



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESTUDIO GEOLÓGICO MINERO DEL YACIMIENTO
MINERAL DEL CUERPO PRINCIPAL DE LA MINA SAN MARTÍN
MUNICIPIO DE SOMBRERETE ZAC.

TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO GEOLOGO

PRESENTA

JOSÉ ELFEGO CRUZ DELGADO



MÉXICO, D. F.

2002

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERIA
DIRECCION
60-I-834

SR. JOSÉ ELFEGO CRUZ DELGADO
Presente

En atención a su solicitud, me es grato hacer de su conocimiento el tema que propuso el profesor Ing. Germán Arriaga García y que aprobó esta Dirección para que lo desarrolle usted como tesis de su examen profesional de Ingeniero Geólogo:

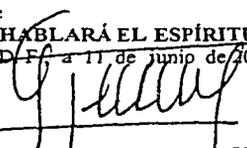
ESTUDIO GEOLÓGICO MINERO DEL YACIMIENTO MINERAL DEL CUERPO PRINCIPAL DE LA MINA SAN MARTÍN MUNICIPIO DE SOMBRERETE, ZACATECAS

	RESUMEN
I	INTRODUCCIÓN
II	GENERALIDADES
III	FISIOGRAFÍA
IV	GEOLOGÍA
V	YACIMIENTO MINERAL
VI	EVALUACIÓN
VII	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES
	BIBLIOGRAFÍA
	ANEXOS

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

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

Atentamente
"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"
Cd. Universitaria, D.F. a 11 de junio de 2002
EL DIRECTOR


ING. GERARDO FERRANDO BRAVO

GFB*RLLR*gtg



AGRADECIMIENTOS

Agradesco a Dios el todo poderoso por haberme dado la vida.

A mis padres: Gorgonio Cruz Ortega (†)
Filogonia Delgado Santiago
Por su amor, educación, paciencia y apoyo en todo.

A mis hermanos: Glafira, Serafina, Esperanza, Antonio, Celerino, Tomas, Caritino, Brisia y Flora.
Por su comprensión y apoyo en mis estudios

A mi esposa: Laura Lerma Salas por su confianza y cariño

A mis hijos: Adam Brando y Luis Andro, por ser un motivo para superarme.

A todos mis maestros de los diferentes niveles.

Especialmente a los maestros que me apoyaron e hicieron posible mi trabajo.

Los Sres. Ings.	German Arriaga Garcia	Director de Tesis
	Alfredo Victoria Morales	Presidente
	Carlos Garza Gonzalez-V.	Secretario
	Jorge Nieto Obregón	1er. Suplente
	Jose Luis Jiménez Mendosa	2° Suplente

ÍNDICE

RESUMEN

I.- INTRODUCCIÓN	1
I.1.- OBJETIVOS DEL TRABAJO	
I.2.- TRABAJOS PREVIOS	
I.3.- MÉTODO DE TRABAJO	
II.- GENERALIDADES	5
II.1.- LOCALIZACIÓN	
II.2.- VIAS DE ACCESO	
II.3.- HISTORIA	
III.- FISIOGRAFÍA	7
III.1.- OROGRAFÍA	
III.2.- HIDROGRAFÍA	
IV.- GEOLOGÍA	8
IV.1.- LITOLOGÍA Y ESTRATIGRAFIA	
IV.2.- EVOLUCIÓN GEOLÓGICA (HISTORIA GEOLÓGICA)	
IV.3.- GEOLOGÍA ESTRUCTURAL	
V.- YACIMIENTO MINERAL	16
V.1.- TIPO DE YACIMIENTO	
V.2.- GÉNESIS DEL YACIMIENTO	
V.3.- CONTROLES Y GUÍAS DE LA MINERALIZACION EN LA MINA	
V.4.- DESCRIPCIÓN DE LAS VETAS	
V.5.- PARAGENESIS Y SUCESIÓN	
V.6.- DESCRIPCIÓN DE LA SUCESIÓN EN EL YACIMIENTO SAN MARTÍN	
V.7.- OXIDACIÓN	
V.8.- ALTERACIÓN SUPERGENICA O SULFUROS SECUNDARIOS	
V.9.- ZONEAMIENTO LATERAL Y VERTICAL DEL CUERPO PRINCIPAL	
V.10.- ANÁLISIS DE MUESTRAS ESPECIALES POR DIFRACCION DE RAYOS X	
V.11.- PRUEBAS PILOTO	
VI.- EVALUACIÓN.	30
VI.1.- MINERAL EXPLOTABLE	
VI.2.- MINERAL DE INTERÉS	
VI.3.- BASES PARA LA ESTIMACIÓN DE RESERVAS	
VI.4.- CRITERIOS DE PROSPECCIÓN	
VII.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	34
BIBLIOGRAFÍA	35

R E S U M E N

La Unidad San Martín, propiedad de Industrial Minera México, S.A. de C. V. (Grupo México), está localizada en el flanco oriental de la Sierra Madre Occidental y localmente en la ladera norte del cerro de la Gloria. Su producción programada es de 6600 toneladas diarias de mineral, su mena principal es de esfalerita, galena, calcopirita y bornita; procesando la planta de beneficio concentrado primario de Pb-Zn y Ag-Cu como subproducto.

En el cerro de la Gloria aflora el stock cuarzo-monzonítico del Terciario Medio, 46 m.a. (Damon 1983), que intrusión las Calizas de la Formación Cuesta del Cura del Cretácico Medio y forma una aureola metamórfica, en la cual se encuentra emplazado el principal yacimiento mineral del distrito minero de San Martín, orientado paralelamente al intrusivo.

El yacimiento ocurre como vetas de falla y cuerpos de remplazamiento y está clasificado como depósito tipo skarn. Los minerales principales como mena son: esfalerita, galena, calcopirita y bornita; la calcita, grosularita, cuarzo, fluorita, pirrotita, arsenopirita y pirita como minerales de ganga.

Los cuerpos de remplazamiento presentan un zoneamiento mineral, del intrusivo hacia la aureola metamórfica, con la siguiente sucesión: arsenopirita, bornita, calcopirita, pirrotita, galena y esfalerita. Esta mineralización se observa a lo largo de 400 metros, en la zona en que el yacimiento tiene un ancho aproximado de 50 metros.

La exploración del yacimiento se hace desde superficie y desde interior de mina, con máquinas de barrenación a diamante y con obras directas.

El sistema de explotación para la extracción del mineral en los cuerpos de remplazamiento, que se ha implantado en la mina, es el de corte y relleno hidráulico con pilares esbeltos y para la explotación de las vetas es por medio de subniveles. El sistema de explotación elegido se debe a la forma, el tamaño y leyes del yacimiento.

Para la cubicación de reservas se recopiló la información de las descripciones y muestreo de los núcleos de barrenación a diamante, que se interpretan en secciones transversales, cada 25 metros; así también, se calcula el resultado del muestreo de esquirlas, que se hace sistemáticamente en tablas y cielo de cada rebaje en producción. La clasificación del mineral para el cálculo de reservas, se hace de acuerdo al manual de cálculo de reservas de IMMSA para sus unidades mineras.

I.- INTRODUCCIÓN

El distrito minero de San Martín está en la parte Central-Norte del Estado de Zacatecas, a 107 kilómetros al Noroeste de Fresnillo y a 12 kilómetros al Oeste de Sombrerete (Fig. No. 1).

San Martín es uno de los distritos mineros más antiguos de México. Su historia minera comienza en 1555 cuando los españoles empezaron a explotar superficialmente la plata de las vetas que están encajonadas en rocas calcáreas del Cretácico Inferior (Albiano-Cenomaniano). Desde esa fecha y durante 390 años, San Martín se mantuvo trabajando a una escala pequeña en la que se produjeron 135 toneladas de plata y 150 kilos de oro. A partir de 1938 y de las mismas vetas se empiezan a explotar sulfuros primarios con leyes de 450 gramos de plata, con 1 a 3% de plomo, con 6% de zinc, y con 1 a 4% de cobre, (Aranda, 1978). Actualmente su explotación programada es de 6600 toneladas diarias, extraídas del cuerpo de remplazamiento.

Las rocas sedimentarias del Cretácico afloran en gran parte del distrito San Martín. Este paquete de rocas fue intrusionado por un tronco cuarzo-monzonítico 46 m.a. (Damon, 1983). Hacia el sur del distrito hay un dique de riolita porfirítica cubierta en partes por riolita afanítica y tobas ácidas (Fig. No. 9). Este dique esta a 400 metros al sur del tronco intrusivo, mide 300 metros de ancho. El dique fué fechado como 44.1 m.a. (Damon, 1983). Esto indica que las volcánicas ácidas del distrito ocurrieron 2 millones de años después del emplazamiento del tronco intrusivo del Cerro la Gloria.

I.1.- OBJETIVOS DEL TRABAJO

El presente trabajo tiene como objetivo fundamental definir el comportamiento, químico-mineralógico a profundidad del yacimiento mineral de la mina San Martín, con el fin de sugerir ideas, de acuerdo a la asociación mineral, para un mejor tratamiento metalúrgico, en los niveles más profundos conocidos hasta ahora con barrenación a diamante.

Se hizo un análisis a muestras especiales en la zona donde se presenta mayor problema metalúrgico; definiendo los dos tipos de pirrotita: hexagonal (no magnética) y monoclinica (magnética); para poder separar el Fe no magnético del concentrado de Zn.

Se definió la cubicación de reservas a profundidad, indicando las zonas de influencia de la pirrotita hexagonal.

I.2.- TRABAJOS PREVIOS

Los trabajos realizados en el distrito minero de San Martín, han sido los siguientes.

Estudio Petrográfico, Paragenético y de Zoneamiento del Yacimiento San Martín y Veta Ibarra, de la Unidad San Martín, Sombrerete Zac.; por el Ing. A. H. Enrique (1992). Se identificó los siguientes minerales opacos: arsenopirita, pirita, esfalerita, galena, calcopirita, pirrotita, tetrahedrita-tenantita, bornita, marcasita, pirargirita-proustita, argentita, molibdenita, calcosita, hematita y como minerales transparentes se identificaron los siguientes: cuarzo, feldespatos, plagioclasas, tremolita, calcita, granates y clinopiroxenos.

Estudios geofísicos (se empleó el método Eléctrico de polarización Inducida y Resistividad Aparente), por los Ings. J. Roberto Silva M. y M. Antonio González N. (1989). En los lotes MI NUEVE E-7218, EL EXPLORADOR E-8965 Y PACHUCA. En los lotes MI NUEVE y PACHUCA se registró anomalía con valores que oscilan de 14.1 a 33.1 m/seg.; tanto en el intrusivo como en las calizas. El lote EL EXPLORADOR no presentó cuerpos conductores.

Estudios litogeoquímicos en las áreas Betania y El Salvador, San Martín Zac. por el Ing. J. Roberto Silva M (1989). En el área Betania se obtuvieron anomalías de alta intensidad por Ag-Pb-Zn-Cu-Fe-As-Sb-Mo-Cd-Mn. En el lote El Salvador no se registró ninguna anomalía.

Mineralogía y Geoquímica del Yacimiento de Skarn de la mina San Martín, Zac. México; por Jeffrey Neil Rubin, y J. Richard K. (1988). Este trabajo define un modelo general del zoneamiento en todo el yacimiento, del intrusivo a la aureola metasomática: $Cu+Ag \rightarrow Cu+Zn \rightarrow Zn+Pb$. En un contexto general el Fe, Cu, Zn y Pb, se incrementan a profundidad en la zona mineralizada. Las inclusiones fluidas prueban la sugerencia que inicialmente los fluidos fueron de alta salinidad; empezando con altas temperaturas los depósitos sulfurados (425° C) y disminuyendo posteriormente.

Estudios petrográficos del stock cuarzo-monzonítico del Cerro de la Gloria. "Geología de la Región San Martín-Sombrerete, estados de Durango y Zacatecas por Ernesto Cuevas Pérez; Consejo de Recursos Minerales"; (1980).

Estudio Fotogeológico del Distrito Minero de San Martín; Sombrerete Zac. Por Castillo Ramírez J. A., Espinoza Aramburu, E., y Sánchez, p., (1976). Este trabajo se realizó en un área de 300 Km² alrededor de la Unidad San Martín, con el fin de evaluar los terrenos de importancia económica.

Estudios micropaleontológicos en las calizas de la formación Cuesta del Cura en el cerro Papantón del Distrito San Martín Zac. por la Dra. Blanca E. Buitrón (Informe inédito, Instituto de Geología, UNAM 1978); y el M. en C. Raúl Gio A. del Instituto de Geología y por el Biólogo Ricardo Bello Montoya del Instituto Mexicano del Petróleo (1978). Obteniendo los siguientes resultados:

Turrilites schencheerianus	Cenomaniano Superior
Crioceras sp.	Vraconiano
Calcisphaerula innominata	Albiano-Santoniano
Pithonella ovalis	Albiano Medio-Santoniano
Pithonella trejoi	Albiano Superior-Cenomaniano
Rotalipora sp.	Cenomaniano-Santoniano

Metamorfismo. Paragénesis y Zoneamiento de la mina San Martín, Zac. por José J. Aranda Gómez (1978). El objetivo de este trabajo fue delimitar la extensión de la aureola metamórfica formada por el intrusivo del Cerro de la Gloria.

Por su mineralogía, se dividió la aureola metamórfica en cuatro zonas (de las calizas al intrusivo).

- 1.- Tremolita -Calcita.....(Exoskarn)
- 2.-Tremolita-Granate.....(Skarn)
- 3.-Ferrosilita-Granate.....(Skarn)
- 4.-Cuarzo-Sacaroide.....(Endoskarn)

Por lo tanto, no se han realizado estudios anteriores al presente trabajo, que definan el comportamiento mineralógico en los rebajes inferiores al nivel 12, donde se ha observado un incremento de fierro en la asociación mineralógica a profundidad, lo que origina problemas metalúrgicos por la presencia de minerales de alta temperatura, a lo largo y ancho del yacimiento. Este incremento de fierro da como resultado, concentrado de zinc de bajo grado; su calidad no cumple con el convenio de exportación a países como Rusia y Corea del Sur; donde el grado de Zn debe ser como mínimo del 54% y 8% para el Fe.

I.3.- MÉTODO DE TRABAJO

El trabajo se definió en dos fases: campo y gabinete.

El trabajo de campo consistió en geología de mina y mapeo geológico, juntamente con prospección superficial. Durante el trabajo de campo se definieron 7 áreas en la mina, uno por cada nivel (nivel 4, 6, 8, 12, 14, 16 y 18, Fig. No. 14); realizando muestreo en sus rebajes más importantes, tanto por su producción, dimensión, economía y su asociación mineralógica; se obtuvo un total de 20 muestras representativas para desarrollar estudios petrográficos y minerográficos por medio de láminas delgadas y superficies pulidas.

Posteriormente, se hizo un muestreo de los lugares de cada área (Fig. No. 19), con mayor probabilidad de problemas metalúrgicos, para ser analizadas por difracción de rayos X. Los problemas metalúrgicos presentes, son por el alto contenido de Fe en el concentrado de zinc; ocasionado por el incremento de pirrotita. La aplicación del método de difracción de rayos X nos ayudó a definir la presencia de la pirrotita hexagonal (no magnética) asociada a la pirrotita monoclinica.

La planeación del trabajo de gabinete, se sustentó en el desarrollo de una etapa preliminar al trabajo de campo, que consistió en buscar información de la zona del distrito San Martín y los estudios geológicos, geofísicos y petrográficos realizados en la mina.

Finalmente, se procedió a integrar la información para establecer su importancia en el contexto geológico del yacimiento, a partir de la cual se generaron gráficas de los elementos; como base se tuvieron los cálculos de los bloques de reservas y el resultado del muestreo sistemático realizado en tablas y cielo de cada rebaje de la mina.

Las muestras de mineral para estudios minerográficos y petrográficos, se seleccionaron tomando en cuenta el mapeo geológico y los cambios fuertes de mineralización en las diferentes áreas del depósito mineral en todos los rebajes de la mina; así como las muestras especiales para ser analizadas por difracción de rayos X.

II.- GENERALIDADES

II.1.- LOCALIZACIÓN

El distrito minero de San Martín está situado en la parte occidental del estado de Zacatecas; en el poblado de San Martín, municipio de Sombrerete, con las siguientes coordenadas geográficas 23° 36' 54" de latitud norte y 103° 44' 05" de longitud al oeste de Greenwich (Fig. No. 1).

II.2.- VIAS DE ACCESO

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

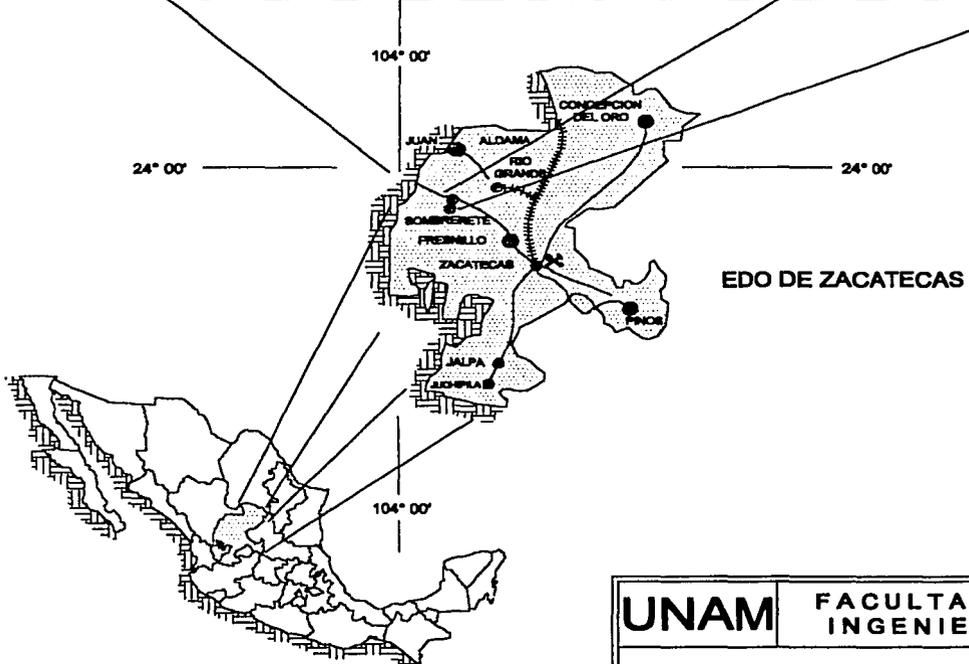
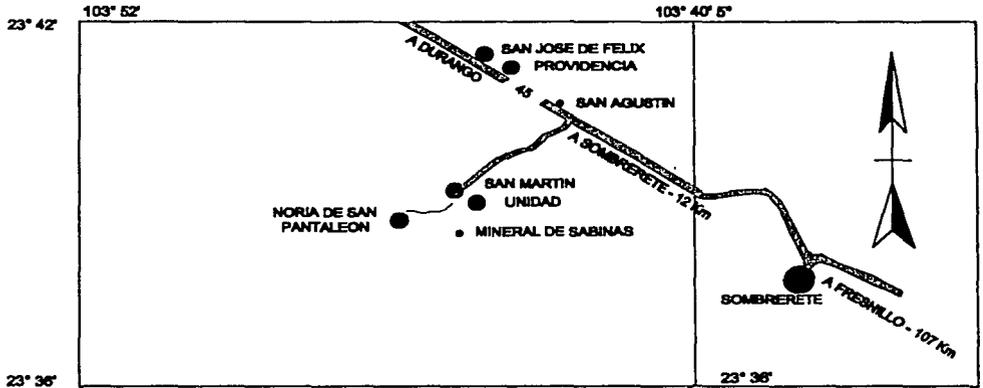
La ciudad de Sombrerete inicialmente contaba además, de la carretera Panamericana, con una estación de Ferrocarriles Nacionales de México, que entronca con la línea general en la población de Felipe Pescador Zac.; este ferrocarril corre de la Ciudad de México a Ciudad Juárez. La Unidad cuenta con pista de aterrizaje para avionetas en San Juan de Álamo, a 15 kilómetros hacia el oeste de la Unidad.

II.3.- HISTORIA

El descubrimiento del mineral de San Martín fue en el año 1555, por el capitán Juan de Tolosa, uno de los principales fundadores de Zacatecas, y los españoles Juan Bautista de Llerena, fundador de la Villa San Juan Bautista de Llerena, Real y Mina de Sombrerete; Martín Pérez fundador de Chalchihuites y Francisco de Ibarra, cuyo apellido lleva como nombre una de las vetas principales del yacimiento, conocida como Veta Ibarra.

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

PLANO DE LOCALIZACIÓN



UNAM	FACULTAD DE INGENIERIA
PLANO DE LOCALIZACION	
TEBIS PROFESIONAL	J. ELFEGO CRUZ DELGADO
MEXICO, D.F. 2002	FIG. No. 1

En el año de 1561, San Martín fue sitiado por los indios Chichimecas; por lo que fue necesario que se contara con una guarnición permanente de soldados españoles para la protección de los trabajos que ahí se realizaban durante toda la época de la colonia.

Desde 1561 hasta la independencia, el mineral de San Martín fue explotado por los españoles en socavones y labrados cercanos a la superficie. Después de la independencia se interrumpen los trabajos y hasta finales del siglo XIX intervienen capitales extranjeros.

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

En el año de 1951, el 8 de febrero se formó la Empresa Impulsora Minera México, S. A., para proveer capital norteamericano a la minería mexicana; actuaba como intermediaria entre las grandes empresas americanas y los mineros en pequeño de México.

En 1952, la Impulsora inició sus actividades en San Martín, y el primero de enero de 1953, se formó la Cía. Minera San Martín, que operaría la mina, y la Cía. Minera Beneficiadora de Sombrete S.A., con el primer molino que se instaló en San Martín, después de la adquisición de capitales tanto de la Cía. Minera Dos Estrellas como de la Impulsora Minera de México S. A.

Estas dos empresas se fusionaron en Minera San Martín S.A. de C. V., que posteriormente pasó a formar parte del inmenso consorcio minero mundialmente conocido por ASARCO, que inició sus trabajos en San Martín a partir del 11 de junio de 1958 como compañía Minera Asarco S. A., después cambió su denominación el 17 de junio de 1965 a Asarco Mexicana S. A.; a raíz de la nacionalización de la empresa antes citada y a partir del 24 de mayo de 1974, cambió a la razón social de Industrial Minera México S. A. de C. V. (I.M.M.S.A.), hoy Grupo México.

En la actualidad la Unidad San Martín, propiedad de I.M.M.S.A., es una de las más importantes productoras de cobre, plata, zinc y plomo de la República Mexicana.

III.- FISIOGRAFIA

El área que comprende el distrito minero de San Martín está situada dentro de la provincia fisiográfica de la Sierra Madre Occidental, subprovincia de Sierras y Bolsones (Raisz, 1959), en las proximidades del límite oriental de esta última (Fig. No. 2). Sin embargo, metalogénicamente pertenece a la provincia de la Mesa Central (Damon y Clark, 1979); al situarse en las estribaciones de la Sierra Madre Occidental y contener depósitos minerales con características análogas a tal provincia metalogénica (Fig. No. 3), en este caso remplazamientos en calizas y formación de skarn principalmente.

Es característico encontrar colinas suaves y redondeadas, resistentes a la erosión con pendientes leves, principalmente en rocas de tipo sedimentario; en ellas, el drenaje intermitente que se desarrolla es de tipo radial; por el contrario, las rocas ígneas se distinguen de las demás por sus acantilados y por lo denso y dendrítico de sus arroyos. Localmente, las elevaciones son del orden de los 300 metros. Regionalmente la zona se ubica en la parte más elevada del Edo. de Zacatecas.

III.1.- OROGRAFÍA

En el área predominan rocas sedimentarias que forman cerros con pendientes suaves y zonas pequeñas de rocas ígneas que se caracterizan por sus pendientes muy abruptas. La topografía del terreno está regulada por el tipo de roca y el clima principalmente. La elevación promedio es de 250 metros sobre las planicies circunvecinas y alcanza su máxima altura en el cerro del Papantón, que tiene 3,126 m.s.n.m.

III.2.- HIDROGRAFÍA

El patrón de desagüe en las rocas sedimentarias es de tipo radial y subparalelo, mientras que en las volcánicas se desarrolla de tipo dendrítico. Los arroyos que existen en el área del distrito de San Martín son intermitentes, como el arroyo la Herradura, la Marta, Santa Emiliana, el Pino, el Durazno, y otros de menor importancia (Fig. No. 4). El periodo de lluvias es entre los meses de junio a septiembre, con una precipitación anual de 380 mm.

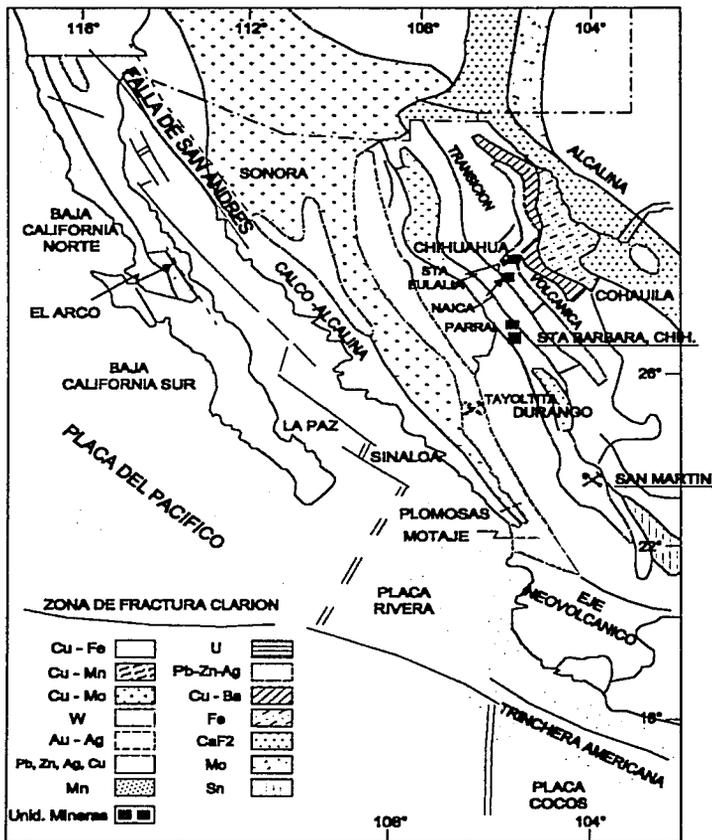


EXPLICACION

- Límite de las provincias fisiográficas
- - - Límite de las subprovincias fisiográficas
- Límite Internacional
- AREA DE ESTUDIO

RAIBZ 1999 CON MODIFICACIONES

UNAM	FACULTAD DE INGENIERIA
PROVINCIAS FISIOGRAFICAS DEL NORTE Y CENTRO DE MEXICO	
TENIS PROFESIONAL	J. ELFEGO CRUZ DELGADO
MEXICO, D.F. 2002	FIG. No. 2



TOMADO DE DAMON Y CLARK (1979)
MODIFICADO

UNAM

**FACULTAD DE
INGENIERIA**

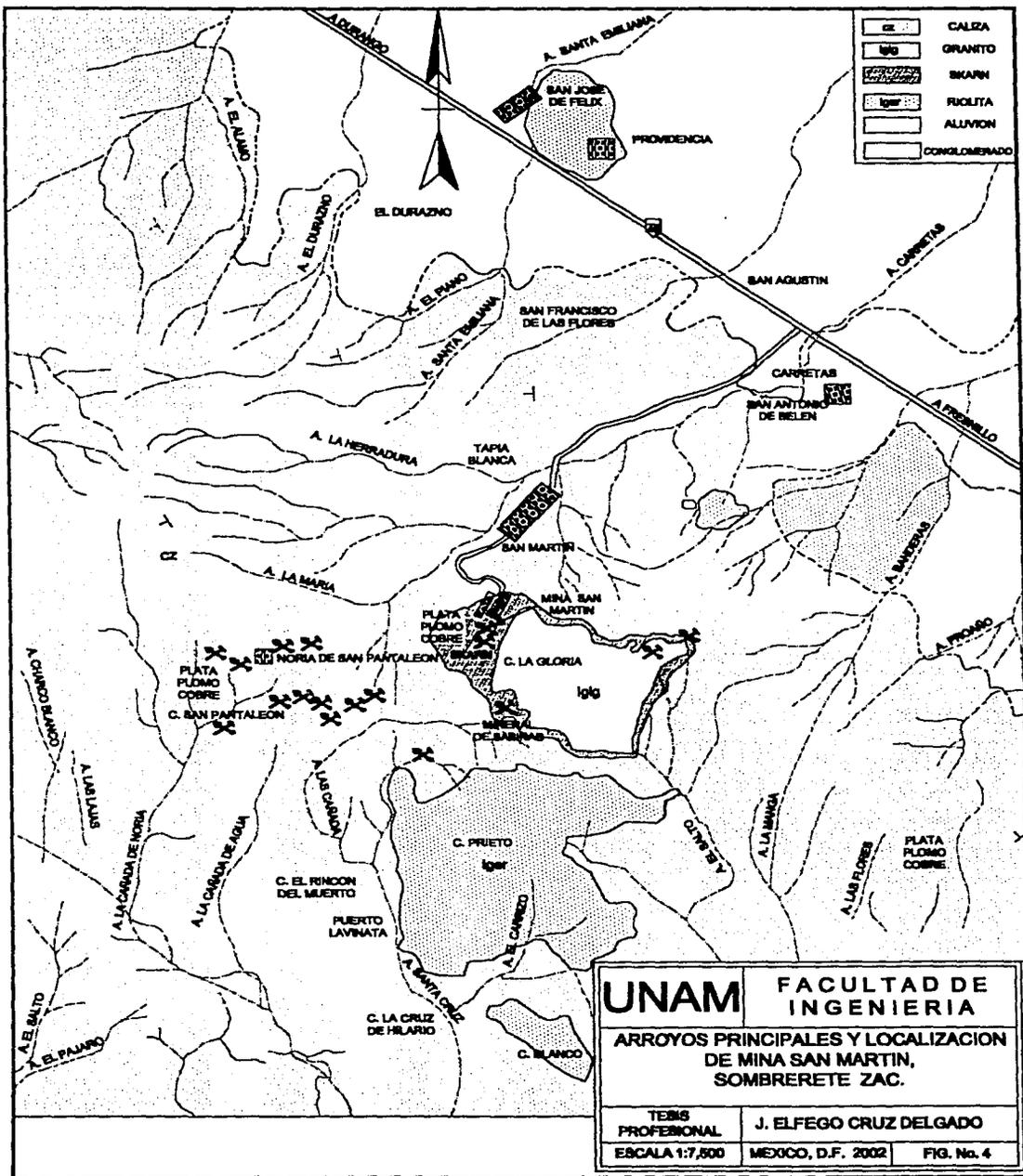
**LOCALIZACION DE SAN MARTIN
EN RELACION A PROVINCIAS
METALOGENICAS DEL NW DE MEXICO**

TESIS
PROFESIONAL

J. ELFEGO CRUZ DELGADO

MEXICO, D.F. 2002

FIG. No. 3



TESIS CON FALLA DE ORIGEN

IV.- GEOLOGÍA

Dentro del área que comprende el Distrito Minero de San Martín, afloran rocas sedimentarias marinas y se reconocen las formaciones Cuesta del Cura e Indidura, varios intrusivos graníticos, siendo el más importante el que aflora en el cerro de la Gloria, con una aureola de rocas metamórficas (skarn-hornfels); también afloran rocas volcánicas de composición riolítica y como producto de la erosión, los valles están cubiertos por una capa de conglomerados y material aluvial (Fig. No. 5).

IV.1.- LITOLOGÍA Y ESTRATIGRAFÍA

FORMACIÓN CUESTA DEL CURA

a) Definición.-

Imlay (1936, p. 1125) definió como formación Cuesta del Cura a una secuencia de calizas de color gris oscuro ondulada, con intercalaciones de pedernal negro y designó como localidad tipo La Cuesta del Cura, situada a 6.4 kilómetros al oeste de Parras Coah., donde fue medido un espesor de 65 metros y se encuentra entre las formaciones Aurora abajo e Indidura arriba.

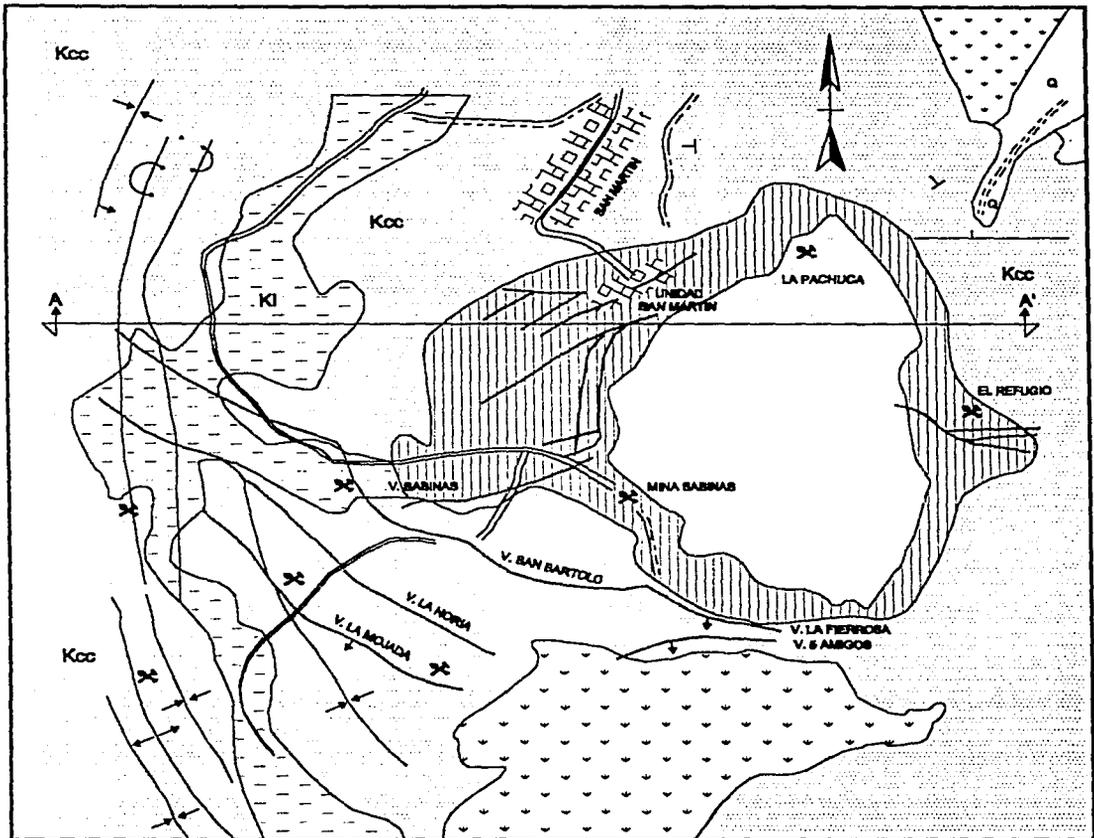
b) Litología y Sedimentología

En el área del distrito de San Martín, se presenta como caliza gris oscura, de estratos ondulantes e intercalaciones de pedernal negro. Los estratos de caliza están bien marcados, son uniformes y sus espesores varían de 5 a 40 cm, cortados por abundantes fracturas rellenas de calcita; se observa claramente la estratificación ondulante; intercaladas con las calizas, se presentan calizas arcillosas en espesores muy delgados (3 a 5 cm), y lutitas negras que por intemperismo son de color amarillito-verdoso. Hacia la cima de la formación aumenta el espesor de las calizas arcillosas. En ellas se han encontrado moldes de amonitas mal preservados, lo que dificulta su clasificación exacta, pero se le puede ubicar en el Albiano Superior-Cenomaniano Inferior (Fig. No. 6).

La formación Cuesta del Cura se depositó en ambientes de cuenca en los mares del Albiano, en el cual hubo transgresión; sin embargo, el aumento de terrígenos al inicio del Cenomaniano indica depósitos en condiciones regresivas.

c) Distribución y espesor.-

La formación Cuesta del Cura, es la roca encajonante del distrito de San Martín y se conoce desde superficie por los afloramientos del Cerro la Gloria y a profundidad por barrenos a diamante, dados desde el interior de la mina. Esta formación tiene un total de 710 metros de espesor.



LEYENDA

CUATERNARIO	RECIENTE		CONTACTO GEOLOGICO	
	MIOCENO		ANTICLINAL RECURBENTE	
TERCIARIO	OLOCENO		SINCLINAL RECURBENTE	
	TURONIANO		OBRA MINERA	
CRETACICO	CENOMANIANO		RUMBO Y ECHADO	
	ALBIANO		VETAS	
	CENOMANIANO		SINCLINAL	
	FALLA		ANTICLINAL	
	POBLACION		FRACTURA	
	ALREOLA METAMORFICA		CAMINOS	
	TIPO			

UNAM	FACULTAD DE INGENIERIA
GEOLOGIA LOCAL DE SAN MARTIN	
TESIS PROFESIONAL	J. ELFEGO CRUZ DELGADO
ESCALA 1:2,800	MEXICO, D.F. 2002
	FIG. No. 5

d) Relaciones Estratigráficas y Correlación.-

El contacto inferior con la Formación la Peña, no se observa. El contacto superior es concordante y transicional con la formación Indidura, y se observa donde desaparecen las bandas de pedernal y la estratificación ondulante apreciándose el predominio de lutitas intercaladas con calizas arcillosas.

Se correlaciona con el miembro superior de la formación Tamaulipas Superior de la Cuenca Salinas-Ramos; con la formación El Abra de la Cuenca Tampico-Misantla; con la caliza Monclova y con el Grupo Washita del noroeste de México y oriente de Texas, U.S.A. (Fig. No. 6).

e) Fósiles y Edad.-

De acuerdo con los fósiles identificados y enlistados en la Tabla No. 1, la edad que se le asigna es del Albiano-Cenomaniano.

Tabla No. 1 Fósiles identificados en el cerro Papantón y su edad.

* Turrilites schencheerianus	Cenomaniano Superior
* Crioceras sp.	Vraconiano
* Calcisphaerula innominata	Albiano-Santoniano
* Pithonella ovalis	Albiano Medio-Santoniano
** Pithonella trejoi	Albiano Superior-Cenomaniano
** Rotalipora sp.	Cenomaniano-Santoniano

* Estudiados por Blanca E. Buitrón en 1978 (Informe inédito. Instituto de Geología, UNAM) .

** Estudiados por Ricardo B. Montoya del Instituto Mexicano del Petróleo (Informe Técnico), 1978.

FORMACIÓN INDIDURA

a) Definición.-

El nombre de formación Indidura fue aplicado primeramente por Kelly (1936, p. 1028) en la región de Delicias Coahuila, y la bautizó por el afloramiento localizado en el flanco oriental del Cerro de la Indidura, aproximadamente a 8 kilómetros al norte del Tanque Toribio. En este sitio la formación consiste de 30 metros de lutitas y calizas quebradizas y calizas lamosas, que suprayace directamente a la formación Aurora y contiene fósiles del Albiano Tardío, Cenomaniano y Turoniano.

Posteriormente Imlay (1936, p. 1692) definió a la misma formación en la Sierra de Parras. De acuerdo con su descripción, la unidad descansa sobre la caliza Cuesta del Cura y subyace al flysch Caracol o Lulita Parras y pertenece a una edad del Cenomaniano al Coniaciano.

TABLA DE CORRELACION ESTRATIGRAFICA

ERA	SISTEMA	SERIE	PISO EUROPEO	GRUPO (1)	EDAD (2)	HOJA APIZOLAYA (3)	DISTRITO DE CONCEPCION DEL ORO (4)	AREA DE ESTUDIO (5)	HOJA EL SALADO		
CENOZOICA	CUAT.	RECIENTE				ALUVION	ALUVION	ALUVION	ALUVION		
		PLEISTOCENO					CONGLOMERADO				
	TERCIARIA	PLIOCENO									
		MIOCENO									
		OLIGOCENO					ROCAS IGNEAS		RIOLITAS		
		EOCENO					FORMACION AHUICHILA	FORMACION AHUICHILA	GRANODIORITAS	FORMACION AHUICHILA	
	PALEOCENO										
MESOZOICA	CRETACICO	SUPERIOR	GOLFIANA	MAESTRICHTIANO	NAVARRO						
				SENONIANO	CAMPANIANO	TAYLOR					
					SANTONIANO	AUSTIN					
		CONIACIANO									
				TURONIANO	EAGLE FORD						
		INFERIOR		COMANCHEANO	ALBIANO	CENOMANIANO	WOODBINE	110	FORMACION INDIDURA	FORMACION INDIDURA	FORMACION INDIDURA
	SUPERIOR		WASHITA				CALIZA CUESTA DEL CURA	CALIZA CUESTA DEL CURA	CALIZA CUESTA DEL CURA	CALIZA CUESTA DEL CURA	
	MEDIO		FREDERICKS BURG				FORMACION CARACOL	F. CARACOL		FORMACION CARACOL	
			INFERIOR	TRINITY		LUTITAS PARRAS	LUTITAS PARRAS				
	COAHUILIANA		NEOCOMIANO	APTIANO	NUEVO LEON		FORMACION INDIDURA	FORMACION INDIDURA		FORMACION INDIDURA	
				BARRENIANO			FORMACION INDIDURA	FORMACION INDIDURA		FORMACION INDIDURA	
		HAUTERIVIANO				FORMACION INDIDURA	FORMACION INDIDURA		FORMACION INDIDURA		
		VALANGINIANO	DURANGO			FORMACION INDIDURA	FORMACION INDIDURA		FORMACION INDIDURA		
		BARRIASIANO				FORMACION INDIDURA	FORMACION INDIDURA		FORMACION INDIDURA		
	JURASICO SUPERIOR	SABINIANA	TITHANIANO	COTTON VALLEY O LA CASITA			FORMACION LA CAJA	FORMACION LA CAJA		FORMACION LA CAJA	
			PORTLANDIANO								
			KIMMERIDGIANO								
			OXFORDIANO	ZULOAGA							



AUSENCIA DE FORMACIONES INTERMEDIAS



AUSENCIA DE AFLORAMIENTO

- (1) DEL SUR DE TEXAS Y NORESTE DE MEXICO
- (2) MILLONES DE AÑOS SEGUN LA ESCALA GEOCRONOLOGICA DE KULP (1961, P.III)
- (3) CORDOVA ET. AL. (1964)
- (4) ROGERS ET. AL. (1966)
- (5) EL PRESENTE TRABAJO

UNAM
FACULTAD DE INGENIERIA

TABLA DE CORRELACION ESTRATIGRAFICA

TEBIS
PROFESIONAL

J. ELFEGO CRUZ DELGADO

MEXICO, D.F. 2002

FIG. No. 8

b) Litología y Sedimentología.-

En el distrito de San Martín, ésta formación aflora en las prominencias topográficas formadas por la caliza Cuesta del Cura; por esta razón se le encuentra en franjas arcillosas y bastante erosionadas que bordean ambos lados del cerro del Papantón.

La unidad consiste primordialmente de lutitas en alternancia con calizas arcillosas de grano fino; con estratos de 10 a 30 cm de espesor. Las primeras son de color verde oscuro a negro, muy fisiles; el color de intemperismo es pardo claro y amarillo oscuro. Las calizas son de grano muy fino y pasan gradualmente a calizas arcillosas con estratos de 10 a 40 centímetros de espesor; su color es gris oscuro a negro y su color de intemperismo es gris claro con tintes amarillos; aisladamente se observan lentes de pedernal negro con espesores de 5 centímetros.

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

c) Distribución y Espesor.-

En el arroyo de la Herradura (Tapia Blanca, a 2 km. hacia el norte de la Unidad San Martín, Fig. No. 4), se midió una sección estratigráfica de aproximadamente 1.262 metros, que incluye a las formaciones Cuesta del Cura e Indidura; el espesor de esta última fue de 575 metros, siendo el espesor real (dado el plegamiento existente) de aproximadamente 282 metros (Castillo, 1976: Fig. No. 7). En la sección medida se colectó un ejemplar de *Inoceramus Labiatus*, fósil índice del Turoniano, lo que indica que la edad de la Indidura en el área del distrito de San Martín es del Cenomaniano-Turoniano.

d) Relaciones Estratigráficas y Correlación.-

La formación Indidura es correlacionable con la formación Agua Nueva, descrita en el área de Monterrey N.L. (por Rogers 1961, pag. 102), por la semejanza en su litología. Se correlaciona con la formación Agua Nueva del centro de México; con la formación Soyatal de Ixmiquilpan; con la Caliza Sierra Madre en Tabasco, con la parte superior de la caliza El Abra y de las facies Tamabra de la Cuenca Tampico-Misantla; con la formación Eagle Ford de Coahuila y Texas y con la parte baja de la formación Ojinaga de Chihuahua (Fig. No. 6).

e) Fósiles y Edad.-

Fauna colectada y determinada:

1.- *Inoceramus labiatus* (Turoniano)

Por su posición estratigráfica y fósil índice, pertenece a la edad Cenomaniano Tardío y Turoniano.

**SECCION ESTRATIGRAFICA
SOBRE EL ARROYO DE LA HERRADURA
2 Km AL NORTE DE LA UNIDAD SAN MARTIN**

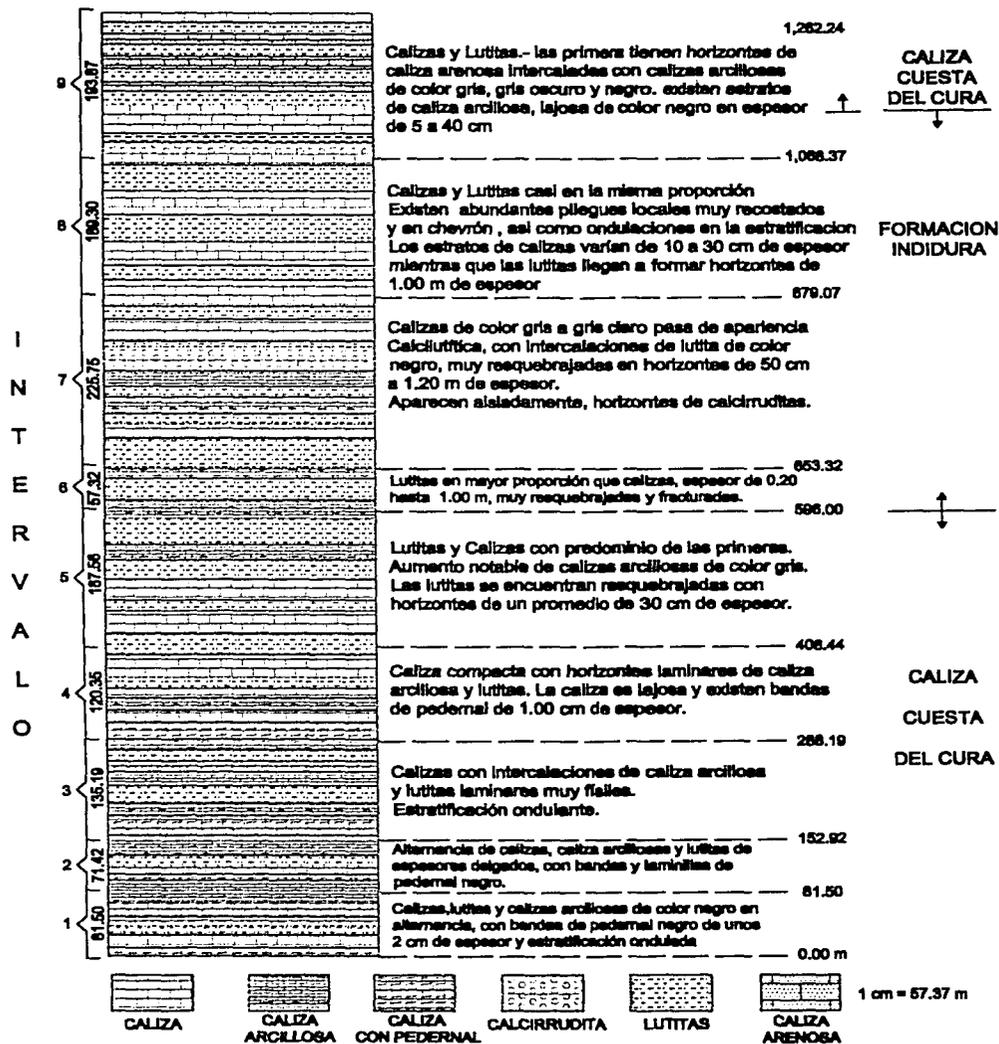


FIG. No. 7

TESIS CON
FALSA DE ORIGEN

ROCAS INTRUSIVAS

Dentro del área de estudio se tiene un cuerpo ígneo intrusivo de composición granodiorítica-cuarzomonzonítica de forma elíptica irregular; que intrusión a la Caliza de la formación Cuesta del Cura; en la superficie su diámetro mayor es de 2 km. y de 1.5 km. su diámetro menor (Fig. No. 5).

El intrusivo presenta en cuanto al grado de cristalización, una textura holocristalina porfídica, siendo más equigranular con la profundidad (Rubin, B. S. 1986.). En estudios hechos en láminas delgadas de cuatro muestras diferentes del cerro de la Gloria se observan: fenocristales de cuarzo, plagioclasas y feldespato potásico (ortoclasa); el clinopiroxeno (hedenbergita), la hornblenda y biotita son menos abundantes; y como minerales accesorios están: esfena, magnetita, zircón y allanita; otros minerales producto de la alteración hidrotermal son: clorita y epidota de los minerales máficos y la sericita de feldespatos (Tabla No. 2). (Rubin, B. S., 1986).

En otra muestra obtenida en el interior de la mina (nivel 8), se observó: cuarzo, feldespatos potásicos, plagioclasas, biotita, calcita y como producto de la alteración clorita y sericita (Tabla No. 2) (Cuevas P. E., 1980).

Tabla No. 2. Minerales observados en láminas delgadas de muestras obtenidas del intrusivo del cerro de la Gloria.

Mineral	Muestra No. 1	Muestra No. 2	Muestra No. 3	Muestra No. 4	Muestra de mina
Cuarzo	25%	22%	29%	19%	20%
Plagioclasas	35%	43%	38%	47%	32%
Feldespatos K	25%	28%	30%	25%	30%
Biotita	—	—	1%	2%	7%
Hornblenda	14%	—	2%	2%	—
Clinopiroxenos	—	7%	—	4%	—
Allanita	tr	tr	—	—	—
Esfena	—	tr	—	tr	—
Zircón	—	tr	tr	tr	—
Magnetita	1%	tr	tr	1%	tr
Clorita	tr	tr	tr	tr	5%
Calcita	tr	tr	tr	tr	3%
Sericita	—	—	—	—	3%

tr = traza

El intrusivo en el interior de la mina, forma una serie de apófisis que se han localizado con barrenación a diamante y por obra directa; interpretados en secciones hechas cada 25 metros. Estos apófisis en la mayoría de los casos contienen mineral diseminado, principalmente calcopirita y esfalerita.

En 1983 Damon y otros, fecharon la biotita del stock granodiorítico con el método K-Ar, asignando una edad de 46.2 ± 1 m. a., edad correspondiente al Oligoceno, lo que parece razonable su intrusión después de la Orogénia Laramídica y antes del vulcanismo ácido del Mioceno (Escandón, 1973).

ROCAS EXTRUSIVAS

Sobre las formaciones Cuesta del Cura e Indidura se tiene discordantemente una secuencia de derrames riolíticos de espesores aún no medidos; forman el Cerro Prieto y cubren una superficie aproximada de 3.68 kilómetros cuadrados (Fig. No. 4). Presentan gran cantidad de fracturas, las cuales en su mayoría tienen un rumbo general de NE-SW. Sus contactos suprayacentes a las calizas son muy irregulares y forman escarpes profundos.

Esta roca presenta textura piroclástica, afanítica, con poco contenido de fragmentos; los minerales esenciales son: el cuarzo y los feldespatos. se observan trazas de minerales máficos; en general las riolitas son de color rojizo muy claro y pardo. Se han clasificado como tobas riolíticas, y tentativamente se les ha asignado edad que va del Oligoceno Tardío al Mioceno, por ser posteriores a la mineralización y por correlación litológica con las grandes emisiones volcánicas ácidas de la Meseta Central y la Sierra Madre Occidental.

Hacia el sur del distrito hay un dique de riolita porfirítica cubierta en partes por riolita afanítica y tobas ácidas (Fig. No. 9). Este dique esta a 400 metros al sur del tronco intrusivo, mide 300 metros de ancho. El dique fué fechado como 44.1 m.a. (Damon, 1983). Esto indica que las volcánicas ácidas del distrito ocurrieron 2 millones de años después del tronco intrusivo del Cerro la Gloria.

ROCAS METAMÓRFICAS

La intrusión del tronco granodiorítico formó una aureola metamórfica en el contacto con las calizas de la formación Cuesta del Cura; la extensión de la aureola alcanza una longitud de 1.8 kilómetros al poniente, donde el intrusivo tiene una inclinación de 60° de echado al oeste; en el flanco oriente la inclinación del intrusivo es de 70° a 80° de echado al este, por lo que el halo metamórfico tiene extensión variable de 60-80 metros de ancho (Fig. No. 5).

La aureola metamórfica está formada por skarn de granate, en el cual se observan estratos silicificados, y otros simplemente recrystalizados en la zona del exoskarn (marmol). Por su mineralogía la aureola se divide en cuatro zonas, del intrusivo hacia la aureola metamórfica (Aranda, 1978).

1.- ZONA DE CUARZO SACAROIDE (ENDOSKARN)

Está restringida a lo que es propiamente el contacto de las rocas metamórficas con el intrusivo. El tamaño de los cristales de cuarzo tiene como promedio 0.8 mm. La roca presenta un color blanquecino con puntos negros, debido a la presencia de magnetita parcialmente alterada a hematita.

2.- ZONA DE FERROSILITA-GRANATE (SKARN)

Económicamente es la zona más importante, en la cual se formaron los cuerpos minerales de remplazamiento. Sus minerales más abundantes son granates de la serie grosularita-andradita; otros minerales comunes son ferrosilita y vesubianita, en tanto que escapolita, epidota y cuarzo también se observan con menor frecuencia.

3.- ZONA DE TREMOLITA - GRANATE (SKARN)

Ocurre en el extremo exterior de la aureola metamórfica (zona noroeste); el rasgo característico es la presencia de pequeños grupos radiales de tremolita-actinolita y granates muy finos en caliza (contacto transicional con la zona de granate).

4.- ZONA DE TREMOLITA - ACTINOLITA - CALCITA (EXOSKARN)

Se presenta alrededor de la aureola metamórfica en contacto con las calizas; la tremolita-actinolita y la calcita recrystalizada caracterizan a esta zona.

CONGLOMERADO Y ALUVIÓN

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

IV.2.- EVOLUCIÓN GEOLÓGICA

Las rocas más antiguas que afloran en el área, son las calizas de la formación Cuesta del Cura; por lo tanto, la historia geológica de la región se describirá a partir del depósito de las calizas mencionadas (Fig. No. 8 y No. 9).

**COLUMNA LITOLÓGICA LOCAL
DE LA MINA SAN MARTÍN**

ERA	PERIODO	SERIE	FORMACION	COLUMNA	
CENOZOICA	CUATERNARIO	RECIENTE	ALUVION		
		PLEISTOCENO	CONGLOMERADO		
	TERCIARIO	PLIOCENO	DERRAMES ACIDOS		
		MIOCENO			
		OLIGOCENO	INTRUSIVO		
		EOCENO			
MESOZOICA	CRETACICO	PALEOCENO			
		MAESTRICHTIANO			
		SUPERIOR	SENONIANO		
			TURONIANO	INDIDURA	
			CENOMANIANO		
		INFERIOR	ALBIANO	CALIZA CUESTA DEL CURA	
			APTIANO		
			NEOCOMIANO		



NO AFLORA Ó EROSIONADO



DISCORDANCIA

UNAM

FACULTAD DE INGENIERIA

COLUMNA LITOLÓGICA LOCAL
DE LA MINA SAN MARTÍN

TEBIS
PROFESIONAL

J. ELFEGO CRUZ DELGADO

MEXICO, D.F. 2002

FIG. No. 8

ALBIANO - CENOMANIANO

Hacia el Albiano - Cenomaniano, el área del Distrito de San Martín fue sumergida y alcanzó su máxima profundidad; donde se depositaron los sedimentos calcáreos de la formación Cuesta del Cura; sin embargo, la presencia de capas de lutitas dentro de esta formación permite suponer que la línea de costa estuvo sujeta a oscilaciones.

CENOMANIANO - TURONIANO

Durante el Cenomaniano Temprano, las condiciones de depósito comenzaron a cambiar, ya que se pasó de la sedimentación calcárea a la calcáreo-arcillosas; esta última representada en el área por calizas arcillosas y lutitas de la formación Indidura. Este tipo de sedimentos indica una condición transgresiva y regresiva que tuvieron los mares durante todo el Turoniano.

SENONIANO

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

PALEOCENO - EOCENO

Durante el Paleoceno Tardío - Eoceno, tiene lugar la fase orogénica de la Revolución Laramídica, que dejó claras evidencias en las rocas, como abundantes pliegues. El análisis de los rumbos en las estructuras del área sugiere que las fuerzas actuaron del SW al NE.

OLIGOCENO

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

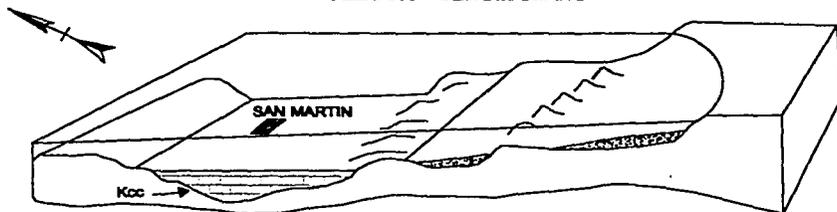
OLIGOCENO - MIOCENO

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

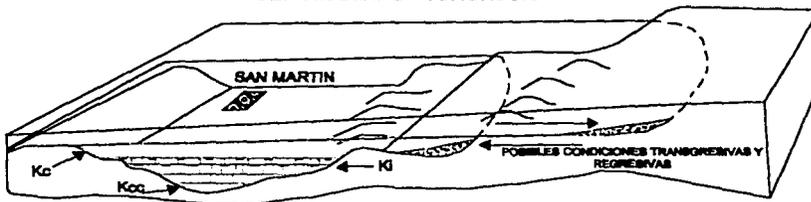
RECIENTE

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

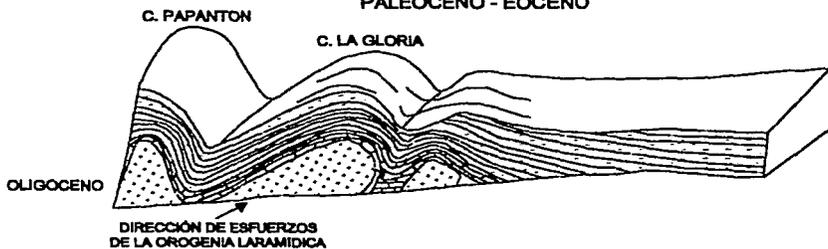
ALBIANO - CENOMANIANO



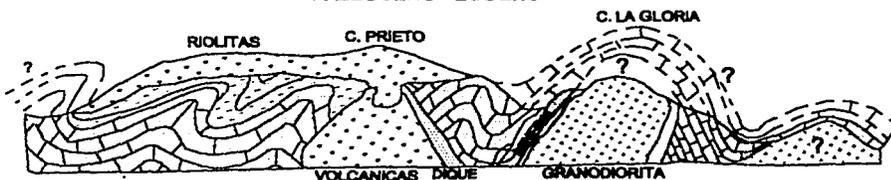
CENOMANIANO - TURONIANO



PALEOCENO - EOCENO



PALEOCENO - EOCENO



LEYENDA



UNAM

FACULTAD DE INGENIERIA

ESQUEMAS REPRESENTATIVOS DE LA EVOLUCION GEOLOGICA

TESIS PROFESIONAL

J. ELFEGO CRUZ DELGADO

MEXICO, D.F. 2002

FIG. No. 9

IV.3.- GEOLOGÍA ESTRUCTURAL

Dentro del área del distrito, los pliegues, al igual que las fracturas y fallas, tienen origen tectónico, como resultado del plegamiento de la Orogenia Laramídica, antes del vulcanismo ácido y como consecuencia de la intrusión del tronco granítico del cerro de la Gloria (Fig. No. 5).

La secuencia sedimentaria de la región de San Martín sufrió un plegamiento, cuyo eje axial tiene rumbo norte franco y en el que los estratos tienen echados que varían entre 10° y 50° al oriente y poniente; esto hace suponer que los esfuerzos causantes de los plegamientos actuaron en dirección SW-NE (Fig. No. 5).

Las formaciones Cuesta del Cura e Indidura presentan un sistema de fracturamiento con dirección preferencial al N - S; este sistema pudo haber tenido su origen durante la etapa de tensión y relajamiento que tuvo lugar después de la fase compresiva de la Orogenia Laramídica.

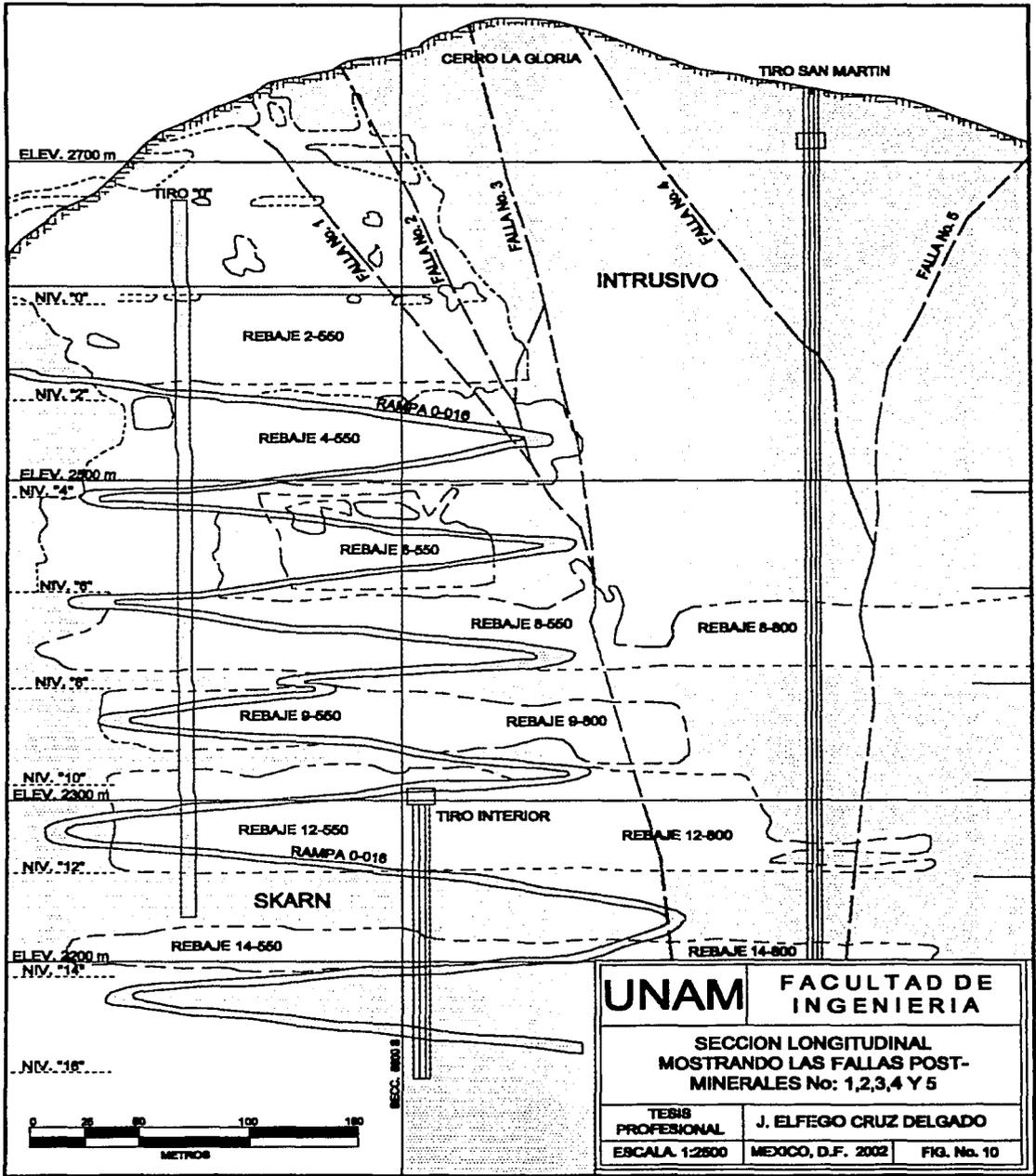
El fracturamiento irregular que se observa en las corrientes riolíticas dentro del distrito, es consecuencia del enfriamiento rápido, es decir, se trata de un fracturamiento tensional sin importancia.

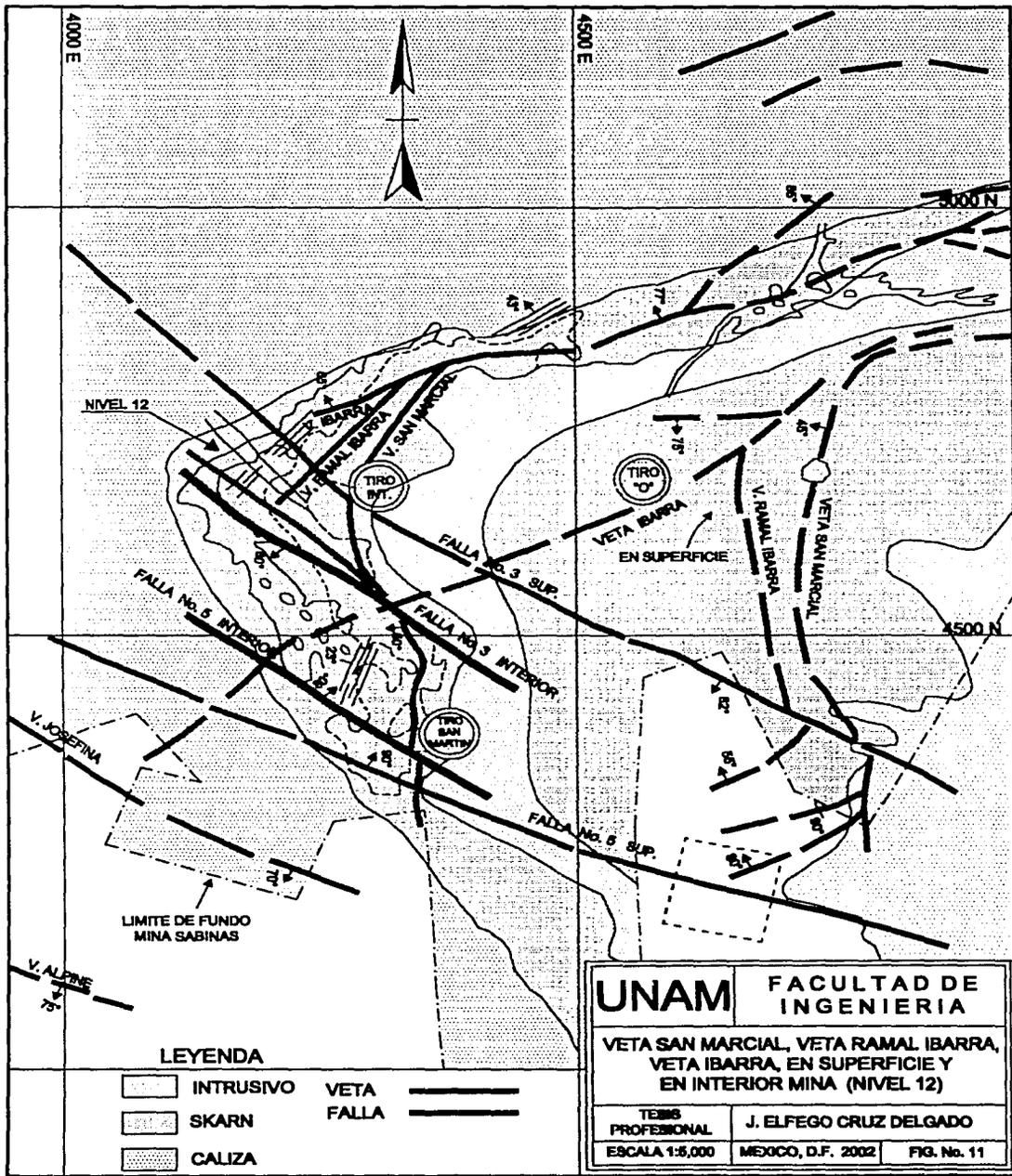
Uno de los sistemas de fallas y fracturas más importantes en el distrito es producto de la intrusión de la roca granodiorítica, que causó fallas normales las cuales son tangenciales o aproximadamente paralelas al contacto skarn - intrusivo; forma un sistema común con rumbo generalizado de NE 30° y echado también generalizado de 60° al poniente. Estas son vetas - fallas, por la presencia de material de falla (salbanda) que se observa, tanto al alto y al bajo de las propias vetas.

Los afloramientos de las vetas tienen una longitud horizontal de 900 metros (Fig. No. 5); la persistencia vertical se tiene explorada hasta el nivel 20 (2,000 m.s.n.m), con un total de 870 metros desde la superficie (cerro de la Gloria 2,875 m.s.n.m).

Después de la mineralización y posiblemente durante los derrames riolíticos y por tensión, se originó una serie de fallas escalonadas de tipo normal, denominadas por número 1, 2, 3, 4 y 5; transversales a las vetas, con rumbos generales de N 70° W y echados de 70° a 85° al sur y al norte (Fig. No. 10 y No. 11).

Con los levantamientos geológicos en los diferentes niveles se ha observado que dichas fallas a profundidad, tienden a disminuir el desplazamiento horizontal de las estructuras mineralizadas, así como su potencia. En los niveles superiores al nivel 14 desplazan a las vetas aproximadamente 20 metros horizontales (Fig. No. 11).





LEYENDA

- | | | | |
|---|-----------|-------|---|
|  | INTRUSIVO | VETA |  |
|  | SKARN | FALLA |  |
|  | CALIZA | | |

UNAM FACULTAD DE INGENIERIA

VETA SAN MARCIAL, VETA RAMAL IBARRA, VETA IBARRA, EN SUPERFICIE Y EN INTERIOR MINA (NIVEL 12)

TECNOLOGO PROFESIONAL J. ELFEGO CRUZ DELGADO

ESCALA 1:5,000 MEXICO, D.F. 2002 FIG. No. 11

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

En cuanto a la falla número 3, es una de las más persistentes a profundidad, tiene una longitud de 500 metros en la superficie y una profundidad conocida de 605 metros; el desplazamiento de las vetas es de 20 metros en los niveles 0, 2, 4, 6, y 9; en el nivel 12 y 14 el desplazamiento es mínimo (Fig. No. 11).

La falla número 4 tiene afloramiento horizontal aproximado de 60 metros y verticalmente está localizada en 230 metros, con desplazamiento horizontal de 18 metros. Esta falla se desprende de la falla número 5 a la elevación del nivel 4 (Fig. No. 10).

La falla número 5 se tiene mapeada en los rebajes 4-950, 9-875, 12-875, 14-800 y 16-800; se desprende a la elevación del nivel 4, formando la falla número 4.

V.- YACIMIENTO MINERAL

V.1.- TIPO DE YACIMIENTO

Es un clásico depósito tipo "skarn", formado por la intrusión del stock cuarzomonzonítico del Cerro de la Gloria (46 m. a.), en la caliza de la formación Cuesta del Cura (Cretácico Medio). La acción metasomática e hidrotermal resultante produjo una aureola alrededor del contacto intrusivo, la cual tiene concentraciones económicas de Cu, Zn, Pb, Ag y Au. Dos minas importantes se explotan este yacimiento (Fig. No. 4 y 5): La mina San Martín que extrae mineral de Cu-Zn-Ag-Pb de vetas y cuerpos de remplazamiento en el "skarn"; y la mina Sabinas que extrae mineral de Zn-Pb-Ag-Au de vetas tanto en el "skarn" como en calizas recristalizadas

Se observa que las unidades de pedernal y lutitas de la formación Cuesta del Cura sirvieron de barreras impermeables locales para la circulación de los fluidos hidrotermales, estas unidades están mineralizadas solamente a lo largo de las fracturas (Rubin, 1986). El sistema de vetas representa una serie de fracturas relacionadas con la intrusión, sensiblemente paralelas al contacto intrusivo y sirvieron de conductos principales a los fluidos que formaron el mineral del yacimiento San Martín.

Las estructuras mineralizadas son de forma irregular en cuanto a su espesor, tienen continuidad tanto lateral como a profundidad; en conjunto forman un gran cuerpo mineralizado, con intercalaciones de roca estéril (Fig. No. 11 y 12).

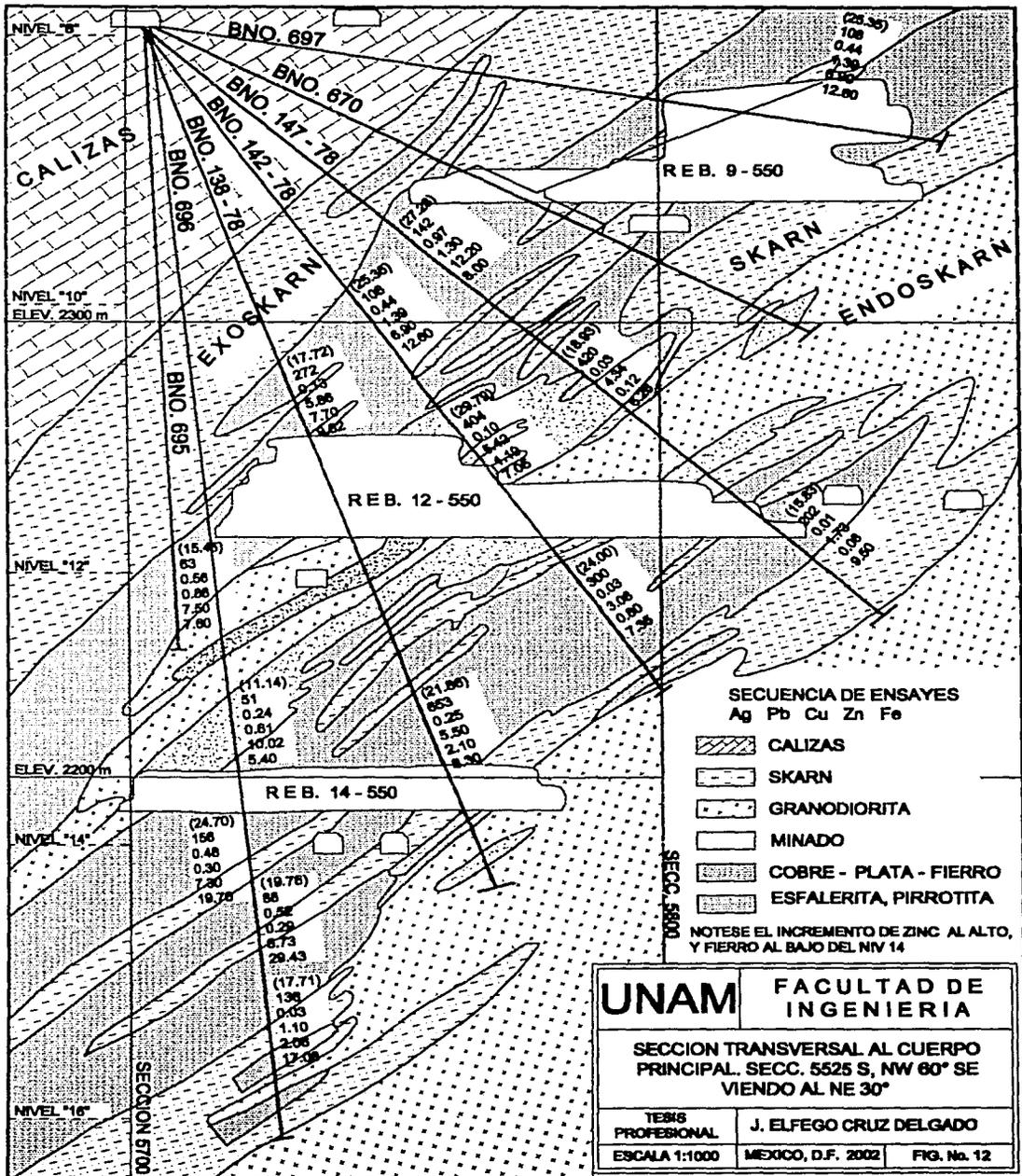
Los cuerpos de remplazamiento (mantos de mineral), están estrechamente relacionados con las vetas y estas a su vez, con el intrusivo; se presentan en forma tabular, cuyos espesores son muy variables, que van de 5 a 40 centímetros (intercalados en el skarn y estratos silicificados).

V.2.- GÉNESIS DEL YACIMIENTO

Los yacimientos metasomáticos de contacto ("tipo skarn"), no se caracterizan tanto por los metales por los cuales se explotan (Fe, Cu, Zn, Pb, Ag, W, Mo y otros), ni por el hecho de que generalmente ocurren a lo largo de contactos ígneos, si no más bien por la naturaleza especial de su ganga (Burt y Petersen, 1974). La ganga de éstos depósitos es típicamente una mezcla de minerales de grano relativamente grueso, de silicatos anhidros e hidratados de los elementos Ca, Mg, Fe, Al, y Mn; formados por remplazamiento metasomático de la roca encajonante original.

El skarn de la aureola metamórfica del distrito minero de San Martín es de Ca-Fe y formado por remplazamiento de calizas relativamente puras y secuencias arcillosas, en los cuales predominan minerales ricos en Ca y Fe, como granates y/o piroxenos.

Datos de inclusiones fluidas sugieren que, al principio los fluidos hidrotermales fueron muy salinos (por lo menos 48% de NaCl), predominantemente magmáticos. Las temperaturas de deposición de los principales depósitos de sulfuros principiaron cerca de 425 °C y disminuyeron después. Los metales fueron transportados como complejos de cloruros, y el azufre fue transportado principalmente como SO₂. La deposición inicial de granate ocurrió entre aproximadamente 500°C y 550°C. A esta temperatura, el granate era primero inestable con respecto al clinopiraxeno y después a minerales de alteración calci-silicatada. La deposición inicial de sulfuros coincidió con la deposición tardía de granate, mientras que SO₂ se hizo inestable con respecto a H₂O y los complejos de cloruros de metales se hicieron inestable con respecto a los sulfuros. Es probable que este proceso fue causado por una combinación de disminución de la temperatura; y los valores de CO₂ en los fluidos hidrotermales eran bajos durante todo el proceso de metasomatismo calci-silicato y de la deposición de sulfuros. Las solubilidades de los metales fueron el control más importante del zonamiento de estos, a pesar de que la asociación de Cu y Ag es producto de la contracción termal del sistema hidrotermal, la cual resultó en la coexistencia de minerales de temperaturas bajas con minerales de temperaturas altas cerca del contacto intrusivo (Rubin, 1986).



NIVEL "8"

NIVEL "10"
ELEV. 2300 m

NIVEL "12"
ELEV. 2200 m

NIVEL "14"

NIVEL "16"

SECCION 5700

SECC. 5800

BNO. 697

BNO. 670

BNO. 147-78

BNO. 142-78

BNO. 138-78

BNO. 696

BNO. 695

EXOSKARN

SKARN

ENDOSKARN

REB. 9-550

REB. 12-550

REB. 14-550

(15.45)
0.83
0.88
0.86
7.50
7.60

(11.14)
51
0.24
0.61
10.02
5.40

(24.70)
156
0.48
0.30
7.30
19.78

(19.78)
88
0.58
0.29
6.73
29.43

(17.71)
138
0.03
1.10
2.08
17.08

(25.35)
108
0.44
9.36
6.90
12.80

(27.54)
145
1.51
3.28
2.08

(28.70)
434
0.10
1.48
1.88

(16.85)
508
0.24
0.12
1.38

(13.85)
83
0.01
1.28
9.20

(24.00)
90
0.08
3.58
7.38

(21.88)
83
0.25
2.50
4.30

V.3.- CONTROLES Y GUÍAS DE LA MINERALIZACIÓN EN LA MINA .

Los controles en la mineralización del yacimiento de la mina San Martín son de tipo litológico y estructural.

En los levantamientos geológicos hechos en todos los rebajes de la mina, se ha observado que la mineralización sigue ciertos horizontes de roca; tal vez por la diferencia en la composición química de un estrato a otro de la roca encajonante (alternancia de caliza y lutita). Los estratos mineralizados (mantos), son estratos silicatados y recristalizados (skarn de granate en una matriz de calcita); la alternancia sin mineral son estratos completamente silicificados.

El control estructural que se ha observado en las áreas con mayor concentración mineral, es donde los planos de estratificación tienen un mayor echado con respecto a la intersección de las vetas. Otro control estructural es el fracturamiento NE-SW (Fig. No. 10). que permite el flujo de la mineralización para su remplazamiento.

Una de las guías que se tienen para el desarrollo de los programas de exploración, es la extensión de la aureola metamórfica hacia el W del yacimiento principal, siendo esta la parte más amplia que circunda al intrusivo y por ser la roca en la cual se formó el remplazamiento mineral.

V.4.- DESCRIPCIÓN DE LAS VETAS:

Las vetas son muy irregulares, con anchos que varían de algunos centímetros a 2 metros de espesor; son paralelas al intrusivo y alcanzan hasta 900 metros de longitud horizontal en la superficie. (Fig. No. 5).

Las más importantes de las vetas conocidas en la mina de San Martín son: San Marcial, Ramal Ibarra, e Ibarra (Fig. No. 11). Las dos vetas mencionadas primero, son las que actualmente están produciendo el 90% de la explotación total del yacimiento de la mina San Martín.

VETA SAN MARCIAL

La veta San Marcial es la más importante, tanto estructural como económicamente: pues en ella están contenidas el 65% de las reservas de mineral explotable y de interés en la unidad San Martín. La longitud de su afloramiento es de 850 metros, con espesor medio de 2.00 metros; su rumbo varía de Norte-Sur a N 35° E; el echado buza al poniente y está determinado por el contacto del intrusivo, y a la disminución del echado del intrusivo corresponde la disminución del echado de la veta.

Tanto en la superficie como en el interior de la mina, la veta San Marcial es la más próxima al intrusivo y su mayor parte está dentro de la aureola metamórfica (Fig. No. 5 y 22).

En la parte sur de la mina, a la elevación del nivel 12, la Veta San Marcial cambia su rumbo general de Norte-Sur a N 35° E; el factor estructural que hizo este cambio, posiblemente es la falla no. 3, debido a que el intrusivo en esta zona forma una saliente hacia el poniente, y la veta que está estrechamente relacionada con el contacto del intrusivo, cambia su rumbo (Fig. No.11).

La asociación mineralógica que define a la veta San Marcial, consiste principalmente de calcopirita masiva, bornita, galena, tetraedrita, esfalerita, pirrotita y arsenopirita; la pirita, calcita y cuarzo en menor proporción son los minerales de ganga. En algunos rebajes se observa bornita con láminas de plata nativa.

Tabla No. 3. Ley media de reservas explotables de la veta San Marcial es la siguiente:

	TONS.	Ag(gr./ton.)	Pb(%/ton.)	Cu(%/ton.)	Zn(%/ton.)	Fe(%/Ton)	As(%/ton.
Probadas	5' 326,606	116	.23	1.02	4.25	9.15	.55
Probables	8' 780,134	122	.29	1.40	3.81	12.37	.59
TOTAL	14' 106,740	120	.26	1.25	3.97	11.15	.57

VETA RAMAL IBARRA

Está considerada como un ramaleo al alto de la veta San Marcial; las tres vetas se unen en la zona del desprendimiento; esto se observa tanto en superficie como en los rebajes de los niveles 4, 6, 9 y 12 donde se tiene mapeada entre las secciones 5425 y 5450 sur (Fig. No. 15).

La longitud de su afloramiento es de aproximadamente 450 metros. Su rumbo general es de N 30°E, con echado de 60° al poniente. La veta está constituida principalmente de calcopirita, galena, esfalerita, pirita y pirrotita, en ganga de calcita y sílice: el espesor medio es de 1.50 metros. A partir del desprendimiento, su longitud varía de 50 a 200 metros, con los minerales antes citados, pero al SE se convierte en veta de calcita, cuarzo y pirita, disminuyendo los minerales principales (calcopirita, galena esfalerita), (Fig. No. 15).

La veta Ramal Ibarra es la segunda en importancia, después de la veta San Marcial, desde el punto de vista económico, por la formación de cuerpos de remplazamiento (mineral entre ambas vetas, Fig. No.22). Los minerales más comunes de este remplazamiento son: esfalerita, calcopirita, pirrotita, arsenopirita, molibdenita y pirita.

En la actualidad estos cuerpos controlados por las estructuras de las dos vetas son los que se están explotando; se desarrollan rebajes con anchos de 50 a 80 metros y de 100 a 200 metros de largo. Su continuidad es conocida (de los cuerpos de remplazamiento) hasta el nivel 18 en obra directa, y hasta el nivel 20 por barrenación a diamante (elevación de 2000 m.s.n.m. Fig. No. 19).

Tabla No. 4. Ley media de reservas explotables de la veta Ramal Ibarra es la siguiente:

	TONELADAS	Ag(gr./ton.)	Pb(%/ton.)	Cu(%/ton.)	Zn(%/ton.)	Fe(%/ton.)	As(%/ton.)
Probadas	1' 608,552	89	.21	.82	4.70	8.59	.54
Probables	2' 906,875	114	.30	.94	4.50	8.58	.37
TOTAL	4' 515,427	105	.26	.89	4.57	8.58	.43

VETA IBARRA

La veta Ibarra se localiza al norte del Tiro Cero, entre las secciones 5425 sur y 5450 sur (Fig. No.15); aflora en superficie y se observa en los niveles 0, 2, 4, 6, 8 y 12 como un ramaleo, que se desprende de la veta San Marcial. En los niveles 8, 6, 4, 2 y 0 la veta se encuentra en contacto entre el skarn y el intrusivo: su mineralización económica disminuye al penetrar en este último.

La veta Ibarra aflora en la superficie a lo largo de 800 metros en la zona de skarn; su rumbo varia de N 65°E a N 35°E y su echado es de 60° a 85° al NW.

La mineralización es de galena y esfalerita en su mayor parte y ocasionalmente calcopirita, pirrotita, pirita, con estibinita muy esporádica. Hacia el sur, esta veta se aleja gradualmente de la veta Ramal Ibarra, por lo que el remplazamiento disminuye en forma notable a cuerpos pequeños y angostos, tanto horizontal como verticalmente.

Tabla No. 5. Ley media de reservas explotables de la veta Ibarra es la siguiente:

	TONELADAS	Ag(gr./ton.)	Pb(%/ton.)	Cu(%/ton.)	Zn(%/ton.)	Fe(%/ton.)	As(%/ton.)
Probadas	1' 774,640	88	1.02	.31	3.83	7.68	.43
Probables	1' 699,857	85	.54	.52	4.62	7.33	.14
TOTAL	3' 474,497	87	.78	.40	4.21	7.5	.28

V.5.- PARAGÉNESIS Y SUCESIÓN

Tanto las vetas como los cuerpos de remplazamiento tienen mineralogía típica de metasomatismo de contacto; en orden de abundancia los sulfuros y minerales identificados en la mina San Martín son:

NOMBRE	FORMULA QUÍMICA
Esfalerita	$Zn S$
Calcopirita	$Cu Fe S_2$
Bornita	$Cu_5 Fe S_4$
Arsenopirita	$Fe As S$
Esfalerita marmatítica	$(Zn, Fe, Cd, Mn) S$
Pirrotita	$Fe(1-x) S$
Galena	$Pb S$
Pirita	$Fe S_2$
En menor proporción hay también:	
Acantita	$Ag S$
Plata Nativa	Ag
Tetraedrita-Tenantita	$(Cu, Ag, Fe, Zn)_2 (Sb, As)_4 S_{13}$
Molibdenita	$Mo S_2$
Estibinita	$Sb_2 S_3$
Jamesonita	$Pb_2 Fe Sb_6 S_{14}$
Marcasita	$Fe S_2$
Grupo de la Calcosita	$Cu_{(2..)} S$
Stromeyerita	$(Cu, Ag)_2 S$
Covelita	$Cu S$
Pirargirita-Proustita	$Ag_3 (Sb, As) S_3$
Rejalgar	$As S$
Oropimente	$As_2 S_3$
Arsénico Nativo	$As (+ - Sb)$

Los minerales de ganga más comunes son:

Grosularita
Tremolita- Actinolita
Calcita
Fluorita
Cuarzo
*(Rubín 1986)

V.6.- DESCRIPCIÓN DE LA SUCESIÓN EN EL YACIMIENTO SAN MARTÍN

De acuerdo con el estudio mineragráfico realizado en las muestras seleccionadas de los diferentes niveles (Fig. No. 14) existen tres etapas de mineralización, presentes en el distrito San Martín (Aranda, 1978; Rubin, 1986 y Alvarez, 1992); la secuencia mineralógica propuesta es la siguiente: (Tabla No. 6).

1).- El primer mineral en depositarse en el yacimiento San Martín es el cuarzo idiomorfo en una zona que se desarrolló a partir de las paredes de las fracturas abiertas; la anortoclasa (adularia), probablemente se formó simultáneamente como reacción entre las rocas ígneas, principalmente de composición cuarzo-monzonítico-granodiorítico, un poco después empezaron a depositarse los primeros sulfuros y simultáneamente con un cuarzo de grano más fino y de extinción ondulante.

2).- El primer sulfuro en depositarse en los niveles más profundos es la arsenopirita, siempre presente en la zona cercana al intrusivo, con valores de Ag; posteriormente es seguida por la pirita, y la pirrotita que aparecen al mismo tiempo; siendo esta última rara en los niveles superiores de la mina, pero abundante a profundidad; en algunas zonas se asocia con altas concentraciones de cobre, cercanas al intrusivo en la veta San Marcial y en la intersección de las tres vetas principales; con la disminución de la temperatura se introducen minerales como la galena que en ocasiones reemplaza a la pirita-pirrotita y arsenopirita previamente depositadas. Este último mineral ocurre principalmente en las vetas, en forma de cristales cúbicos asociados con calcopirita y ocasionalmente con esfalerita.

3).- La bornita es abundante en los niveles superiores, viene a reemplazar a la arsenopirita y galena, y tiene una forma masiva ya sea sola o asociada con otros sulfuros.

4).- El siguiente mineral en formarse es la esfalerita, la que frecuentemente reemplaza a la galena; el contenido de hierro es variable (Burton, 1975), lo que significa que el mineral se formó dentro de un amplio intervalo de temperatura y bajo diversas condiciones químicas. Posteriormente el siguiente mineral metálico en formarse es la calcopirita localizada generalmente en los límites entre galena esfalerita o en zonas intersticiales posiblemente al final de la precipitación, y en una segunda etapa se acompaña de tetraedrita con soluciones ricas de plata.

5).- La marcasita se observa que se forma en dos etapas, una precoz discutible y otra después de la calcopirita asociada probablemente a una segunda generación de pirita (cabe hacer notar que el cuarzo de ganga continúa depositándose intermitentemente).

6).-Con el depósito de la tetraedrita se inicia la generación de los minerales con antimonio-arsénico-plata. Estas sulfosales llegan a formar inclusiones dentro de los minerales masivos ya depositados anteriormente; se observan en vetillas cercanas al intrusivo y posiblemente pertenecen a una segunda etapa de mineralización, en la cual la plata como elemento fue el último en precipitarse, por reacción con el azufre para formar los últimos sulfuros y sulfosales de plata.

7).- La plata nativa se asocia a la bornita en lentes transversales cortando a sulfuros.

8).- Posterior a los sulfuros, se depositaron los carbonatos y al último cuarzo. Los minerales de oxidación y de enriquecimiento supergénico como la calcosita, bornita y cerusita con otros óxidos de hierro son resultado de la alteración de minerales primarios.

Tabla No. 6. Secuencia generalizada de la paragénesis en el yacimiento de la mina San Martín.

(Estudio petro-minerográfico, realizado en 15 muestras representativas del Yacimiento San Martín).
(Alvarez, 1992; Aranda, 1978).

ESPECIE MINERAL	ETAPA TEMPRANA	ETAPA INTERMEDIA	ETAPA TARDÍA
CUARZO	_____	_____	
FELDESPATOS	_____		
ARSENOPIRITA	_____*	_____	
PIRITA	_____	_____	_____*
PIRROTITA	_____		
GALENA	_____	_____*	
BORNITA	_____*		
ESFALERITA	_____	_____*	
CALCOPIRITA	_____	_____	
MARCASITA	_____		
TETRAEDRITA - TENANTITA		_____	_____*
PLATA NATIVA			_____*
ACANTITA		_____	
ARGENTITA		_____	
PIRARGIRITA		_____	
MOLIBDENITA	___ ? ___		
CARBONATOS			_____
ESTIBINITA			_____*

* (Rubin J.N., 1986)

V.7.- OXIDACIÓN

La zona de oxidación tiene profundidad variable, debido posiblemente a la permeabilidad secundaria, ocasionada por fracturas y fallas; lo que se aprecia en las zonas de contacto (Fig. No. 13).

Se observan los minerales siguientes:

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

V.8.- ALTERACIÓN SUPERGENICA O SULFUROS SECUNDARIOS

La zona de enriquecimiento supergénico es muy variable, depende de la profundidad de la zona de oxidación y el inicio de la zona de sulfuros primarios; se observa en los contactos una gran alteración del intrusivo (cloritización, sericitación y argilización); Los minerales de oxidación y de enriquecimiento supergénico como la calcosita, bornita y cerusita con otros óxidos de hierro, son resultado de la alteración de minerales primarios.

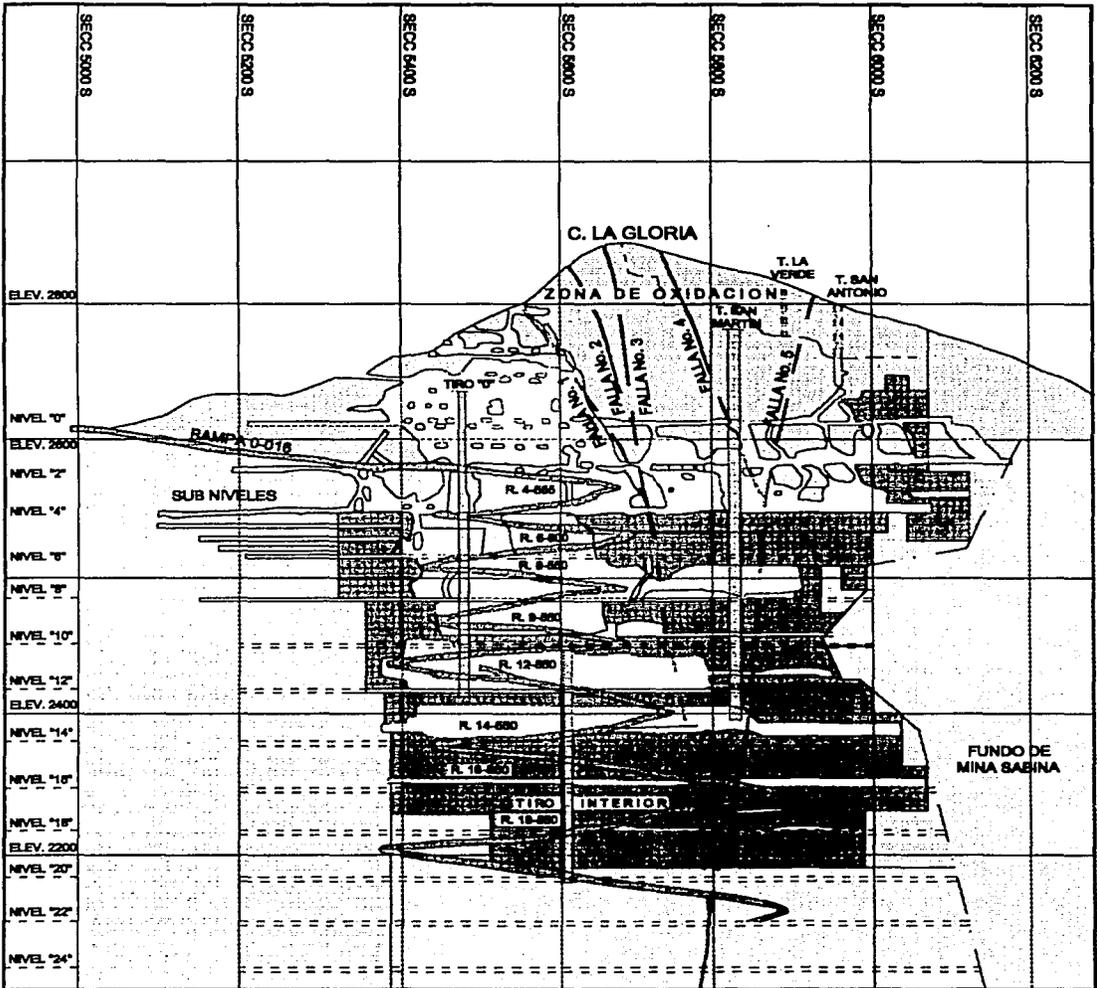
V.9.- ZONEAMIENTO LATERAL Y VERTICAL DEL CUERPO PRINCIPAL

Zoneamiento Lateral

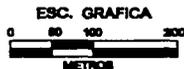
En base a mapeos (levantamientos geológicos de rebajes y frentes de todos los niveles) y realizando planos de isovalores; la mineralogía de depósito consiste principalmente de calcopirita-bornita-arsenopirita, marmatita, pirrotita, esfalerita, galena, pirita y estibinita en proporción y distribución diferentes en la mina.

El zoneamiento horizontal se observa a partir del contacto del intrusivo hacia la aureola metamórfica; con las siguientes zonas de mineral: en el área de contacto intrusivo-metamórficas se observa la arsenopirita y entre la veta San Marcial y el intrusivo, la calcopirita se observa como parte de las estructuras así como en el remplazamiento, la bornita también es abundante y forma zonas ricas de plata-cobre-arsénico, correspondiente a la mineralización del bajo de la veta (Fig. No. 15). Los valores de plata-cobre son mayores de 100 gramos de plata por tonelada y de 1% a 2.0% de cobre, o más en algunas áreas ricas de calcopirita-bornita (Fig. No. 12).

En la zona intermedia entre la veta Ramal Ibarra y San Marcial, aumenta el contenido de Fe-Zn-Cu y empieza a decrecer la zona rica de Ag-Cu; aumenta la asociación mineralógica esfalerita-calcopirita sobre la veta Ramal Ibarra; hasta llegar a observarse casi exclusivamente esfalerita (zona de Zn) asociada a marmatita, galena y pirrotita sobre la veta Ibarra. En resumen el zinc se incrementa al alejarse de la veta San Marcial y el cobre tiende a desaparecer a partir de la coordenada 4800 N hacia la veta Ibarra (Fig. No. 15).



-  INFLUENCIA DE LA ZONA DE OXIDACION
-  RESERVAS PROBADAS
-  RESERVAS PROBABLES POR BARRENACION CON DIAMANTE
-  REBAJES
-  SKARN



UNAM

FACULTAD DE INGENIERIA

**PROYECCION VERTICAL LONGITUDINAL
DEL CUERPO PRINCIPAL DEL
YACIMIENTO SAN MARTIN**

TESIS
PROFESIONAL

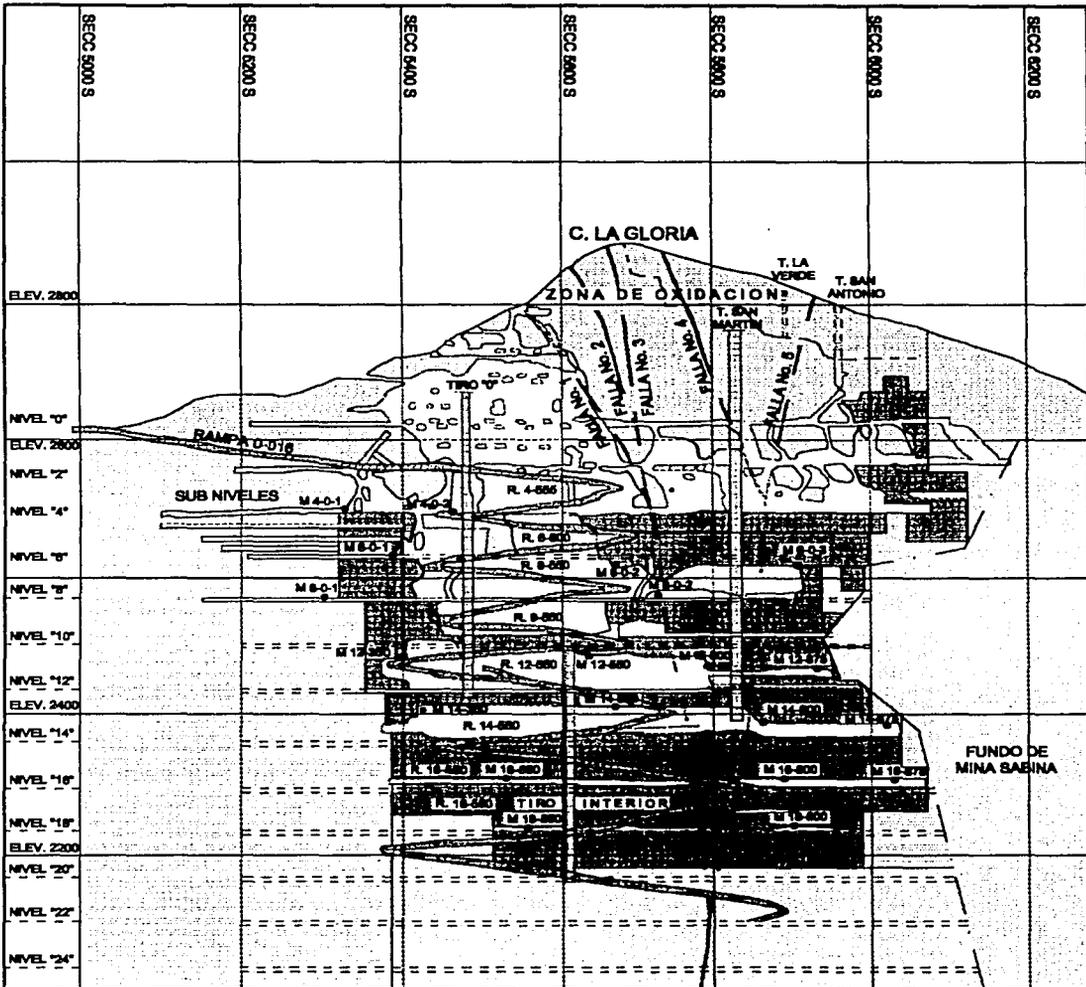
J. ELFEGO CRUZ DELGADO

ESCALA 1:5000

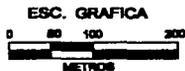
MEXCO, D.F., 2002

FIG. No. 13

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



-  INFLUENCIA DE LA ZONA DE OXIDACION
-  RESERVAS PROBADAS
-  RESERVAS PROBABLES POR BARRENACION CON DIAMANTE
-  REBAJES
-  SKARN



UNAM	FACULTAD DE INGENIERIA	
	UBICACION DE MUESTRAS QUE DEFINEN LA MINERALOGIA MAS COMUN DEL YACIMIENTO SAN MARTIN Y SUS POSIBLES SOLUCIONES MINERALIZANTES	
TESIS PROFESIONAL	J. ELFEGO CRUZ DELGADO	
ESCALA 1:5000	MEXICO, D.F. 2002	FIG. No. 14

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

Hacia el norte predomina la influencia de la veta Ibarra y cuerpos asociados al alto y bajo de la misma veta, con mineral de galena-marmatita-esfalerita y pirrotita, correspondiente a la zona Pb, Ag, Zn, Fe y el cobre disminuye por completo al alejarse de la coordenada 4800 N, y solo se observa pirita diseminada en la estructura de la veta Ibarra.

La arsenopirita se encuentra diseminada en todo el cuerpo mineral, sin embargo, predomina en la zona del bajo de la veta San Marcial; la estibinita y la molibdenita se encuentran muy esporádicas en cavidades de fallas y fracturas.

Para definir y representar bien el zoneamiento del yacimiento mineral, se tomó como base la información de 24 millones 588,983 toneladas de mineral explotable y sus porcentajes aproximados en peso, a lo largo de 900 metros de longitud que tiene el yacimiento de Sur a Norte y NE (Tabla No. 7 Ley de mineral de reservas explotables; Fig. No 15).

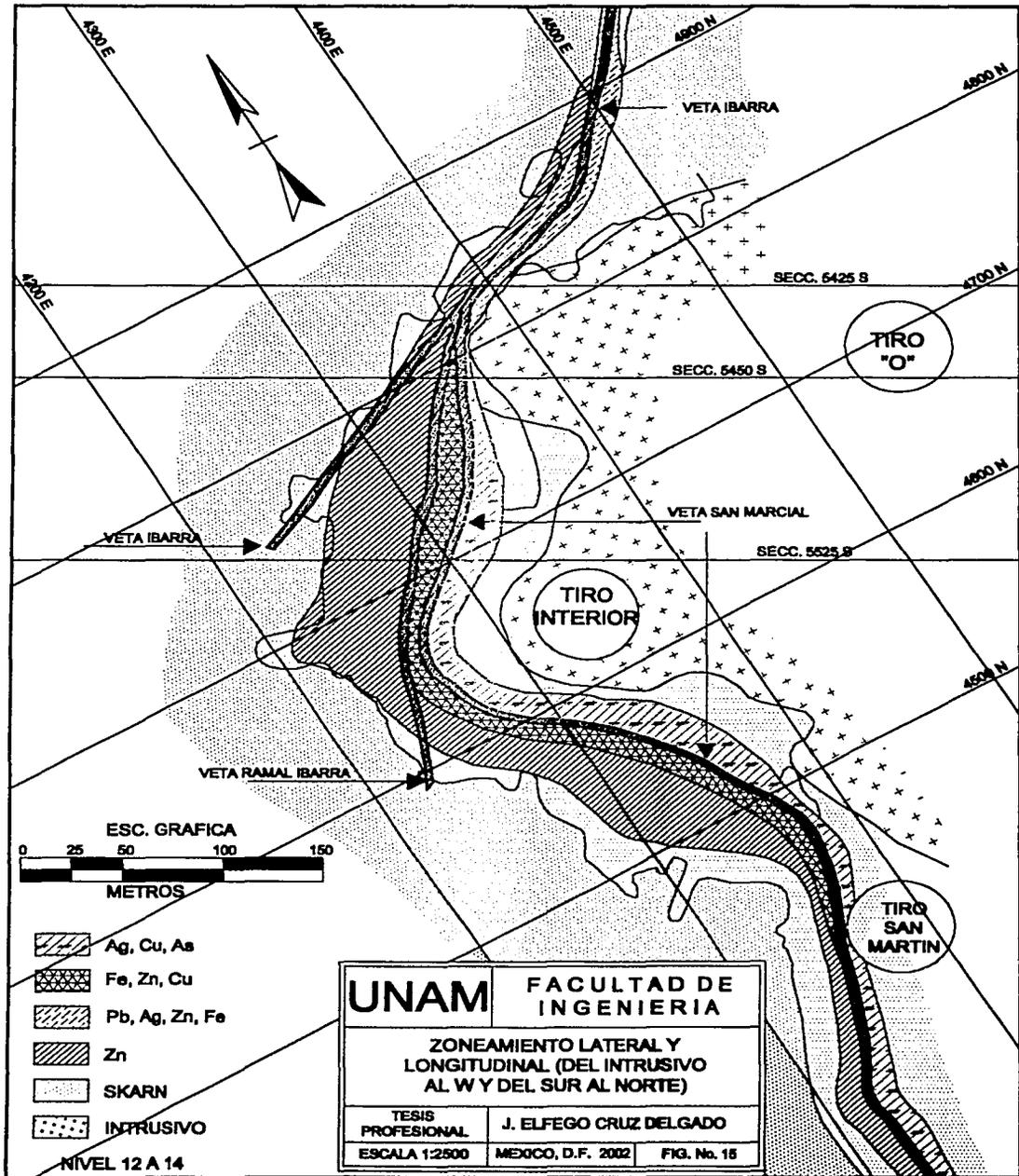
TABLA No. 7. MINERAL DE RESERVAS EXPLOTABLES

Bloque (%)	Tons.	Ag(gr./ton.)	Pb(%/ton.)	Cu(%/ton.)	Zn(%/ton.)	Fe(%/ton.)	As(%/ton.)
250-350 7.50	1'826,557	90.00	1.50	0.16	2.73	9.20	0.28
350-550 11.00	2'705,566	83.00	0.50	0.50	4.87	9.85	0.36
550-800 39.00	9'662,985	95.00	0.35	0.94	3.91	10.92	0.50
800-900 34.50	8'476,997	143.00	0.21	1.47	3.90	12.13	0.50
900-1000 8.00	1'915,878	175.00	0.20	0.82	3.18	7.98	0.40
TOTAL 100	24'588,983	116.00	0.39	1.00	3.86	10.86	0.48

En la gráfica de la Fig. No. 16 se muestra el comportamiento de los elementos en el yacimiento. En la parte central se localiza el grueso de las reservas con un 73.5% (entre el bloque 550 y 900) en la influencia de las vetas San Marcial y Ramal Ibarra. Hacia el Sur con un 8% (bloque 900 a 1000), la veta San Marcial y al Norte predomina la influencia de la veta Ibarra con un 12.5% (entre el bloque 250-550).

En términos generales se observa.

- a).- Asociación de Ag-Cu en la parte central, donde se localiza el mayor tonelaje de reservas.
- b).- Disminución considerable de Cu y Ag al norte.
- c).- Ligero incremento de Zn de sur a norte y ligero decremento en la zona norte.
- d).- Incremento muy marcado de Pb al norte.
- e).- El Fe es el elemento más notable en el depósito.



ESC. GRAFICA



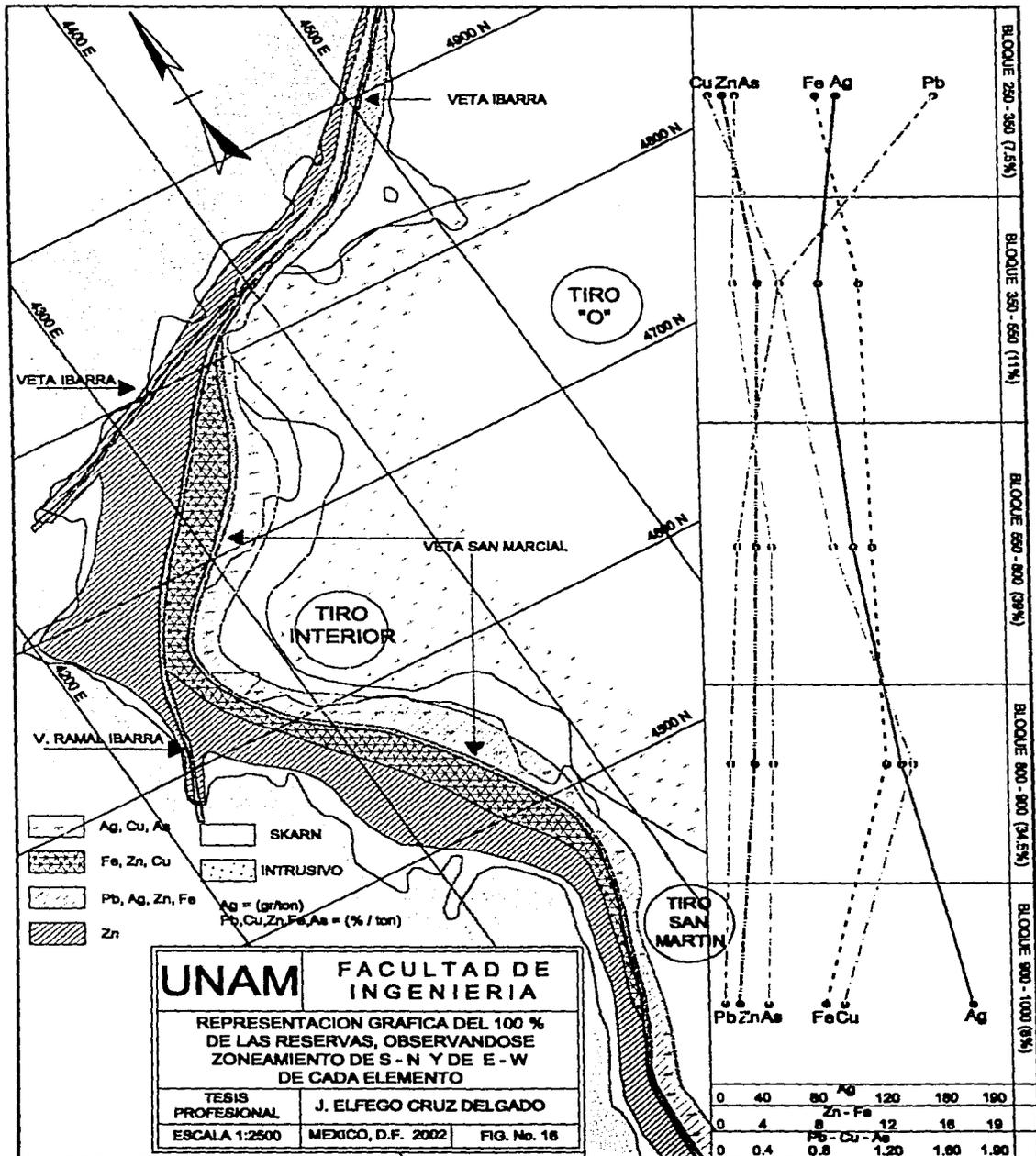
-  Ag, Cu, As
-  Fe, Zn, Cu
-  Pb, Ag, Zn, Fe
-  Zn
-  SKARN
-  INTRUSIVO

NIVEL 12 A 14

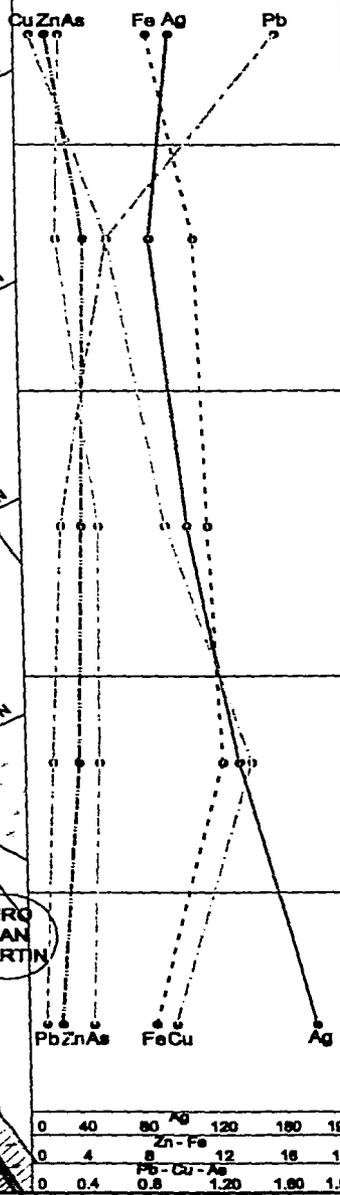
UNAM FACULTAD DE INGENIERIA

ZONEAMIENTO LATERAL Y LONGITUDINAL (DEL INTRUSIVO AL W Y DEL SUR AL NORTE)

TESIS PROFESIONAL	J. ELFEGO CRUZ DELGADO	
ESCALA 1:2500	MEXICO, D.F. 2002	FIG. No. 15



BLOQUE 250 - 350 (7.5%)
 BLOQUE 350 - 550 (11%)
 BLOQUE 550 - 800 (28%)
 BLOQUE 800 - 900 (24.5%)
 BLOQUE 900 - 1000 (8%)



Zoneamiento Vertical del Yacimiento

El zoneamiento se estudió en los rebajes de los niveles 12, 14, 16, 18 y 20 por ser los lugares de mayor importancia de acuerdo a su asociación mineralógica, como a su explotación económica con un 64.5% del total de las reservas explotables del yacimiento; sin embargo, con la información de reservas de mineral explotable del nivel 0 al nivel 10 se observa lo siguiente (Tabla No. 8, Ley de reservas por niveles; Fig. No. 17)

TABLA No. 8. LEY DE RESERVAS POR NIVELES (Veta San Marcial, Ramal Ibarra e Ibarra)

Nivel (%)	Toneladas	Ag(gr./ton.)	Pb(%/ton.)	Cu(%/ton.)	Zn(%/ton.)	Fe(%/ton.)	As(%/ton.)	
0	2.0	332,064	159	0.15	0.69	4.97	8.54	0.70
2	5.0	1'125,897	100	0.27	0.49	5.40	7.29	0.41
4	5.0	1'057,723	110	0.37	0.56	4.25	7.03	0.45
6	8.5	1'790,966	142	0.27	0.81	4.25	8.30	0.70
8	7.0	1'444,546	110	0.33	0.76	5.12	8.77	0.54
10	8.0	1'775,383	99	0.30	0.69	4.69	8.58	0.47
12	6.5	1'384,660	115	0.37	0.75	4.25	9.30	0.49
14	15.5	3'288,538	108	0.37	1.09	4.93	11.64	0.58
16	20.0	4'219,725	117	0.45	1.30	5.23	13.74	0.70
18	19.5	4'131,663	110	0.24	1.49	3.41	13.89	0.83
20	3.0	609,347	114	0.22	1.61	2.23	17.99	0.76
TOTAL	100	21'160,512	114	0.33	1.05	4.50	11.25	0.63

La plata tiende bruscamente a disminuir del nivel 0 al 2; aumenta en el nivel 6 y disminuye en el nivel 10; el plomo se incrementa del nivel 0 al 14 y se mantiene sin gran variación hasta el nivel 10; el cobre aumenta a partir del nivel 14 a profundidad; el zinc se incrementa del nivel 0 al 2 y luego se mantiene constante hasta el nivel 16, disminuyendo bruscamente del nivel 18 al 20; el fierro aumenta del nivel 0 al 12 sin causar problemas y del nivel 14 a profundidad, su incremento causa problemas metalúrgicos; el arsénico aumenta ligeramente del nivel 16 al 20, sin problemas metalúrgicos.

Para los cuatro elementos económicamente redituables (Ag, Pb, Cu y Zn) del nivel 0 al nivel 10, su proceso de flotación en la planta de beneficio fue sin problemas metalúrgicos, debido a la baja proporción del Fe y As, en la asociación mineralógica de todo el yacimiento hasta este nivel. Del nivel 10 al nivel 20 el incremento de Fe y Cu, es de más del 100%; el Cu se incrementa de 0.69% en el nivel 10 hasta el 1.61% en el nivel 20; el Fe de 8.58% se incrementa a 17.99% en el nivel 20 (Fig. No. 17).

V.10.- ANÁLISIS DE MUESTRAS ESPECIALES POR DIFRACCIÓN DE RAYOS X.

Se cortaron cinco muestras representativas de la asociación mineralógica de los lugares con mayor concentración de pirrotita y de núcleos de barrenación para ser analizadas por difracción de rayos X y como resultado, se obtuvo la siguiente tabla de asociación mineralógica y la concentración de cada especie mineral (Tabla No. 9).

TABLA No. 9. DE ASOCIACIÓN MINERALÓGICA

MUESTRA	LUGAR	ESPECIE IDENTIFICADA	FORMULA	CONCENTRACIÓN
1	REBAJES 12-350 Y 12-550	Esfalerita Calcopirita Galena Microclina Cuarzo Calcita Andradita Pirita Pirrotita (Hexag.) Pirrotita (monocli.)	ZnS CuFeS ₂ PbS KAlSi ₃ O ₈ SiO ₂ CaCO ₃ Ca ₃ Fe ₂ (SiO ₄) ₃ FeS ₂ Fe _{1-x} S Fe _{1-x} S	Alta Mediana Mediana Baja Baja Baja Baja Muy Baja Muy Baja Muy Baja
2	REBAJES 14 - 550	Esfalerita Calcopirita Cuarzo Andradita Microclina Magnetita Pirrotita (Hexag.) Pirrotita (monocli.)	ZnS CuFeS ₂ SiO ₂ Ca ₃ Fe ₂ (SiO ₄) ₃ KAlSi ₃ O ₈ Fe ₃ O ₄ Fe _{1-x} S Fe _{1-x} S	Alta Mediana Baja Baja Muy Baja Muy Baja Muy Baja Muy Baja
3	Entre Nivel 16 y 14	Calcopirita Esfalerita Andradita Cuarzo Calcita Microclina Pirrotita (Hexag.) Pirrotita (monocli.)	CuFeS ₂ ZnS Ca ₃ Fe ₂ (SiO ₄) ₃ SiO ₂ CaCO ₃ KAlSi ₃ O ₈ Fe _{1-x} S Fe _{1-x} S	Alta Alta Alta Baja Baja Baja Baja Muy Baja
4	Entre Nivel 18 y 16	Andradita Calcopirita Calcita Cuarzo Esfalerita Microclina Pirrotita (Hexag.) Pirrotita (monocli.)	Ca ₃ Fe ₂ (SiO ₄) ₃ CuFeS ₂ CaCo ₃ SiO ₂ ZnS KAlSi ₃ O ₈ Fe _{1-x} S Fe _{1-x} S	Alta Alta Baja Baja Baja Baja Baja Muy Baja
5	Abajo del nivel 18	Esfalerita Calcopirita Cuarzo Calcita Andradita Microclina Pirrotita (Hexag.) Pirrotita (monocli.)	ZnS CuFeS ₂ SiO ₂ CaCO ₃ Ca ₃ Fe ₂ (SiO ₄) ₃ KAlSi ₃ O ₈ Fe _{1-x} S Fe _{1-x} S	Alta Alta mediana Baja Baja Baja Alta Muy Baja

Pirrotita Hexagonal = No Magnética Pirrotita Monoclinica = Magnética

CONCENTRACION DE PIRROTITA

ELEV.	MONOCLINICA				HEXAGONAL				
	NIVEL	CONCENTRACION				CONCENTRACION			
		MUY BAJA	BAJA	MEDIA	ALTA	MUY BAJA	BAJA	MEDIANA	ALTA
2300 m	10								
	REB 12-350 Y 12-550	*			*				
	12								
	REB 14-550	*			*				
2200 m	14								
	BARRENO ENTRE NIV 14 Y 16	*				*			
	16								
2100 m	BARRENO ENTRE NIV 16 Y 18	*				*			
	18								
	BARRENO ENTRE NIV 18 Y 20	*						*	
2000 m	20								
		*						*	
1940 m	22								

* ANALISIS POR DIFRACCION DE RAYOS "X"

UNAM	FACULTAD DE INGENIERIA
REPRESENTACION GRAFICA DE LA PIRROTITA MONOCLINICA (SIN VARIACION), Y LA HEXAGONAL SU CONCENTRACION ES ALTA A PROFUNDIDAD	
TESIS PROFESIONAL	J. ELFEGO CRUZ DELGADO
MEXOCO, D.F. 2002	FIG. No. 18

El estudio de estas 5 muestras indican la presencia de una mezcla de pirrotita magnética, la cual es más predominante en la muestra abajo del nivel 18, y se incrementa a partir del nivel 14 (Fig. No. 18).

Considerado como un problema de suma importancia por la presencia de la pirrotita hexagonal (no magnética) se dieron dos barrenos abajo del nivel 20 (barrenos 1132-95 y 1136-95); las muestras de estos dos barrenos se analizaron por difracción de Rayos X, donde el contenido de pirrotita hexagonal es alto.

A estas muestras se les practicó un análisis puntual por microsonda a partículas de esfalerita, donde el contenido promedio es el siguiente:

Zn = 55.99 % Fe = 12.49 % S = 31.09 % Mn = 0.47

Macroscópicamente las características mineralógicas de ambos barrenos son similares, con la pirrotita asociada a calcopirita y marmatita.

En una sección longitudinal (Fig. No. 19), se observa que entre los niveles 14-16 y 16-18 se identificó pirrotita hexagonal en concentración baja y pirrotita monoclinica en concentración muy baja (Fig. No. 18). Sin embargo abajo del nivel 18 al 20, se identificó pirrotita hexagonal en concentración alta y pirrotita monoclinica en concentración muy baja, a lo largo de 100 metros como se indica en la sección y donde se observa su posición con los barrenos 132-95 y 136-95.

Las reservas probadas y probables en esta área de influencia son las siguientes:

Toneladas	Ag(gr./ton.)	Pb(%/ton.)	Cu(%/ton.)	Zn(%/ton.)	Fe(%/ton.)	As(%/ton.)	Bloques
2' 488,880	91	0.57	1.00	3.68	15.79	1.04	450; 550; 650

Este tonelaje representa un 10% del total de las reservas actuales explotables.

Si se considera que el tonelaje mencionado se incrementara dentro del área de influencia en 2.5 veces de acuerdo a lo conocido en secciones; se tendrán reservas del orden de 6' 200,000 toneladas que representan un 26% del total de reservas donde la pirrotita hexagonal estará presente en un grado mayor de concentración alta, lo que ocasiona un gran problema metalúrgico para la flotación y separación del zinc.

Al considerar la alta concentración de pirrotita hexagonal asociada a la calcopirita, esfalerita y marmalita y unido a un gran volumen de reservas que a profundidad se cubicarón; se ha instalado un separador magnético (FERROUS - WHEEL, MODELO 812), con imanes superiores con un espesor de 4 pulgadas y una intensidad de 1000 GAUSS e imanes inferiores con un espesor de 7 pulgadas y con intensidad de 2200 GAUSS; para separar partículas de tamaño menor de 0.3 mm. o 50 mallas u.s.; con una capacidad aproximada de 20 T. M. P. H. (toneladas métricas por hora) y una velocidad de rotación de 0-2.2 R. P. M. La alimentación al FERROUS - WHEEL, es una pulpa sólido-agua que contiene de 20 a 35% de sólidos

El FERROUS - WHEEL está diseñado para separar minerales paramagnéticos de no-magnéticos. Los minerales paramagnéticos incluyen hematita, Maghemita, ilmenita, wolframita y cromita. Así también separa minerales paramagnéticos de los minerales industriales, tales como calcita, arcilla, arena para vidrio, talco y wollastonita.

V.11.- PRUEBAS PILOTO

Se realizaron 14 pruebas pilotos a muestras diferentes con el separador magnético; se hizo la comparación de las leyes Zn-Fe con el grado de zinc obtenido antes de aplicar el separador magnético a la misma muestra y después de que se le aplicó el separador magnético. Los resultados dieron un incremento notable en el grado del zinc para cada muestra, así como una disminución considerable en el contenido de Fe (Tabla No. 10 de resultados para el concentrado de zinc).

TABLA No. 10.- RESULTADOS DE 14 PRUEBAS PILOTO PARA EL CONCENTRADO DE ZINC, AL APLICAR LA SEPARACIÓN MAGNÉTICA, REALIZADA EN LA UNIDAD SAN MARTÍN.

PRUEBAS	LEY DE CABEZA		concentrado de Zn SIN SEP. MAG.		concentrado de Zn CON SEP. MAG.		COLAS		% de Zn se incremento C. S. MAGN.	% de Fe se disminuye C. S. MAGN.
	Zn	Fe	Zn	Fe	Zn	Fe	Zn	Fe	(% de Zn)	(% de Fe)
1	2.3	10.7	43.9	17.1	49.6	13.1	1.8	0.5	10	30
2	2.5	11.4	38.1	21.3	46.2	14.1	1.5	10.5	21	33
3	2.6	11.5	40.3	18.8	47.9	13.4	0.9	11.0	19	29
4	3.3	10.7	39.7	21.2	47.9	13.5	1.4	10.7	20	35
5	3.4	11.0	40.9	19.0	50.3	11.6	0.6	10.6	23	30
6	3.42	11.2	50.0	12.2	50.0	11.8	1.43	9.8	0	3
7	3.45	9.9	50.0	11.8	52.4	9.20	2.15	10.8	5	22
8	3.5	11.5	46.0	15.0	51.6	11.40	1.2	10.0	12	24
9	3.7	10.4	46.6	14.5	51.20	12.00	1.6	9.5	10	17
10	3.8	10.4	50.2	11.7	50.9	10.5	0.7	9.8	1	10
11	3.8	12.0	39.1	21.3	43.7	16.9	3.2	12.9	12	20
12	4.0	11.6	48.4	14.2	50.9	12.2	2.0	11.5	5	14
13	4.0	10.4	40.2	20.6	53.0	9.50	1.53	9.6	32	54
14	4.1	10.8	44.9	16.4	50.1	11.90	2.1	10.6	11	27

Las muestras que mejoraron en el concentrado de zinc y que tuvieron una disminución considerable en el contenido de Fe, fueron las que tenían una ley de zinc mayor a 3.50%; se observaron muestras que incrementaron hasta un 32% en el concentrado de Zn, y tuvieron una disminución del Fe hasta del 54%.

VI.- EVALUACIÓN

El criterio general empleado para la estimación de reservas en la unidad San Martín, es el de obtener resultados lo más reales posibles, es decir que el tonelaje y leyes estimadas representen hasta donde sea posible el total del yacimiento mineral que falta por minar.

La finalidad que tiene el cálculo de reservas es el de proporcionar a la empresa en forma detallada el inventario del mineral con que cuenta.

Las reservas se dividen de acuerdo a su grado de confiabilidad en: mineral explotable y mineral de interés.

VI.1.- MINERAL EXPLOTABLE

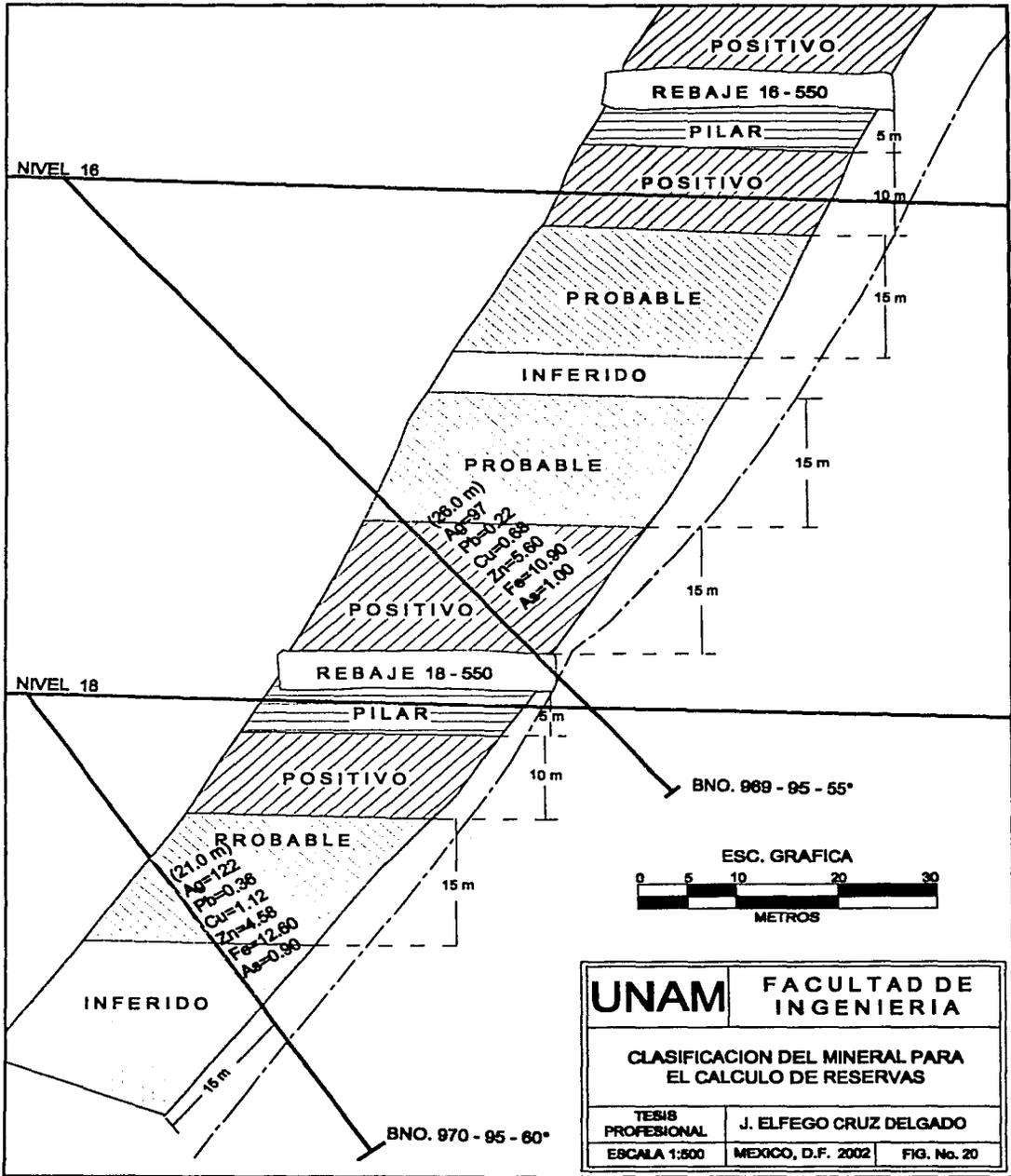
El mineral explotable es aquel económicamente aprovechable que por su grado de confiabilidad es utilizado para planear la producción a corto y largo plazo, así como los estudios de viabilidad de nuevos proyectos a desarrollar.

El mineral explotable se divide en: positivo o probado, probable, mineral quebrado y mineral marginal, de acuerdo a las definiciones (Calderón, 1978.).

Positivo o Probado.- Es aquel mineral para el cual hay suficiente información a intervalos relativamente cortos, y para el cual el carácter geológico es bien definido, donde el tamaño, la forma y el contenido del cuerpo mineral se supone tiene una confiabilidad del 85% o más; o sea que debe estar determinado mediante obras directas en sentido horizontal, más obras en sentido vertical o por barrenación a diamante (Fig. No. 20).

Probable.- Es aquel mineral para el cual el tonelaje y leyes se estiman en partes de medidas por muestreos específicos, y en parte de proyecciones a distancias razonables con base en evidencias geológicas, con una probabilidad estimada por su continuidad, forma y contenido de la mena debe ser del 70 al 85%; o sea que en este caso es suficiente la barrenación a diamante para cuantificar un bloque siempre y cuando ésta no tenga una separación mayor de 30 metros (Fig. No. 20).

Quebrado.- Es aquel mineral que ya se tumbó y se ha inventariado y se encuentra en tal condición que al estimar las reservas, se supone que debe de guardar la misma confiabilidad que el positivo.



Marginal.- Es aquel mineral que en el momento del cálculo de reservas sus valores de leyes pagan su explotación sin dejar ganancias económicas, si se consideran las cotizaciones y costos establecidos para las reservas en general. Y en el momento en que el precio de los metales en el mercado internacional aumenta, este mineral cambia su clasificación a probado.

VI.2.- MINERAL DE INTERÉS

El mineral de interés, como su nombre lo indica, es para mantener constancia de las áreas que requieren estudio, exploración y desarrollo o bien que pueden pasar a la categoría de mineral explotable por un simple aumento en los precios de los metales o disminución de costos.

El mineral de interés se divide en: medido, indicado, pilares, inaccesible, cuerpos angostos e inferido.

Medido.- Es aquel mineral que en su determinación llena los mismos requisitos de confiabilidad que el positivo o probado, pero que no es costeable su explotación debido a su baja ley o alto costo del minado. Estos bloques se localizan en zonas ya desarrolladas de la mina, y únicamente cubren los costos directos de mina y molino para ser considerados.

Indicado.- Es aquel mineral que en su determinación llena los mismos requisitos de confiabilidad que el probable, pero no es costeable su explotación debido a su baja ley o alto costo de minado.

Pilares.- Es aquel mineral que tiene las mismas características del positivo o probado, pero cuya explotación está diferida por el tiempo que esté en operación la mina, con el fin de conservar la estabilidad de la misma.

Inaccesibles.- Son aquellos bloques de mineral aislados en zonas ya desarrolladas y/o minadas que han quedado inaccesibles a través del tiempo, requiriendo por lo tanto obras especiales para su explotación.

Cuerpos angostos .- Es aquel mineral de alta ley que reúne las mismas características del probado o probable, pero cuyas estructuras tienen un ancho menor de un metro (el ancho mínimo a considerarse se fijará en cada caso de acuerdo al sistema de explotación por aplicar, y a sus costos totales de operación). En este caso se deberá incluir la dilución y el mineral bloqueado deberá pagar como mínimo el 100% de los costos totales de operación.

Inferido.- Es aquel mineral que se infiere principalmente de amplios conocimientos de carácter geológico del depósito y para el cual hay poca o nada de información derivada del muestreo de barrenación a diamante.

VI.3.- BASES PARA LA ESTIMACIÓN DE RESERVAS

Las bases primordiales para la estimación de reservas son el muestreo de las labores mineras y de los barrenos de exploración, los levantamientos topográficos y geológicos, que muestran en secciones longitudinales y transversales las vetas y cuerpos de mineral a cubicar.

Cálculos del mineral positivo o probado: En toda obra minera, ya sea desarrollo, preparación o rebaje dado en mineral, se realiza un muestreo sistemático de cabeza (muestras de esquirlas), cada 5 metros, transversal a los cuerpos de mineral, vetas y ramaleos asociados al cuerpo principal. Una vez que se tiene el resultado del muestreo, se realiza el cálculo de cada línea de muestreo: ejemplo:

líneas de muestreo de una frente

1	2	3	4
1.2m ramal	1.2m ramal	1.3m ramal	1.2m ramal
1.0m veta	0.9m veta	1.1m veta	1.0m veta
1.5m ramal	1.4m ramal	1.5m ramal	1.5m ramal

FRENTE 16-550 VETA SAN MARCIAL

Si los resultados de ensayos para la línea 1 son los siguientes:

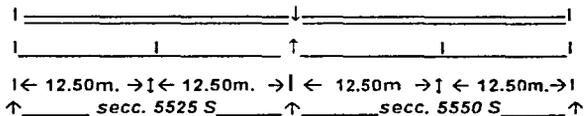
línea de muestreo	ancho de muestra	Ag(gr./ton.)	Pb(%/ton.)	Cu(%/ton.)	Zn(%/ton.)	Fe(%/ton.)	As(%/ton)
1	(1.5)	90	0.30	0.80	3.00	6.00	0.30
	(1.0)	200	1.00	2.00	2.00	8.60	0.40
	(1.5)	70	0.20	0.60	3.50	5.30	0.60
	(4.00)	110	0.44	1.03	2.94	6.39	0.44

Se aplica la siguiente sumatoria para cada elemento ensayado. Ejemplo para la Ag y el Pb

$$\sum_{1}^{n} \left[\frac{(1 \times Ag_1) + (2 \times Ag_2) + \dots + (n \times Ag_m)}{(1 + \dots + n)} \right]; \sum_{1}^{n} \left[\frac{(1 \times Pb_1) + (2 \times Pb_2) + \dots + (n \times Pb_m)}{(1 + \dots + n)} \right]; \dots$$

donde n es el ancho de cada muestra y m el numero de elemento de cada muestra.

Una vez obtenido el calculo del resultado del muestreo de cabeza; se prosigue a darle influencia de ese muestreo a toda una área de 12.50m. a los lados de la sección transversal (estas secciones transversales son cada 25 metros); ejemplo (croquis representativo del cuerpo mineral).



Una vez definida el área de influencia de cada sección; se miden los primeros 15 metros de la cabeza del rebaje o frente hacia arriba, dándole la influencia del muestreo del 100 por ciento a los primeros 7.5 metros y los 7.5 metros restantes, se le da el 50% del muestreo de cabeza y el otro 50% es del muestreo del núcleo de barrenación (Fig. No. 20); en el caso que no se tenga información de barrenación, la influencia del muestreo de cabeza será del 100%.

La misma dimensión se le da a el mineral que se tiene hacia abajo; donde los primeros 5 metros se dejan de pilar y los 10 metros restantes tendrán influencia del muestreo de cabeza en un 50% y la barrenación a diamante será también del 50% en caso de no tener barrenación, se dará el 100% de la información de muestreo.

Para el cálculo del mineral clasificado como probable, se toman los 15 metros después del mineral positivo, tanto hacia arriba como hacia abajo de cada nivel, considerando un compósito de ley de la barrenación a diamante y en los casos que no se tenga barrenación, la influencia será del muestreo de cabeza en un 100% (Fig. No. 20).

Para el cálculo del mineral clasificado como inferido, se toman los 15 metros después del mineral probable, tanto hacia arriba como hacia abajo de cada nivel, considerando un compósito de ley de la barrenación a diamante y en los casos que no se tenga barrenación, la influencia será del muestreo de cabeza en un 100% (Fig. No. 20).

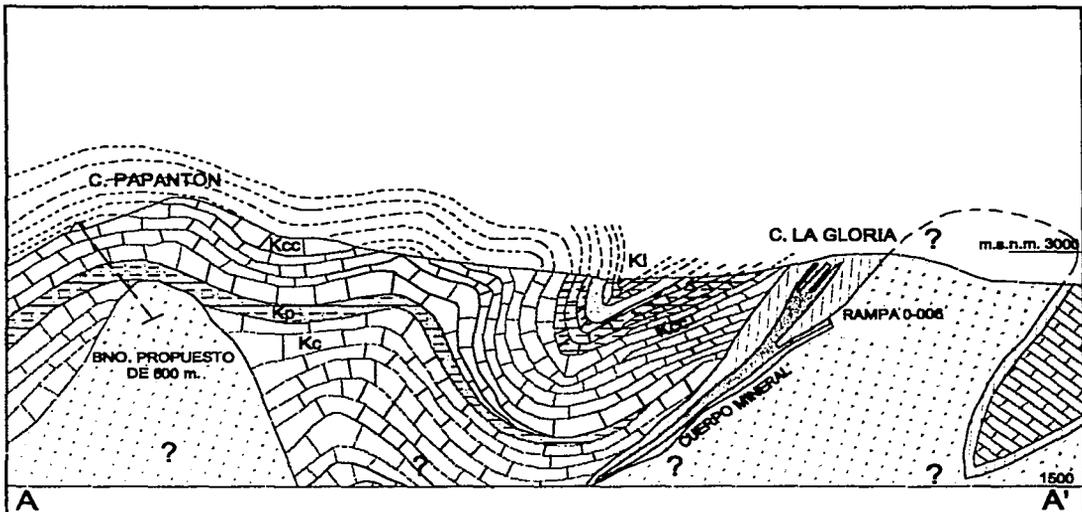
Cuando se tiene mineral inferido entre nivel y nivel sus dimensiones pueden ser menores a los 15 metros, o no puede clasificarse como inferido por las dimensiones que existen de un nivel a otro que son de 60 metros; y únicamente se clasifica como probable.

VI.4.- CRITERIOS DE PROSPECCIÓN

Los criterios de prospección minera a seguir, han consistido en seleccionar superficies cada vez más pequeñas divididas en lotes con indicios de mineralización, definidos por mapeos de superficie.

En el caso del yacimiento mineral de San Martín, el interés es seguir la explotación del mineral a profundidad, con prioridad en la barrenación a diamante para conocer la continuidad de la mineralización tanto lateral como a profundidad así como su asociación con minerales de alta temperatura; que implica realizar estudios mineragráficos para definir su paragénesis.

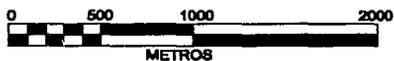
La exploración regional se ha dado a partir del conocimiento de la geología local y regional, seleccionando diferentes áreas para explorar a 10 años.



LEYENDA

- | | | | |
|------------|---|-------------------------------|----------------------|
| | | KI FORMACION INDIDURA | |
| | | Kcc FORMACION CUESTA DEL CURA | |
| NO AFLORAN | } | | Kp FORMACION LA PEÑA |
| | | | Kc CALIZA CUPIDO |
| | | AUREOLA METAMORFICA | |
| | | MINERALIZACION | |
| | | INTRUSIVO | |
| | | CALIZAS | |
| | | LUTTAS | |

ESC. GRAFICA



UNAM	FACULTAD DE INGENIERIA	
SECCION GEOLOGICA REGIONAL		
TESIS PROFESIONAL	J. ELFEGO CRUZ DELGADO	
ESCALA 1:30,000	MEXICO, D.F. 2002	FIG. No. 21

Se han realizado estudios geofísicos con el método Eléctrico de Polarización Inducida y Resistividad Aparente, a fin de registrar anomalías que indiquen la presencia de minerales conductores de corriente eléctrica. También se han realizado estudios litogeoquímicos, complementados con muestreos de esquistos de la roca en vetillas de calcita y sílice, para investigar posibles aureolas de dispersión generadas por cuerpos mineralizados en el caso de existir.

Últimamente se ha dado importancia a las imágenes de satélite, donde se pueden definir áreas con anomalías de posibles aureolas metamórficas, donde los apófisis de los intrusivos no afloren.

V.II.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Si se considera que el ritmo de explotación en la Unidad San Martín es del orden de las 5,800 toneladas por día y su programa es de 6800 toneladas; es recomendable dar prioridad a la exploración de las áreas que aun están sin conocerse. Tales áreas corresponden a las zonas norte y sur del cuerpo principal; la zona norte corresponde a la VETA IBARRA donde se tienen registros del intrusivo como apófisis a partir del nivel 8, y la zona sur corresponde a los cuerpos de remplazamiento a partir del nivel 12 a profundidad. Así como la continuidad a profundidad del cuerpo principal, donde se observa un incremento de fierro por la presencia de pirrotita masiva (monoclínica y hexagonal), asociada a la marmalita y minerales de cobre.

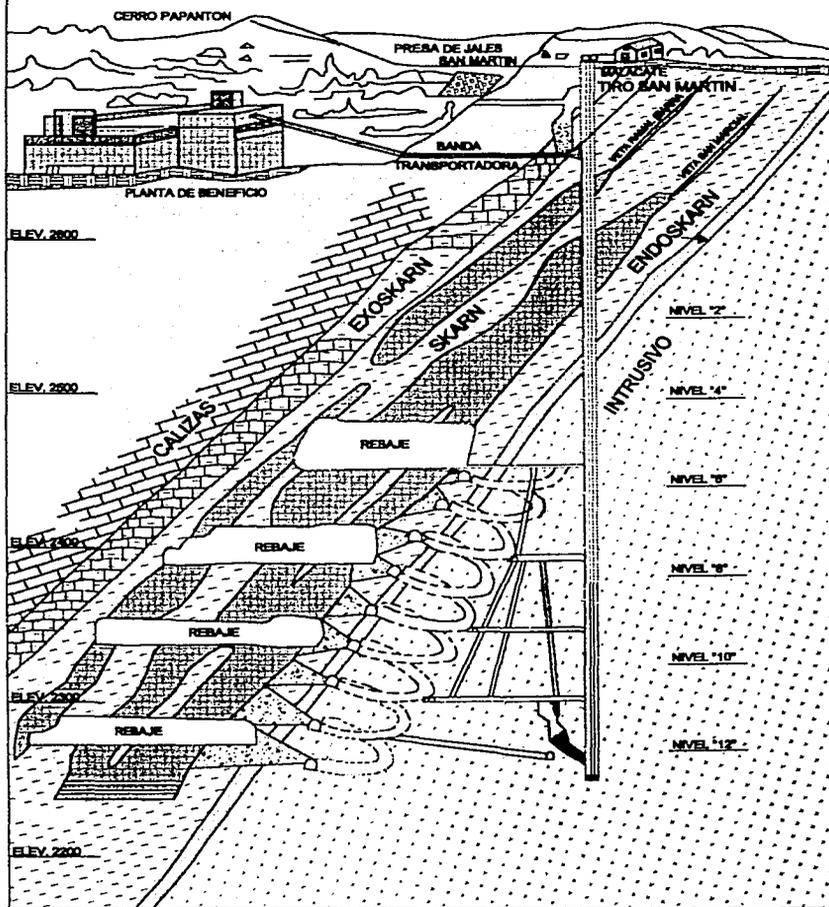
El problema del alto contenido de Fe en el concentrado de Zinc, fue solucionado al definir el incremento de pirrotita hexagonal (no magnética); a partir de los niveles 14, 16, 18, 20 y 22.

El incremento de estos minerales de fierro ha ocasiona serios problemas metalúrgicos en el concentrado de zinc, por el alto contenido de Fe no magnético. Para lo cual es preciso un FERROUS-WHEEL de mayor capacidad magnética para procesar mayor volumen de concentrado, para lograr un grado de zinc más alto con bajo porcentaje de Fe y ser aceptado en el mercado internacional.

En superficie es recomendable la aplicación de métodos geofísicos para investigar la posibilidad de registrar otra estructura o cuerpo de remplazamiento que no afloren en esta zona. El Cerro Papantón, por su morfología que manifiesta, tal parece ser un anticlinal levantado por un intrusivo (Fig. No. 21), hipótesis que se infiere por la diferencia de elevación (500 metros), del cerro de la gloria con respecto a la cima del cerro Papantón. Por lo tanto es recomendable la aplicación de métodos geofísicos, o en su caso dar barrenos a diamante de 600 metros de profundidad desde superficie.

Otra zona de importancia a explorar es la parte norte del intrusivo, donde se localizan obras mineras de la mina La Pachuca; lugar de continuidad de los cuerpos de remplazamiento, conocidos muy poco en superficie y en pequeñas obras mineras.

UNIDAD SAN MARTIN



- CALIZAS
- INTRUSIVO
- TACTITAS O SKARN
- CUERPO MINERAL

ESC. GRAFICA



UNAM

FACULTAD DE INGENIERIA

SECCION REPRESENTATIVA DEL YACIMIENTO MINERAL, SISTEMA DE EXPLOTACION Y PLANTA DE BENEFICIO

TEBIS
PROFESIONAL

J. ELFEGO CRUZ DELGADO

ESCALA 1:3000

MEXICO, D.F. 2002

FIG. No. 22

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

BIBLIOGRAFIA

- Alvarez Hdz. J. E., 1992, Estudio Petrográfico, Paragenético y de Zoneamiento del Yacimiento San Martín y Veta Ibarra, de la Unidad San Martín, Sombrerete Zac. Servicios Técnicos de Exploración de IMMSA (Grupo México). Informe Técnico 10-92.
- Aranda Gómez, J. J., 1978, Metamorfismo, Paragénesis y Zoneamiento de la mina San Martín Sombrerete Zacatecas, México: Unpub. M. S. thesis. Colorado Sch. Mines, 90 p.
- Bateman, A. M., 1957, Yacimientos Minerales de Rendimiento económico, Barcelona, Edit. Omega.
- Bello M. R., 1978, Estudios micropaleontológicos en las calizas de la formación Cuesta del Cura en el cerro Papantón del Distrito San Martín Zac. Informe Técnico del Instituto Mexicano del Petróleo
- Buitrón, B. E., 1978, Estudios micropaleontológicos en las calizas de la formación Cuesta del Cura en el cerro Papantón del Distrito San Martín Zac. Informe Inédito del Instituto de Geología, UNAM.
- Burt, D. M., y Petersen, U., 1974, Características generales de yacimientos en skarn: Bol. Soc. Geol. Perú, v. 44, p.p. 42-79.
- Burton, B. H., 1975, Paragenetic study of the San Martín Mine, near Sombrerete, Mexico: Unpub. M.S. thesis, Univ. Minnesota, 98p.
- Calderón M., 1978, Manual para la Estimación de Reservas de Mineral. Archivo de I.M.M.S.A.
- Castillo Ramírez J. A., Espinoza Aramburu, E., y Sánchez, p., 1976, Estudio Fotogeológico del Distrito Minero de San Martín; Sombrerete Zacatecas: Reporte Archivado en Gerencia de Geología y Exploración "zona sur" sección de investigaciones, San Luis Potosí, (Grupo México), Informe Técnico.
- Castillo Ramírez J. A., Espinoza Aramburu, E., y Sánchez, p., 1976, Estudio Litogeoquímico del Distrito Minero de San Martín; Sombrerete Zac. Informe Técnico. (Inédito).
- Cuevas Pérez E., 1980, Estudios petrográficos del stock cuarzo-monzonítico del Cerro de la Gloria. "Geología de la Región San Martín-Sombrerete, estados de Durango y Zacatecas". Consejo de Recursos Minerales. Informe Técnico.

- Damon, P. E., Shafiqullah, M., and Clark, K. F., 1983, Geochronology of the porphyry copper deposits and related mineralization of México: Can. Jour. Ear. Sci., v. 20 , p. 1052-1071.
- Damon, P. E., Clark, K. F., Schutter, S. R., and Shafiqullah, M., 1979. Magmatismo en el norte de México, en relación a los yacimientos metalíferos: Asociación de Ingenieros de Minas. Metalurgistas y Geólogos de México, Convención Nacional, 13, Acapulco Gro., Memoria, p.p. 8-58; GEOMIMET, núm. 6, p.p. 51-71 (1980).
- Detenal S.P.P., Carta Geológica F-13 B-24 Vicente Guerrero Dgo.- Zac.
- Escandon Valle, F. J., 1973, Geología del Distrito Minero de San Martín, in Ordoñez, G., de., Algunos yacimientos minerales de la República Mexicana: geología métodos de extracción, y de beneficio; Am. Inst. Min. Met. Pet. Eng., Sec. Mexicana, p. 273-279.
- Estrada Méndez, J., 1983. Estudio geológico de la mina San Martín, municipio de Sombrerete, estado de Zacatecas: Unpub. Ing. tesis, Univ. Aut. San Luis Potosí, 50 p.
- Hurlbut Jr. y Cornelius S., 1974, Manual de Mineralogía; Barcelona, Reverte, S. A.
- Imlay, R. W., 1936, Evolución of the Coahuila Peninsula. Geol. Soc. of Am. Bull., v. 47.
- Imlay, R. W., 1938, Studies of the Mexican Geosyncline. Bull. Geol. Soc. America, 49: 1651-1694, 7 láms, 6 figs.
- Kelly, W. A., 1936, Evolución of the Coahuila Peninsula Parte II, Geology of the Mountains Bordering the Valley of Acatilla and Delicias. G. S. A. Bull., v. 47.
- Maldonado, E. D., 1992, Asociación y Zoneamiento de Ag, Pb, Cu, Zn, Fe al norte de la mina San Martín y su comportamiento metalúrgico, Sombrerete Zac., I.M.M.S.A. (Inédito).
- Olivares R. P., 1985, Geología Económica del Distrito Minero San Martín. Geología Económica de México.
- Raisz, Erwin, 1959. Landforms of México: Cambridge, Mass. Mapa con texto, esc. 1:3,000,000.

Rogers, L.C., De Cserna, Z., Tavera, E., Van Uloten, R., y Ojeda, J., 1961, Reconocimiento geológico y depósitos de fosfatos del norte de Zacatecas y áreas adyacentes en Coahuila, Nuevo León y San L. Potosí. Boletín del Consejo de Recursos Naturales no Renovables, No. 56, p.p 102.

Rubin Jeffrey N. y J. Richard Kyle, 1988, Mineralogy and Geochemical of Skarn Deposits at the San Martín mine, Zacatecas México: Econ. Geol., v. 83, p.p. 1782- 1801.

Rubin Jeffrey N., B. S., 1986, Mineralogy and Genesis at the San Martín Mine, Zacatecas, México Thesis Master of Arts, The University of Texas at Austin, P. O. Box 7909, Austin Texas, 78713-7909

Silva M. J. R., 1989, Estudio Geoelectrico (P.I. y R.A.) y Litogeoquímico en la Unidad San Martín, Sombrerete Zac. Informe Técnico, archivo de I.M.M.S.A.