitas principalmente). Por lo general el anillado de los dos contrapozos en los extremos del rebaje, es dividido en tolva y encamino de acceso y de servicios, una vez terminado este se cuecla a una altura de 4 metros a partir del rompimiento, un nivel intermedio, que servirá como desplante del rebaje y de ahí en adelante se explotará por medio de el ciclo TUMBEREZAGADO (ACARREO)- RELLENO, en donde cada etapa de este ciclo es realizada en cada sub-bloque del rebaje, repitiéndose este ciclo hasta el término del mismo.

El ritmo de explotación desde que empezó a trabajar la CFM en el año de 1980 hasta diciembre de 1984 fue un promedio de 25 toneladas diarias o de 662 toneladas mensuales -- aproximadamente, esta explotación se realizó por medio de --

manteo en carros mineros cuadrados de descarga frontal, con una capacidad de 0.25 m<sup>3</sup>. El total de toneladas extraídas - de mayo de 1980 a diciembre de 1984 fue de 37 072 toneladas.

De septiembre de 1984 a agosto de 1985, ocurrió un incremento en el ritmo de explotación (950 toneladas mensuales en promedio), pero como las reservas accesibles y económicamente explotables de los niveles superiores del nivel 6 hacia arriba), ya habían sido explotadas, este ritmo declinó fuertemente.

Por lo que respecta a los terreros, estos sirven como ayuda para completar la cuota de mineral a la planta de beneficio, variando de 1/3 a 1/2 de la carga total a molino, - según las leyes que presente. Estos terreros fueron muestreados a principios de 1984 por medio de zanjas y pozos, cuya profundidad promedio fue de 3.17 metros y cuyos resultados se muestran a continuación (reporte de trabajo del departamento de geología, 1984):

TERRERO	TONELADAS	Ag (gr/ton)
San Francisco	3 478	272.00
Santa Rita	54 207	208.00
Guadalupe	11 845	140.00
San Antonio	21 108	150.00
TOTAL	90 638	188.00

Explotandose principalmente los terreros "Santa Rita" y "San Antonio" a partir de principios de 1984, llegándose a extraer más de 20.000 toneladas para mediados de 1985.

#### V.4.- PLANTA DE BENEFICIO

En la unidad existe una planta beneficiadora a nivel comercial, la cual se utiliza para concentrar minerales de plomo y zinc por medio del sistema de flotación. La planta obtiene al final de su ciclo de trabajo dos productos finales que son concentrado de plomo, antimonio y plata y concentrado de zinc con valores de plata, cuya producción se muestra en la siguiente tabla:



AÑO	T.Molidas	T.M.S. de concentrado de Pb	T.M.S. de concentrado de Zn	T. molidas nec_ sarias para for mar una T. de concentrado de:	
				Pb	Zn
1980	4 730.20	218.28	260.00	21.7	18.2
1981	3 542.12	181.90	307.17	19.5	11.5
1982	3 559.22	221.70	291.88	16.0	12.2
1983	9 741.31	516.80	637.70	18.8	15.2
1984	24 547.07	832.80	841.90	29.4	29.1
TOTAL	46.120	1971.48	2338.65	23.4	19.7

T.M.S.- Toneladas métricas secas.

La planta está diseñada para tratar 2000 toneladas de mineral por mes.

El concentrado de Zinc puede ser comercializado al fi nalizar el ciclo, ya que reúne todos los requisitos que debe tener un concentrado de zinc a nivel comercial (aunque exis ten algunos valores anormalmente altos en fierro), sin embar go el concentrado de Pb-Sb-Ag, no se había comercializado des de que se empezó a obtener en 1966, por contener altos valores de antimonio, ya que este elemento para concentrados de plomo, no debe de exceder del 2% como máximo (según especificaciones establecidas en el mercado), ya que por cada % arriba de este valor, el concentrado de plomo es castigado en su precio con varios centavos de dólar, en el momento del comercializado, - lo cual redunda en un precio comercial bajo para el concentra do. Se presenta también el diagrama de flujo de la planta de beneficio, para mostrar en general el funcionamiento de la misma.

A continuación se presenta el balance metalúrgico del mes de abril de 1986:

TONELAJE MOLIDO Y PRODUCCION

	Toneladas secas
Cabezas	1769.35
Concentrado de plomo	55.77
Concentrado de zinc	65.78
Colas	1647.80

ENSAYES

	Ag	Pb	Zn	Sb
Cabezas	252.0	1.3	2.6	1.5
Concentrado de plomo	6460.6	27.6	2.5	29.7
Concentrado de zinc	403.9	1.0	42.8	1.8
Colas	35.8	0.4	0.96	0.57

CONTENIDOS

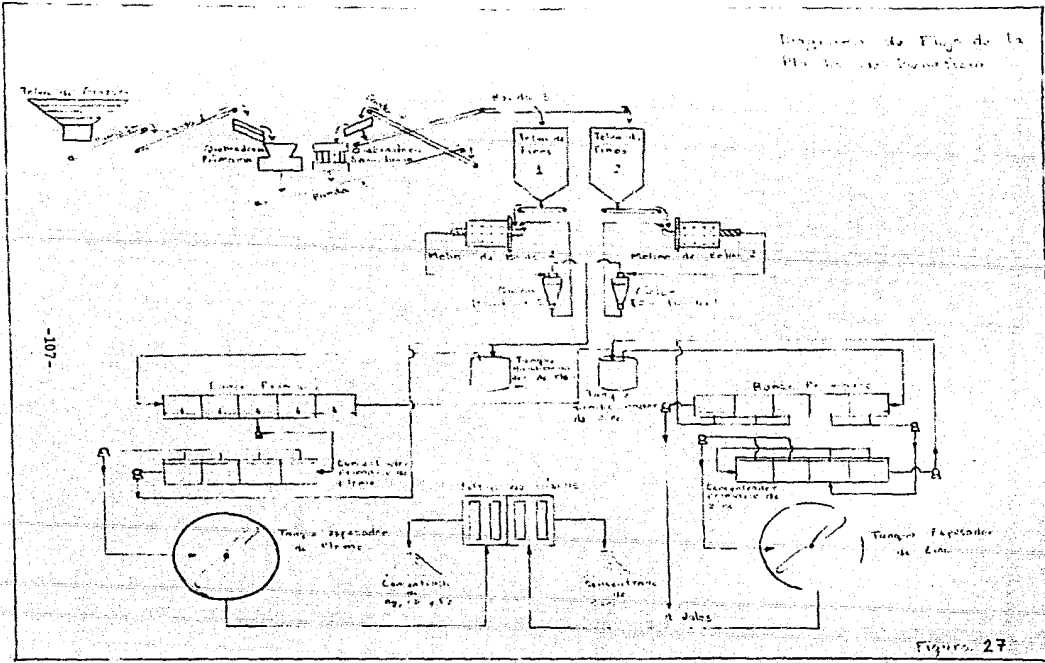
Cabezas	445939.0	22.84	45.51	27.16
Concentrado de Plomo	360311.00	15.43	1.43	16.59
Concentrado de Zinc	26571.0	0.67	28.18	1.17
Colas	59057.0	6.74	15.90	9.40

RECUPERACIONES (%)

Cabezas	100	100	100	100
Concentrado de plomo	80.80	67.56	3.14	61.08
Concentrado de Zinc	5.96	2.93	61.62	4.31
Colas	13.24	29.51	34.94	34.61

Relación de Concentración:

Plomo	31.7:1
Zinc	26.9:1



## V.5.- PLANTA DE LIXIVIACION Y ELECTROLISIS

La planta fué diseñada para obtener como producto final antimonio de alta pureza, con el fin de comercializarlo como elemento libre, y a la vez para lavar el concentrado de plomo-plata para que no sea castigado por un alto contenido de antimonio. Esta planta junto con la de beneficio fue diseñada y construida por la compañía México-Canadiense, iniciando primero su operación la planta de beneficio en 1974 y posteriormente la de lixiviación y electrólisis en 1976. Al parecer la planta está diseñada para tratar más de 100 toneladas de concentrado de plomo-plata-antimonio por mes, de aquí la importancia de esta planta y el interés por parte de la CFM de hacerla funcionar a un nivel comercial. Debido a esto actualmente se realizan pruebas piloto, con el fin de establecer los parámetros óptimos en la obtención de antimonio de alta pureza, ya que la tecnología de la lixiviación y electrólisis del antimonio no se conoce en México, y la compañía México-Canadiense al retirarse se llevó consigo la información con la que ellos operaban su planta. Sin embargo los estudios que se han realizado en la planta indican un buen avance en esta tecnología.

La importancia de ésta planta es grande, ya que es la única en su tipo en el país y en América Latina para el tratamiento del antimonio, por lo cual es necesario el inicio de su operación, aparte de que regionalmente el área parece ser potencial en este elemento.

## VI.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### VI.1.- CONCLUSIONES

Con toda la información anterior se llega a varias conclusiones que servirán como guías para establecer un anteproyecto de exploración.

1.- La estructura "Santa Rita" es el resultado de una deformación posterior sobre un pliegue anticlinal, la cual dió origen a una falla inversa de movimiento horizontal dextral, provocando principalmente una cavidad en rocas de edad Cretácico superior, correspondientes a la formación Caracol.

2.- La veta-falla "Santa Rita" es de relleno de cavidades, en la cual se emplazaron sulfosales y sulfuros polimetales.

3.- Existe un aumento considerable en los valores de plata y zinc a profundidad, así como una disminución drástica de antimonio hacia la misma zona, lo que nos indica un flujo principalmente vertical de las soluciones mineralizantes.

4.- La zona con valores más altos en zinc, plomo y antimonio es aquella que se encuentra dentro de un clavo estructural, donde el espesor de la veta se presenta mayor que 0.80 m en promedio, en lo que correspondería a una flexión de la estructura, como se muestra en las figuras 6 a 11.

5.- La zona donde se acumularon los valores más altos en plata es en la parte inferior poniente (sector izquierdo) del tiro "Santa Rita", donde posiblemente estuvo la trayectoria principal de los fluidos mineralizantes (figuras 21 a 25), que correspondería a una estructura delgada (0.30-m en promedio), siendo este un clavo mineral producto de un incremento en leyes.

6.- Existen en el lado oriente del tiro "Santa Rita" sobre el sector superior derecho de la mina valores anómalos altos en zinc y bajos en plomo y antimonio, los cuales nos indican según los cocientes metálicos que existe un incremento en valores hacia el sector de los tiros "Guadalupe y San Antonio".

7.- El comportamiento estructural de la veta falla - está controlado por la litología que esta atraviesa, ya que al pasar por rocas poco competentes como lutitas, la estructura se adelgaza y ramalea. Tanto al oriente como al poniente del tiro "Santa Rita", la estructura se acuña hasta casi desaparecer dentro de la roca encajonante, por lo <sup>general</sup> es un paquete de lutitas. Las obras del nivel 2 al oriente ponen demanifiesto como la estructura que viene con buena potencia, se acuña y ramalea despues de entrar en contacto con un paquete importante de lutitas, para posteriormente volver<sup>a</sup> aparecer 90 m más adelante con buena potencia, en lo que correspondería a los labrados antiguos de los tiros "Guadalupe y San Antonio". Lo mismo sucede en el nivel 8 y el sector del tiro "San Francisco". Por lo anterior es importante reconocer todas las áreas en donde existan paquetes importantes de areniscas.

8.- El contenido de la sulfosal jamesonita ( $Pb_4FeSb_6S_{14}$ ) disminuye con la profundidad, incrementándose el contenido de sulfuros simples, lo que corresponde al incremento del cociente metálico Pb/Sb hacia ese sector.

9.- La caída en los valores de antimonio y el aumento en los valores de zinc y plata hacia la profundidad, indican con <sup>el</sup> casi nulo reemplazamiento sobre la roca encajonante de los minerales de mena, que la depositación de los minerales fue <sup>a</sup> causada probablemente por altos gradientes de presión y temperatura sobre el fluido mineralizante, lo que situaría

el foco de mineralización a profundidad, ya que se puede pensar ésto al no encontrar ningun cuerpo intrusivo de dimensiones importantes en el área.

10.- La veta "Santa Rita" y la veta "San Gregorio" (localizada 3 km al norte) a un nivel regional, hacen pensar que las estructuras (fallas) que presenten un rumbo general NE, son las más favorables de contener mineralización económica en la región, pues en estas se encuentran valores importantes de Zn, Pb, Sb y Ag.

11.- se aprecia un zoneamiento regional en este distrito, el cual se pone de manifiesto al observar que la veta "Santa Rita" es explotada por Zn, Pb, Sb y Ag, al igual que la veta "San Gregorio", mientras que hacia el oriente la explotación en la mina "Las Prietas" es de manganeso y en la mina "El Rosario" por mercurio, como se puede observar en la figura 2. Lo que nos hace pensar que mejor mineralización se pueda encontrar posiblemente hacia el poniente del sector estudiado.

## VI.2.- RECOMENDACIONES

Las recomendaciones se hacen en base a las conclusiones, sugiriendose los lugares más favorables para exploración.

Se recomienda que hagan estudios de oclusiones fluidas (Microtermometría, salinidad, etc.), estudios isotópicos (comportamiento del  $D^{18}O$ ), con el fin de conocer y comprender mejor la génesis del mismo, para establecer en base a estos datos modelos matemáticos que nos ayuden en la exploración.

A continuación se sugiere un anteproyecto de exploración por niveles, cuyos objetivos son:

a) Integrar a las reservas actuales un tonelaje de reservas económicas. El tonelaje esperado sería de 135 000 toneladas con leyes aproximadas de:

Ag (gr/t)	Pb(%/t)	Zn (%/t)	Sb(%/t)
500	2.0	4.0	0.5

b) Establecer una secuencia de exploración con barrenos de diamante y obra directa, de tal forma que con el menor tiempo y costo posible se obtenga la mayor información de la tendencia económica de los elementos más allá de las obras conocidas.

c) Determinar el tamaño de los cuerpos principales de elementos económicos establecidos en los esquemas de distribución de dichos elementos.



## NIVEL 2

a) Se sugiere barrenación a diamante al bajo de la veta "Santa Rita", entre las coordenadas 49 940N 49 960N, con el fin de investigar el comportamiento estructural y leyes de la posible veta interpretada al bajo del anterior (figura 7, planta y sección longitudinal de la mina. Estación 1 de barrenación). Los barrenos tendrían las siguientes características:

Barreno	Azimut	Inclinación	Longitud
BDD-1	315°	0°	30 m
BDD-2 <sup>£</sup>	270°	+50°	65 m
BDD-3 <sup>£</sup>	0°	-50°	45 m

[£] Estos barrenos se ejecutarán si el resultado del barreno BDD-1 es positivo.

b) Programar barrenación hacia el alto de la veta, desde el contracañon paralelo a los labrados antiguos, en el extremo oriente del nivel 2, entre las coordenadas 50 200N y 50 220N, con el fin de investigar el comportamiento de la estructura y leyes en esa zona (estación 4). Los barrenos deben de ejecutarse hacia abajo del nivel 2 con las siguientes características:

Barreno	Azimut	Inclinación	Longitud
BDD-14	303°	-70°	65 m
BDD-13	258°	-65°	&
BDD-15	348°	-65°	&

[&] Va a estar de acuerdo al resultado del barreno BDD-14.

c) Del crucero que parte del tiro "Santa Rita" hacia el sur, el cual corta pequeñas estructuras con valores bajos, se propone colar obra directa sobre una de estas estructuras que se encuentran en el tope de dicho crucero.

Esta obra es con el fin de investigar 2 estructuras cortadas con el barreno S-11, cuyos valores fueron los siguientes:

Ancho	Plata (gr/t)	Plomo (%)	Zinc (%)	Antimonio (%)
0.15	1272	25	13	10.3
0.20	1308	17.5	6.7	11.6

Esta obra contaría de 50 m a rumbo de la estructura - cortada en el tope del crucero (figura 15 y planta de los niveles. "CD-1").

d) De la frente pendiente que va sobre un antiguo retaje, se propone que se continúe la obra, ya que existen posibilidades de que la estructura continúe y se conecte con las obras del tiro "San Francisco". La distancia aproximada por minar es de 50 m, donde por analogía con los niveles inferiores debe de terminar el antiguo nivel.

#### NIVEL 4

a) Se sugiere colar un crucero de 30 m al alto de laveta, entre las coordenadas 50 140N y 50 160N, el cual servirá como la estación 5 (figura 13, planta y sección longitudinal de la mina). Los barrenos tendrían las siguientes características:

Barreno	Azimut	Inclinación	Longitud
BDD-17	302°	-65°	50 m
BDD-16	258°	-60°	*
BDD-18	348°	-60°	*

[\*] De acuerdo al resultado del barreno BDD-17.

#### NIVEL 8

a) Entre las coordenadas 49 840N y 49 860N se sugiere

colar un crucero de 30 m al alto de la veta, con el fin de establecer la estación 2 que nos ayude a conocer el comportamiento mineralógico y estructural, tanto arriba como abajo de dicho nivel (figura 16, planta y sección longitudinal de la mina). Los barrenos tendrían las siguientes características:

Barreno	Azimut	Inclinación	Longitud (m)
BDD-4	258°	+45°	70
BDD-5	303°	+45°	60
BDD-6	348°	+45°	70
BDD-7	258°	-60°	65
BDD-8	303°	-60°	55
BDD-9	348°	-60°	65

b) Entre las coordenadas 50 080E y 50 100E se sugiere colar un crucero de 30 m al alto de la veta, para conocer el comportamiento y profundidad de la veta en ese sector. Este crucero nos ayudará a reconocer algunas estructuras localizadas con el barreno S-12 (figura 11, planta y sección longitudinal de la mina). Las características de los barrenos serían:

Barreno	Azimut	Inclinación	Longitud (m)
BDD-10	258°	-60°	60
BDD-11	303°	-60°	65
BDD-12	348°	-60°	55

#### NIVEL 9

a) Entre las coordenadas 49 900N y 49 920N, se propone un crucero de 30 m al alto de la estructura. Las características de los barrenos serían (figura 15, planta y sección longitudinal de la mina):

Barrenos	Azimut	Inclinaci6n	Longitud (m)
BDD-19	258°	-60°	50
BDD-20	303°	-60°	45
BDD-21	348°	-60°	50

## BIBLIOGRAFIA

Alvarez Jr. M., 1961, El mecanismo del ciclo Geotectónico Mexicano. Bol. de la Asoc. Mex. De Geol. Pet., Vol. XIII-# 7-8, págs. 279- 282.

Arias M. A., 1986, Modelo Génético para la mina Tayoltita, en base a datos microtermométricos, isotópicos y de cocientes metálicos. Tesis Profesional. UNAM.

Avila R. P. C., 1985, Resultados del levantamiento Geoquímico realizado en la unidad "Santa Rita", 10 pág. Informe inédito.

Bateman A. M. and M. L. Jensen, 1979, Economic Mineral Deposits Third edition. Ed. Jhon Wiley an Sons. Págs. 60-149.

Barnes H. L., 1979, Geochemistry of Hidrothermal Ore Deposits. 2nd, Ed. Wiley, New York.

Birnie R. W. and Petersen U., 1977 , The paragenetic association and compositional zoning of lead sulfosalts at Huachocolpa, Peru. Economic Geology 1977, Vol. 72, #6, págs. 983-992.

Cetenal, 1980, Cartas Geológica y Topográfica Rio Grande, Zac. F-13-B-16. Escala 1:50 000.

Clark K., Damon P., Shutter S., y Chaffiquillah M., 1980, Magmatismo en el Norte de México en Relación con los Yacimientos Metálicos. Revista Geomimet, # 106, págs. 49-71.

Clarke M., 1980, Estudio de Cocientes Metálicos de las Ven-  
tas Arana, Cinco Señores, Escondida, Contraestaca y Cedral.  
Tayoltita Dgo. San Luis Mine, 40 págs. Informe inédito.

C.F.M., 1985, Estudio Mineralógico y de Caracterización pa-  
ra la Unidad "Santa Rita", 10 págs. Informe inédito.

C.F.M., 1979, Informe de la visita realizada a la compañía  
Scurry Rainbow Oil Limited en Canada, para la recobilación  
de datos de la mina "Santa Rita", 25 págs. Informe inédito.

Consejo de Recursos Minerales, 1979, Plano Geológico-Topo-  
gráfico Superficial de la mina "Santa Rita" en el Munici-  
pio de Nieves, Zac.

Córdoba U., Córdoba R., y Reyes M. R., 1984, Reportes de -  
trabajo de la mina "Santa Rita". Comisión de Fomento Mine-  
ro. Reportes inéditos.

Chopin G. R., Jaffe B., Summerlin L., Jackson L., 1976, -  
Química págs. 490-493. Decimatercera reimpression. Ed. Pu-  
blicaciones Cultural S.A. México.

Dana E.S. y Ford W.E., 1898 y 1921, Tratado de Mineralogía.  
4<sup>a</sup> edición rev. y aumentada por W.E. Ford, 1921, Ed. Conti-  
nental S.A. México. Octava impresion, 1981.

De Cserna Z., 1956, Tectónica de la Sierra Madre Oriental-  
de México, entre Torreón y Monterrey, XX Cong. Geol. Inter-  
nacional 1956, 87 págs.

De la Garza N. V., 1976, Estudio Geológico de la Hoja Ce -

dros, Zacatecas, 188 págs. Tesis Profesional. UNAM.

García D., 1979, Estudio Geológico-Estructural del área de la mina "Santa Rita". Comisión de Fomento Minero, 10 págs. Informe inédito.

Imlay R.W., 1936, Geology of the Western Part of the Sierra de Parras Coahuila, México, Geologic Soc. America Bull., Vol. 47 págs 1091-1152.

Instituto de Geología de la UNAM, López R.E., 1977, Carta Geológica del Estado de Zacatecas, 2<sup>a</sup> edición. Escala 1:500 000

Islas F.J., 1982, Modelo de Exploración Minera y su Aplicación al Proyecto Centenario, Zac. Tesis Profesional. UNAM.

Kamilli R. and Ohmoto H., 1979, Paragenesis, Zoning, Fluid Inclusion and Isotopic Studies of the Finlandia Vein, Colqui District, Central Peru. Economic Geology 1977, Vol.72, #6, págs 950-982.

Kellum L.B., Imlay R.W. and Kane W.G., 1936, Evolution of the Coahuila Peninsula México, Part. I. Relation of Structures Stratigraphy and Igneus Activity to an Early Continental Margin. Geol. Soc. Am. Bull., Vol. 47, págs. 969-1008.

Kelly W.A., Geology of the Mountains Bordering the Valleys of Acatita and Las Delicias, Geology Soc. Am. Bull., Vol. 47, págs 1009-1038.

Mc. Kisntry H.E., 1948, Mining Geology, Ed. Prentice Hall, Inc. págs. 201-403.

Orozco S.M. y Borgonio G.J., 1985, Informe de la visita de reconocimiento a la unidad "Santa Rita", de la C.F.M., Municipio de Francisco Murguía, Zac. Consejo de Recursos Minerales. Informe inédito.

Parck Ch. F., 1903, and Mac Diarmid A.R., 1933, Ore Deposits, Ed. W.H. Freeman and Company, San Francisco. Tercera edición, 1975, págs. 14 a 184.

Pettijhon F.J., 1949, Sedimentary Rocks, Harper's Geoscience Series.

Petersen U., Noble D.C., Arenas M.J. and Goodell P.C., Geology of the Julcani Mining District, Peru. Economic Geology 1977 Vol. 72, #6, págs. 931-949.

Petersen U., 1984, Estudios Geológicos Integrales para la exploración y Desarrollo de Depósitos Minerales. Trabajo inédito. Disertación Durango, Dgo.

Petersen U., 1984, Estudio Integral para la mina Tayoltita, resumen de las conclusiones y recomendaciones. Trabajo inédito. Tayoltita Dgo.

Rogers C.L. y asociados, 1961, "Reconocimiento Geológico y Depósitos de Fosfatos del Norte de Zacatecas y Areas Adyacentes en Coahuila, Nuevo León y San Luis Potosí". Cons. - Rec. Nat. no Renovables, Boletín 56.

SEDEMEX, 1979, Secciones de los barrenos de diamante super



ficiales S-1 al S-12, ejecutados para la unidad "Santa Rita".

Tardy M. y Ruiz R., 1974, Instituto de Geología de la UNAM, Boletín divulgación.

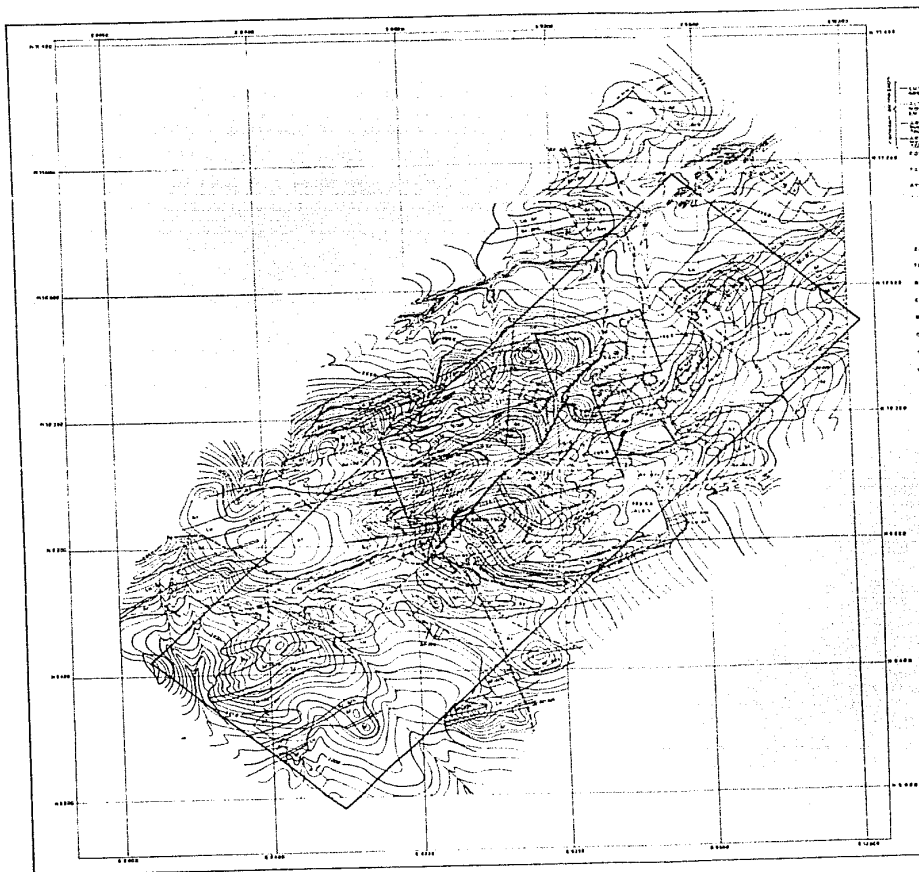
Trapnell M.L., 1974, Plano Geológico Topográfico Superficial del área de la Mina "Santa Rita". Scurry Rainbow Oil Limited. Informe inédito.

Trapnell M.L. y Martínez Pratts L., 1975-1978, Planos Geológico-Topográficos y de Muestreo de los niveles de la mina "Santa Rita". Informe inédito.

Trapnell M.L., 1975, Informe de los Resultados Obtenidos con los Barreros de Diamante del Nivel 5. Scurry Rainbow Oil Limited. Informe inédito.

Trapnell M.L., 1977, Programa de Exploración y Desarrollo para la mina "Santa Rita". Scurry Rainbow Oil Limited. Informe inédito.

Wu Ishiung and Ulrich Petersen. Geochemistry of Tetrahedrita and Mineral Zoning at Casapalca, Peru. Economic Geology 1977, Vol. 72, # 6, págs. 993-1016.



**EXPLICACION**

**SIMBOLOS GEOLOGICOS**

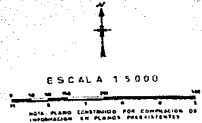
Carta de D. S. M.

- 1. LITASIS DE LA CORDILLERA OCCIDENTAL DEL P. MEXICANO
- 2. LITASIS DE LA CORDILLERA OCCIDENTAL DEL P. MEXICANO
- 3. LITASIS DE LA CORDILLERA OCCIDENTAL DEL P. MEXICANO
- 4. LITASIS DE LA CORDILLERA OCCIDENTAL DEL P. MEXICANO
- 5. LITASIS DE LA CORDILLERA OCCIDENTAL DEL P. MEXICANO
- 6. LITASIS DE LA CORDILLERA OCCIDENTAL DEL P. MEXICANO
- 7. LITASIS DE LA CORDILLERA OCCIDENTAL DEL P. MEXICANO
- 8. LITASIS DE LA CORDILLERA OCCIDENTAL DEL P. MEXICANO
- 9. LITASIS DE LA CORDILLERA OCCIDENTAL DEL P. MEXICANO
- 10. LITASIS DE LA CORDILLERA OCCIDENTAL DEL P. MEXICANO

FECHA \_\_\_\_\_  
 AUTORIZACION DE LA FOTIA \_\_\_\_\_

**SIMBOLOS TOPOGRAFICOS**

- ARMA \_\_\_\_\_
- TERREDO \_\_\_\_\_
- RUDDO \_\_\_\_\_
- CONSTRUCCION \_\_\_\_\_
- MADENA \_\_\_\_\_
- PLANTA DE NIVEL A SADA Y MARIAS \_\_\_\_\_
- TIPO \_\_\_\_\_
- LMITE DE PANDOS MIAJEROS \_\_\_\_\_



HECHO SEGUN ORDENAMIENTO DEL COMANDO EN JEFE  
 DE INGENIERIA EN PLANO TOPOGRAFICO

**Universidad Nacional Autónoma  
 de México**

**FAKULTAD DE INGENIERIA**

**PLANO GENERAL GEOLOGICO-TOPOGRAFICO  
 Unidad Sta. Rita**

**MPIO DE NIEVES, EDO DE ZACATECAS**

ESTADISTICO: MARTEL, JOSE MARTEL  
 DISEÑO: 1957





