



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

ASOCIACION Y ZONEAMIENTO DEL MINERAL  
ASOCIADO A LAS VETAS IBARRA Y GALLO-GALLINA  
AL NORTE DE LA MINA SAN MARTIN

## TESIS

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:  
INGENIERO GEOLOGO

PRESENTA

ELIAS TORRES TAFOYA



DIRECTOR DE TESIS:  
ING. GERMAN ARRIAGA GARCIA

MEXICO, D. F.

2005

0347439



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 INGENIERÍA  
DIRECCIÓN  
60-I-105

**SR. ELIAS TORRES TAFOYA**  
**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:

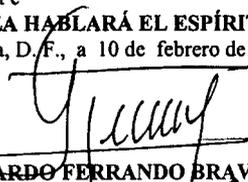
**ASOCIACIÓN Y ZONEAMIENTO DEL MINERAL ASOCIADO A LAS VETAS IBARRA Y GALLO-GALLINA AL NORTE DE LA MINA SAN MARTIN**

- I INTRODUCCIÓN
  - II GENERALIDADES
  - III FISIOGRAFÍA
  - IV GEOLOGÍA
  - V YACIMIENTO MINERAL
  - VI 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 10 de febrero de 2005  
EL DIRECTOR

  
M. en C. GERARDO FERRANDO BRAVO

CFB\*JACC\*gtg  


**ASOCIACIÓN Y ZONAMIENTO DEL MINERAL ASOCIADO A LAS VETAS  
IBARRA Y GALLO GALLINA AL NORTE DE MINA EN SAN MARTIN, ZAC.**

<b>ÍNDICE</b>	<b>PÁG.</b>
<b>CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN</b>	
<b>II GENERALIDADES</b>	<b>4</b>
II.1 Objetivo del trabajo	5
II.2 Historia del distrito minero	5
II.3 Trabajos previos	7
II.4 Método de trabajo	8
II.5 Geografía	9
II.5.1 Localización	9
II.5.2 Vías de comunicación	10
<b>CAPÍTULO III FISIOGRAFÍA</b>	<b>11</b>
III.1 Introducción (provincias, límites)	11
III.2 Geomorfología	12
III.3 Hidrografía	12
<b>CAPÍTULO IV GEOLOGÍA</b>	<b>13</b>
IV.1 Estratigrafía	15
IV.2 Rocas ígneas	22
IV.2.1 Rocas intrusivas	22
IV.2.2 Rocas volcánicas	23
IV.3 Rocas metamórficas	25
IV.4 Geología estructural	26

IV.5	Historia geológica	27
<b>CAPITULO V</b>	<b>YACIMIENTO MINERAL</b>	<b>30</b>
V.1	Paragénesis	37
V.2	Zoneamiento	43
V.3	Roca encajonante, alteraciones	47
V.4	Evaluación, leyes, cubicación	47
<b>CAPITULO VI</b>	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	<b>53</b>
	Bibliografía citada	56

## I.1 INTRODUCCIÓN

En el distrito minero de San Martín, estado de Zacatecas la exploración ha estado ligada a través de su historia a tres vetas principales: **San Marcial, Ramal Ibarra e Ibarra**; su explotación se concentra en los últimos años, en la zona central del yacimiento. El departamento de Geología continúa la exploración con más detalle en las zonas norte y Noreste del distrito con apoyo de la barrenación a diamante y obra directa; La finalidad de estos trabajos es la de conocer el comportamiento geológico de las vetas Ibarra y Gallo Gallina, con respecto al intrusivo granodiorítico.

Dadas las condiciones actuales por las que atraviesa la minería en México, ha enfrentado en los últimos años a los siguientes factores: una impresionante tendencia a la baja de los precios de los metales, entre éstos la plata, y en menor proporción el aluminio y el cobre; el uso de nuevas tecnologías como la miniaturización en electrónica, que ha tendido a abatir el consumo de plata y al desplazar el uso del cobre por fibras ópticas; es necesario conocer con detalle, en el caso particular de San Martín, el potencial de su yacimiento, sus características mineralógicas, así como la relación que guardan los elementos económicos con el fierro, para poder determinar la metalurgia adecuada en los años subsecuentes.

Por otro lado, es necesaria la optimización en el aprovechamiento de los recursos humanos y materiales con que cuenta la unidad y con esto alcanzar un mayor índice de productividad que permita ser más competitivos en el mercado nacional e internacional.

## II.1 OBJETIVO DEL TRABAJO

Ampliar el conocimiento del entorno geológico del yacimiento así como conocer con precisión la paragénesis y zoneamiento de los minerales de plomo, zinc, fierro y plata, de la parte norte y noreste de la mina San Martín; para finalmente, tener como resultado el incremento de reservas cuyo propósito es considerar futuras inversiones.

## II.2 HISTORIA DEL DISTRITO MINERO

El descubrimiento del mineral de San Martín, que obedeció al atractivo de la riqueza de sus vetas, se remonta al año de 1555, ligado con el descubrimiento de sombreroete y no obstante que abunda la información de historiadores respecto a quién fue el descubridor de este mineral, muchos se inclinan por asociarla al Capitán Juan de Tolsa, uno de los principales fundadores de Zacatecas, y a los también conquistadores españoles Juan Bautista de Llerena, que descubrió Real de Minas de Sombreroete; Martín Pérez de Uranza descubridor de Chalchihuites y finalmente Francisco Ibarra, cuyo apellido lleva como nombre una de las vetas principales en la actualidad conocida como veta Ibarra.

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

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

En el año de 1561, San Martín fue sitiado por los indios Chichimecas, por lo que fue necesario que llegara a tener una guarnición permanente de soldados españoles para la protección de los trabajos que ahí se realizaban.

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

En el año de 1951, el 8 de Febrero se formó la empresa Impulsora Minera México, S.A. para proveer capital norteamericano a la minería mexicana; actuó como intermediaria entre las grandes empresas americanas y los pequeños mineros mexicanos.

En 1952, la Impulsora inició sus actividades en San Martín y el 1° de Enero de 1953 se formó la compañía Minera San Martín, que puso en actividad la mina y la compañía Minera y Beneficiadora de Sombrerete, S.A., que operaría el primer molino instalado en San Martín, después de la adquisición de capitales tanto de la compañía Minera Dos Estrellas como la impulsora Minera de México, S.A.

Estas dos empresas se fusionaron en Minera San Martín S.A. de C.V., para que posteriormente pasara a ser propiedad del inmenso consorcio minero mundialmente conocido por Asarco, el cual inició sus trabajos en San Martín a partir del 11 de Junio de 1958 como compañía Minera Asarco, S.A. posteriormente cambio su denominación el 17 de Julio de 1965 a Asarco Mexicana, S.A., a raíz de la nacionalización de la empresa antes citada, y finalmente a partir del 24 de Mayo de 1974, cambió a la razón social de Industrial Minera México, S.A. de C.V.

Una estimación aproximada de la producción histórica del distrito minero de San Martín, arroja los siguientes datos:

Años	Toneladas	grs/ton Au	grs/ton Ag	grs/ton Pb	grs/ton Cu	grs/ton Zn	grs/ton Fe
1955-1900	300,000	0.5	450	-	-	-	-
1905-1943	2,500,000	0.5	400-1100	-	-	-	-
1949-1958	300,000	-	2.71	0.60	2.71	11.46	9.00
1959-1992	17,504,219	-	120	0.30	0.98	4.65	9.04

En los años 1910 - 1943 estuvo en operación la mina de San Pantaleón, con una producción diaria de 250 toneladas.

Esta mina se caracterizó por ser una de las más importantes de Zacatecas, pues en esa época forjó una ciudad de aproximadamente 15,000 habitantes en sus alrededores.

La profundidad del último nivel de explotación fue de 560 metros, a partir del brocal del tiro general, la extensión lateral de la explotación fue de 1700 metros.

### II.3 TRABAJOS PREVIOS

Estudio geoelectrico en tres lotes elaborado por Ing. J. Silva M. e Ing. Marcos A. González N; el primer lote llamado MI NUEVE E-7218, registrando una zona anómala de P.I. - R.A. ubicada en la parte sur; en el lote PACHUCA la geofísica registró valores anómalos altos que oscilan de 14.1-33.1 m/seg, tanto en el intrusivo como en las calizas. Y en el tercer lote denominado EL EXPLORADOR E-8965 los estudios geoelectricos-geoquímicos confirmaron la no existencia de cuerpos conductores.

Ing. J. Roberto Silva M. (1989) Estudio litogeoquímico de las áreas Betania y El Salvador, San Martín Zacatecas; en este trabajo se obtuvo una respuesta positiva por litogeoquímica en el área Betania con anomalías de alta intensidad por Ag - Pb - Zn - Cu - Fe - As - Sb - Mo - Cd - Mn.

En el lote El Salvador no se registró alguna anomalía litogeoquímica de interés, las calizas de la Formación Cuesta del Cura en este lote no manifiestan ninguna alteración post-depositacional relacionada con cuerpos mineralizados.

José J. Aranda - Gómez (1978) Metamorphism mineral zoning, and paragenesis in the San Martin mine, Zacatecas México.

Uno de los objetivos de este estudio fue delimitar la extensión de la aureola metamórfica ocasionada por el intrusivo del cerro de La Gloria, basado en la mineralogía se determinó la aureola en cuatro zonas:

- 1.- Tremolita – Calcita
- 2.- Tremolita – Granate
- 3.- Ferrosalita – Granate
- 4.- Cuarzo – Sacaroide

Estudio fotogeológico del distrito minero de San Martín, Zacatecas; Gerencia de Geología y Exploración “ Zona Sur “ sección de investigaciones I.M.M.S.A. Diciembre 1976.

La empresa llevó a cabo un reconocimiento de 300 km<sup>2</sup> situados alrededor de la unidad San Martín, con el fin de evaluar los terrenos económicamente interesantes. Para llegar a este objetivo se analizaron los tipos de mineralización que imperan en el área de San Martín, se bosquejaron las estructuras y estratificación que se presenta en el área y se buscó la continuidad de las estructuras mineralizadas que actualmente se explotan.

#### II.4 MÉTODO DE TRABAJO

Para desarrollar el presente trabajo se contó con los siguientes apoyos:

- a) Mapeo directo en las obras de avance de los niveles donde se presentan las vetas Ibarra y Gallo – Gallina. El mapeo se realiza mediante el “método de brújula y cinta”, la información obtenida en el mapeo es vaciada en planos geológicos escala 1:500; los minerales económicos se representan con diferentes colores y la roca estéril se muestra con el color verde.
- b) Descripción e interpretación de barrenos de diamante en superficie e interior mina que cortan a las vetas Ibarra y Gallo – Gallina al norte de la mina. La descripción se realiza en testigos de núcleo fresco; se anotan: los cambios de litología, el contenido de estructuras mineralizadas, las alteraciones mineralógicas y los minerales presentes. Los barrenos, tanto en superficie como en el interior mina se realizan en forma de abanico con una distancia de 25 metros de separación entre cada estación.

- c) Descripción mineralógica y mineragráfica de muestras tomadas en las vetas Ibarra y Gallo – Gallina.
- d) Análisis químicos de muestras de canal en las obras de avance en la zona estudiada.
- e) Las muestras de canal se marcaron de tal manera que fueran lo más representativo de la zona estudiada, se tuvo especial cuidado en el muestreo de la veta Ibarra, tanto de cielo como perpendicular a la estructura.
- f) Elaboración de 13 secciones geológicas, transversales a las vetas Ibarra y Gallo – Gallina, con una separación de 25 metros escala 1: 500.

## II.5 GEOGRAFÍA

### II.5.1 LOCALIZACIÓN

El distrito minero de San Martín está situado en la parte occidental del estado de Zacatecas, en el municipio de Sombrerete, con  $23^{\circ} 36' 54''$  de Latitud Norte y  $103^{\circ} 44' 05''$  de Longitud al Oeste de Greenwich. ( figura N° 1)

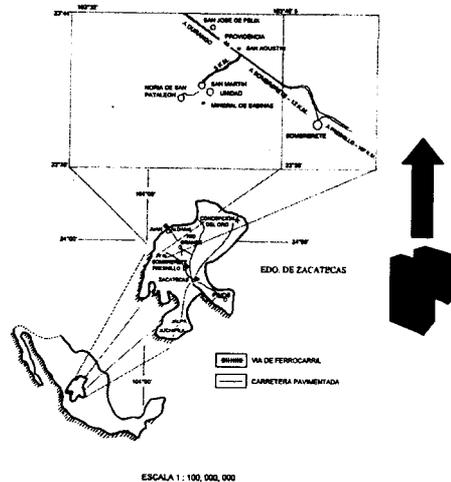


Figura 1 Plano de localización

## II.5.2 VÍAS DE COMUNICACIÓN

La unidad San Martín se comunica por la carretera N°45 (Panamericana) que va de Zacatecas a Durango; en el kilómetro 175 entronca un camino pavimentado de 6 kilómetros, que une a la carretera con la unidad; hacia el sur de dicho entronque y junto a la carretera panamericana, está la ciudad de Sombrerete, a una distancia de 12 kilómetros.

La ciudad de Sombrerete cuenta con un ramal de Ferrocarriles Nacionales de México, que entronca con la línea general en la población de Felipe Pescador, Zacatecas, este ferrocarril corre de la ciudad de México a Ciudad Juárez.

La unidad también cuenta con una pista de aterrizaje para avionetas en San Juan del Álamo, a una distancia de 15 kilómetros hacia el oeste.

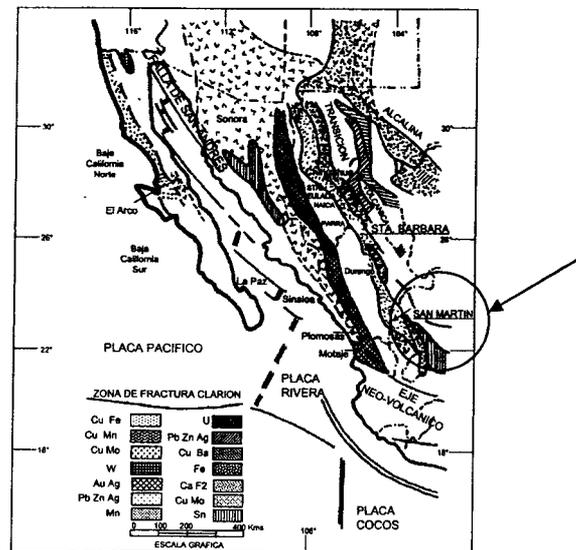
### III FISIOGRAFÍA

El área que comprende el distrito minero está situada dentro de la provincia fisiográfica de la meseta central (M. Álvarez, Jr. 1969) Su paisaje está dominado por lomeríos de rocas sedimentarias con suaves relieves que contrastan con las mesetas acantiladas de las corrientes lávicas.

El patrón de drenaje de los sedimentos es de tipo radical y subparalelo, mientras que en las volcánicas se desarrolla el tipo dendrítico.

#### III.1 PROVINCIAS Y LÍMITES

El distrito minero de San Martín se sitúa dentro de la subprovincia denominada Sierras y Bolsones, en las proximidades del límite oriental de esta última. Metalogénicamente, sin embargo, pertenece a la provincia de la Mesa Central, al situarse en las estribaciones de la Sierra Madre Occidental (Damon y Clark 1979) y contener depósitos minerales con características análogas a los típicos de tal provincia, en este caso reemplazamientos en calizas, (figura N° 2).



(TOMADA DE DAMON Y CLARK 1979)

Figura 2 Ubicación geográfica de la mina San Martín

### III.2 GEOMORFOLOGÍA

En el área predominan rocas sedimentarias con pequeñas zonas de rocas ígneas; la topografía del terreno es regulada por el tipo de roca y el clima; se encuentra en la fase geomorfológica de madurez en su ciclo erosivo.

### III.3 HIDROGRAFÍA

El drenaje característico de las rocas sedimentarias es radial y subparalelo, mientras que en las volcánicas es dendrítico. El cerro Papantón presenta un patrón de drenaje que refleja estructuras dómicas profundas probablemente de composición ígnea. El período de lluvias abarca de julio a septiembre con una precipitación pluvial anual de 380 mm. La temperatura máxima es de 37° C y la mínima de -7° C.

## IV GEOLOGÍA

En el área de la mina San Martín y sus alrededores la formación litológica más antigua y más ampliamente distribuida es la Formación Cuesta del Cura, del Albiano Sup.-Cenomaniano Inf.; en San Martín esta formación consiste en general de calizas de color gris oscuro, de grano fino, en partes tiene aspecto carbonoso, con intercalaciones de caliza arcillosa y lutitas cortadas por abundantes vetillas de calcita, siderita y rodocrosita (rara vez), además presenta bandas de pedernal y estratificación ondulante. En el área Mina Nueva, El Brinco, a las calizas se les observan megascópicamente cambios postdeposicionales como recristalización y silicificación cortadas por algunas vetillas de calcita, rodocrosita y óxidos de fierro; además en algunas zonas cercanas al “stock” granodiorítico - cuarzomonzonítico se observan cristales de wollastonita y tremolita como producto del metamorfismo de contacto.

También es frecuente en esta área, la alternancia de estratos de caliza y otros únicamente recristalizados.

Concordantemente se tiene sobre esta unidad litológica, la Formación Indidura del Cenomaniano - Turoniano, observada en el poblado de la Noria de San Pantaleón y en los bordes erosionados del cerro Papantón, consiste principalmente de lutitas alternadas con calizas arcillosas, con plegamientos muy intensos, en algunos lugares.

En el distrito minero de San Martín se tiene aflorando un “stock” granodiorítico - cuarzomonzonítico en el cerro de La Gloria (figura N° 3), intrusiona a las calizas de la Formación Cuesta del Cura, su edad es el Oligoceno, puesto que fue emplazado después del plegamiento producido por la Orogenia Hidalgonia del Eoceno. Es penecontemporáneo a la mineralización y está estrechamente relacionado con ella.

Como resultado de la orogenia Laramide se originan varios sistemas de pliegues; fallas y fracturas, que junto con la intrusión del “stock” granodiorítico preparan a las calizas de la Formación Cuesta del Cura para reemplazarse y dar origen a los cuerpos minerales del distrito.

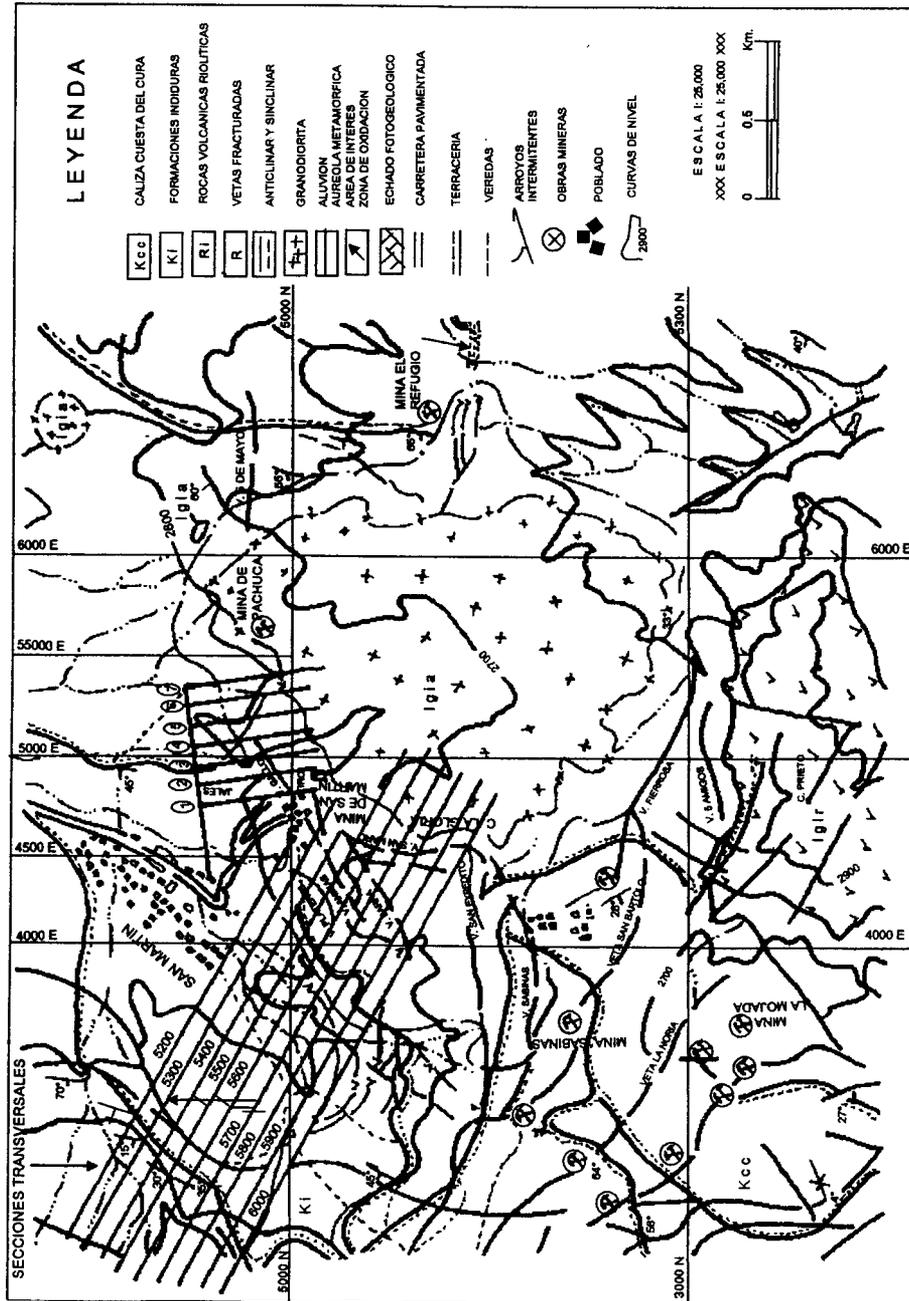


Figura 3 Plano Geológico del área de San Martín, Zacatecas

#### IV.1 ESTRATIGRAFÍA

Dentro del área que comprende el estudio, se reconocieron las Formaciones Cuesta del Cura e Indidura, varios intrusivos graníticos, el más importante es el que aflora en el cerro de La Gloria y otros dos apófisis que se encuentra al SSW de San Antonio de Belén, rocas volcánicas de composición riolítica que incluyen un aglomerado, y por último, como producto de la erosión de las rocas mencionadas, los valles contienen una capa de conglomerados y material aluvial (tabla N°1)

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



INTRUSIVO GRANODIORITICO DE 46 ± 1 M.A



NO AFLORA O EROSIONADO



DISCORDANCIA

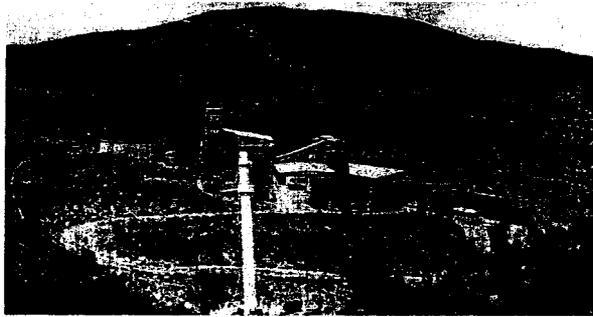
TABLA N°1

Tabla 1 Columna litológica de la Mina San M.

A continuación se hará la descripción de cada litología, siguiendo un orden cronológico de más antigua a reciente.

**Caliza Cuesta del Cura.-** Imlay (1926, p. 1125) definió como Formación Cuesta del Cura a una secuencia de calizas gris oscuro, de estratos ondulantes e intercalaciones de pedernal negro. Su localidad tipo se sitúa 6.4 Km al poniente de Parras, Coahuila, en donde alcanza un espesor de 65 metros.

Esta formación está ampliamente distribuida en el área estudiada. Aflora en el cerro Papantón, (fotografía N° 1) en la unidad minera de San Martín y al oriente del cerro de La Gloria.



*Fotografía 1 Panorámica de la Formación Cuesta del Cura*

Fisiográficamente presenta relieves suaves, redondeados, más o menos resistentes a la erosión. El drenaje desarrollado es subparelelo ya que en gran parte corre a lo largo de fracturas. En algunos sitios se hace más denso debido a que la formación es más arcillosa.

En general la unidad consiste de caliza color gris, gris oscuro y negro en superficie fresca; de grano muy fino en ocasiones tiene aspecto carbonoso. Los estratos de caliza están bien marcados, son uniformes y tienen espesores entre 5 y 60 cm, se observa claramente la estratificación ondulante, Intercaladas con las calizas, se observan calizas arcillosas en espesores muy delgados (3 a 5 cm) y lutitas negras que por intemperismo son verdoso – amarillentas.

Aparentemente hacia la cima de la formación, aumenta el espesor de las calizas arcillosas, los horizontes de lutita y aparecen algunas capas de calciruditas.

Muchos estratos de caliza tienen abundantes vetillas de calcita de color blanco y en ocasiones con tintes pardos. También pueden observarse, aunque no en todos los lugares donde aflora, estructuras de disolución. Como rasgo característico, se encuentran bandas de pedernal negro con espesores hasta de 3 cm (fotografía N°2). Frecuentemente presentan también abundantes pliegues locales (fotografía N°3) El color de intemperismo es en general de gris a amarillo pálido. Ocasionalmente las calizas arcillosas tienen color rosado.



*Fotografía 2 Fm. Cuesta del Cura (Superior)      Fotografía 3 Fm Cuesta del Cura (Inferior)*

El contacto inferior supuestamente con la Formación La Peña, no se observa. El contacto superior es concordante y transicional con la Formación Indidura; se marca donde desaparecen las bandas de pedernal, la estratificación ondulante y se inicia el predominio de lutitas en alternancia con calizas arcillosas.

El espesor de la caliza Cuesta del Cura es de 700 m en la sección estratigráfica medida en el arroyo Herradura (Tapia Blanca) en la cual se encontró una localidad fosilífera donde se localizaron los siguientes fósiles, identificados por la Dr. Blanca E.

Buitrón del Instituto de Geología de la UNAM y por Ricardo Montaya del Instituto Mexicano del Petróleo.

▪ <i>Turrilites schencheerianus</i>	Cenomaniano superior
▪ <i>Crioceras sp.</i>	Vraconiano
▪ <i>Calcisphaerula innominata</i>	Albiano – Santoniano
▪ <i>Pithonella ovalis</i>	Albiano Medio – Santoniano
▪ <i>Pithonella trejoi</i>	Albiano superior cenomaniano
▪ <i>Rotalipora sp.</i>	Cenomaniano Santoniano

Dichos fósiles proporcionan la información necesaria para colocar a la caliza Cuesta del Cura dentro del Albiano Superior – Cenomaniano Inferior. Es correlacionable con la caliza Aurora en la Sierra de Parras o Concepción del Oro y también se correlaciona con las Formaciones Tamaulipas Superior, El Abra en la cuenca Tampico – Misantla y con los grupos Washita y Fredeicicksburg del norte de México y oriente de Texas.

Por su litología, la Cuesta del Cura se depositó en un ambiente de cuenca de la trasgresión de los mares del Albiano, sin embargo, el aumento de terrígenos hacia el inicio del Cenomaniano, indican condiciones regresivas de depósito.

**Formación Indidura.-** Kelly (1936, p. 1029) definió la Formación Indidura en la región de Delicias, Coahuila; donde se describen unos 30 m de lutita, caliza resquebrajada y lajas de caliza.

Esta formación aflora en las estribaciones de las prominencias topográficas formadas por la caliza Cuesta del Cura, por esta razón, se le encuentra en franjas arcillosas y bastantes erosionadas que bordean ambos lados del cerro Papatón. (fotografía N°4) Fisiográficamente ocupa relieves bajos, suaves, con aumento en el desarrollo de drenaje que tiende a ser dendrítico.

En el arroyo Herradura (Tapia Blanca), se midió una sección estratigráfica de aproximadamente 1262 m que incluye a la Formación Cuesta del Cura e Indidura. (figura N°4) Esta última dio un espesor de 575 m; su espesor real, dado el plegamiento existente, es de aproximadamente 282 m.

En la Sierra de Parras, Coahuila, la Formación Indidura tiene asignada una edad del Cenomaniano Inferior al Santoniano, determinada por Tardy (1972, p.62) mientras que en Concepción del Oro, Zacatecas; su edad abarca del Cenomaniano Inferior al Turoniano en la sección medida, se colectó un ejemplar fósil de *Inoceramus Labiatus*.



*Fotografía 4*

*Se muestra un ligero plegamiento de estratos de lutitas  
Y calizas arcillosas, puede observarse también el color pardo oscuro  
Producto del intemperismo, esporádicamente se observan  
Bandas de pedernal negro*

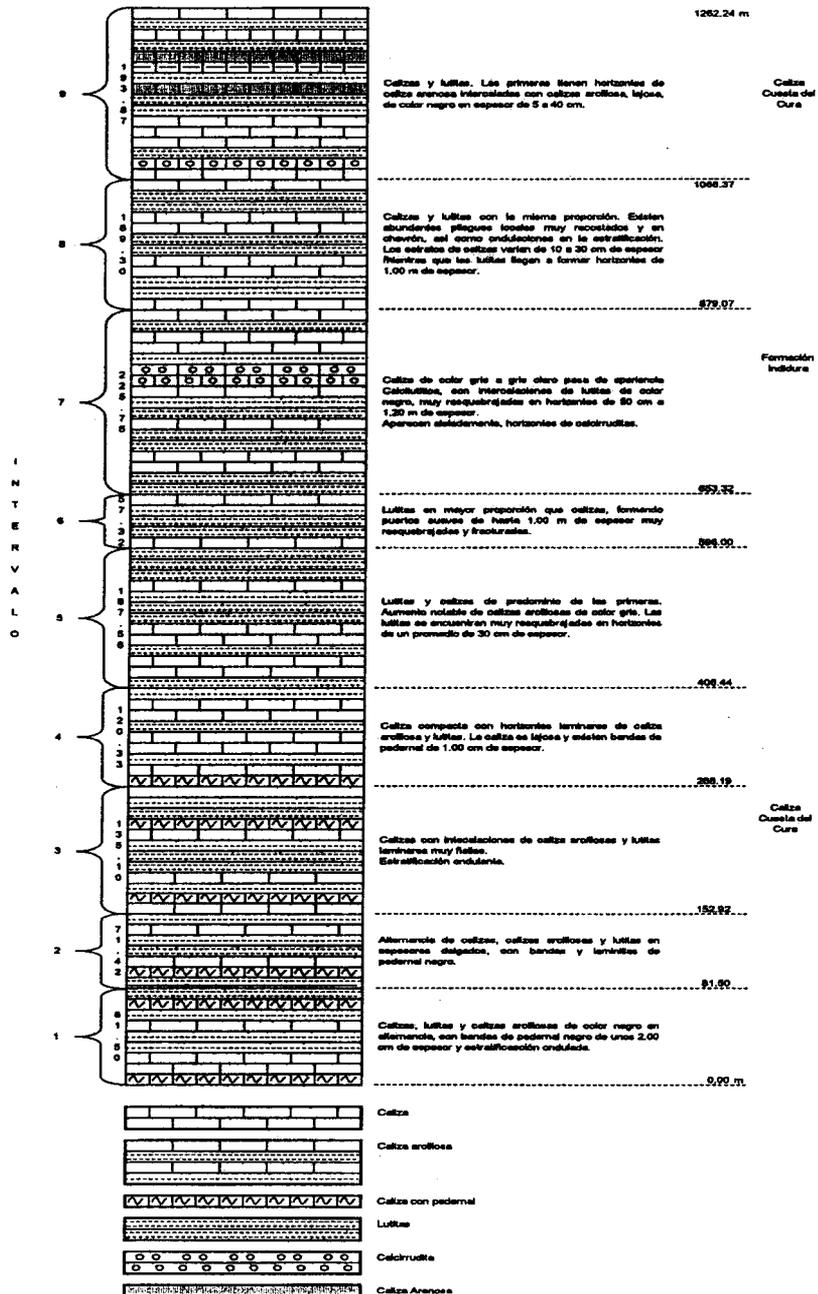


Figura 4 Sección estratigráfica en el arroyo Herradura.

índice del Turoniano, lo que sugiere que la edad de la Indidura, en el área, también puede ser Ceromaniano – Turoniano.

La unidad consiste principalmente, de lutitas en alternancia con calizas y calizas arcillosas lajosas. Las primeras son de color verde oscuro a negro, forman horizontes de más de un metro de espesor, con un promedio de 50 a 60 cm.

El color característico al meteorismo es pardo claro a oscuro amarillento; ocasionalmente negro o con zonas de color amarillo brillante, también se observaron en algunos sitios, tintes violetas o rosados.

Las calizas son de grano muy fino y gradúan a calizas arcillosas en estratos de 10 a 50 cm de espesor. Su color en superficie es de gris oscuro a negro e intemperizan a gris y gris claro con tintes amarillentos. Al sur de Ojo de Agua, en un arroyo, pudo verse un estrato de caliza de grano muy fino, cuyo espesor es de 1.60 m y sobreyace a una alternancia de calizas arcillosas y lutitas. Es característico de algunos lugares el plegamiento intenso que presenta esta formación, aisladamente se observa escaso pedernal negro a manera de bandas de 0.5 cm de espesor que se acuñan a los lados.

La Formación Indidura cubre concordantemente a la caliza Cuesta del Cura, el contacto es transicional en varios metros. Éste se marcó en donde desaparecen las calizas ondulantes y el pedernal y donde aumenta la cantidad de lutitas verdosas y calizas arcillosas sin pedernal. El contacto superior con la Formación Caracol no aflora en el área de estudio.

***Conglomerado y Aluvión.***- Como producto de la erosión se han cubierto superficiales con conglomerados de calizas e ígneos, generalmente mal clasificados, con cantos angulosos y redondeados, cementados con caliche. Se encuentran sobre algunos valles pequeños, cubren a las rocas cretácicas. Actualmente, el área atraviesa por una intensa etapa de erosión que ha dado como resultado el depósito de limos y cantos, no consolidados, que forman capas de suelo y rellenan amplios valles.

## IV.2 ROCAS ÍGNEAS

En el área de estudio están representadas por el “stock” granodiorítico del cerro de la Gloria y por emisiones riolíticas que cubren discordantemente a las calizas de la Formación Cuesta del Cura.

Al sur de San Antonio de Belén se encontraron dos afloramientos de una roca ligeramente porfídica, con matriz afanítica, que por relación de campo, se interpretan como masa intrusiva que posiblemente sean apófisis del intrusivo encontrado en La Gloria.

La edad relativa de estas rocas es posterior a la Orogenia Laramídica, consecuentemente abarca del eoceno tardío al Oligoceno medio o tardío.

### IV.2.1 ROCAS INTRUSIVAS (INTRUSIVO GRANÍTICO)

En este trabajo así se le denomina al “stock” que aflora en el cerro de La Gloria, al pie del cual se encuentra la Unidad Minera de San Martín, intrusiona irregularmente la caliza Cuesta del Cura; en superficie su diámetro es mayor de 2.0 Km; y el menor de 1.5 Km; semeja burdamente una elipse alargada en dirección Norte – Sur.

Su composición es granodiorítica – cuarzomonzonítica, por lo general presenta una textura holocristalina inequigranular, fanerítica, con los cristales de 2.5 a 5.0 mm, y minerales esenciales de cuarzo, ortoclasa y en menor cantidad de plagioclasa; como accesorios presenta biotita y hornblenda, Damon y otros (1983) fecharon la biotita del “stock” con el método K – Ar obtuvieron una edad  $46.2 \pm 1$  m.a. Alrededor de este intrusivo se extiende una aureola de metamorfismo de contacto que convirtió a las calizas en un skarn mineralizado en sus cercanías, y a medida que se alejan, el metamorfismo se manifiesta como roca jaspeada, recristalizada y silicificada.

Al sur de San Antonio de Belén, se encontraron dos afloramientos de roca ligeramente porfídica con matriz afanítica, que por relación de campo, también se interpretan como masas intrusivas que posiblemente sean apófisis del intrusivo que forma el cerro la Gloria.

En el estudio de las muestras de láminas delgadas, se determinaron los siguientes minerales para el “stock” La Gloria:

Cuarzo	20%
Fedelpasto K	30%
Plagioclasas	32%
Biotita	7%
Sericita	3%
Clorita	5%
Alanita	
Circón	
Calcita	3%

En el interior de la mina el intrusivo manifiesta las siguientes alteraciones; en el rebaje 6 - 252 (2469 m.s.n.m.), el fedespasto es potásico (microclima) con alteración a minerales de arcilla.

La plagioclasa es de composición media (Andesina - Oligoclasa), fuertemente alterada a minerales de la arcilla y sericita, de acuerdo al estudio petrográfico, los máficos están totalmente reemplazados por óxidos de fierro, calcita y sericita, con un fuerte agregado de minerales de ganga (cuarzo y calcita), la roca presenta una fuerte silícificación y carbonatación.

#### IV.2.2 ROCAS VOLCÁNICAS RIOLÍTICAS.

Tres tipos de emisiones pueden distinguirse en diferentes zonas del área. La primera abarca del Cerro Prieto al Cerro Blanco, la segunda de la franja Poniente del área, desde San José de Canutillo al rancho La Soledad, el Cerro de La Legua y al Poniente del poblado Ojo de Agua; la tercera es la zona del Cerro el Cristo y al Sur de éste.

Las emisiones del Cerro Prieto cubren una superficie de aproximadamente 3.68 Km<sup>2</sup> con un espesor de más o menos 250 a 300 metros. Descansan

discordantemente sobre la caliza Cuesta del Cura, contienen gran cantidad de fracturas, las cuales en su mayoría corren NE - SE. Sus contactos son muy irregulares y forman escarpes profundos.

Las muestras de mano de Cerro Prieto y Cerro Blanco muestran que se trata de una roca merocritalina, afanítica, con muy poco contenido de fenocristales esenciales, trazas de minerales máficos y secundarios, en diversas proporciones, hematita, limonitas y sericita. Algunas rocas están silicificadas, en general son de color blanco, pardo y rosa. Las rocas fueron clasificadas como ignimbrita.

El área Canutillo, La Soledad, Cerro La Legua y W de Ojo de Agua , incluye varios derrames y un aglomerado que se observan contemporáneos fisiográficamente a los de Cerro Prieto ya que se presentan como mesetas que cubren directamente y en discordancia, a la caliza Cuesta del Cura y Formación Indidura. El color característico, muy generalizado, es violeta en diferentes tonos y rosa pardusco. Las muestras tienen matriz afanítica con un 10% a 15% de fenocristales (de 1 a 5 mm) de cuarzo y feldespatos potásicos. La textura es, en ocasiones, amigdaloides y tiene alteraciones de hematita, caolinita y algo de sericita. En algunas localidades se encontraron bombas y tobas.

Por último, el área del Cerro el Cristo incluye también emisiones de tipo ácido. La forma del Cerro es muy irregular, con escarpes profundos, que semeja a una bufa. Las rocas también son de tipo ignimbrítico y en los valles una toba brechoide. La textura es generalmente afanítica, con bajo contenido de fenocristales de cuarzo y feldespato alcalino.

Algunas rocas están caolinizadas, varía su color de violeta claro a oscuro, rojizo y blanco. Está en contacto con la caliza Cuesta del Cura, y el sobreyace una capa de conglomerados o aluvión.

La edad de los piroclastos en las tres áreas mencionadas es posiblemente la misma, y tentativamente se sugiere que sea Oligoceno tardío - Mioceno,

principalmente por la correlación con las grandes emisiones volcánicas ácidas de la meseta central y la Sierra Madre Occidental.

#### IV.3 ROCAS METAMÓRFICAS

La intrusión del "stock" granodiorítico a la caliza Cuesta del Cura dio lugar a una aureola metamórfica, formada por una alternancia de rocas silicatadas y recrystalizadas, asociadas a la mineralización y en menor o mayor grado a la composición y textura de estas rocas. Esta aureola metamórfica se ha dividido en cuatro zonas:

- a) Zona de cuarzo sacaroide: Esta zona está restringida a lo que propiamente es el contacto de las rocas sedimentarias con el intrusivo. El tamaño de los cristales de cuarzo tienen como promedio 8 mm, la roca presenta un color pardo claro debido a la presencia de magnetita parcialmente alterada a hematita.
- b) Zona de granate: Económicamente ésta es la zona más importante pues aloja a los cuerpos minerales asociados. Sus minerales más abundantes son granates de la serie grosularita - andradita; otros minerales comunes son ferrosalita y vesuavita, en tanto escapolita, epidota y cuarzo también se observan con frecuencia Vesuvianita.
- c) Zona de tremolita - granate: Ocurre en el extremo exterior de la aureola en el área de San Martín, el rasgo característico es la presencia de los pequeños grupos radiales de tremolita y granates muy finos en caliza recrystalizada.
- d) Zona de tremolita - calcita: Se presenta alrededor del intrusivo en el norte, sur y este; la tremolita y la calcita recrystalizada caracterizan a esta zona.

La aureola presenta una forma asimétrica ya que el flanco noreste de la masa intrusiva tiene un echado de 60 grados hacia ese rumbo, por lo que en esa zona la

extensión del halo es mucho mayor que en la parte oriental donde el buzamiento tiene valores hasta de 80 grados. Otros factores, como la posición de los estratos calcáreos respecto al tronco, coadyuvaron a que en el flanco oriental el metamorfismo se extienda a veces por tan sólo 30 metros, en tanto que el flanco occidental dicha extensión llega a un kilómetro.

#### IV.4 GEOLOGIA ESTRUCTURAL

Dentro del área del distrito, los siguientes pliegues, al igual que las fracturas y fallas tienen origen tectónico, como resultado del plegamiento de la Orogenia Laramídica, antes del vulcanismo siálico y como consecuencia de la intrusión del tronco granítico del cerro La Gloria.

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

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

Las vetas tienen aproximadamente una longitud de afloramiento de 900 metros.

Después de la mineralización y posiblemente por esfuerzos de tensión, se originó una serie de fallas del tipo normal (figura N° 5) escalonadas, llamadas 1,2,3,4 y 5 transversales a las vetas, con rumbos generales de 70°, 80° y 90° al sur. Con los levantamientos geológicos en los diferentes niveles se ha observado que dichas fallas tienden a disminuir el desplazamiento horizontal, de las estructuras mineralizadas, así como la potencia de dichas fallas. Estas fallas en los niveles superiores al nivel 12 desplazan a las vetas aproximadamente de 20 metros horizontales.

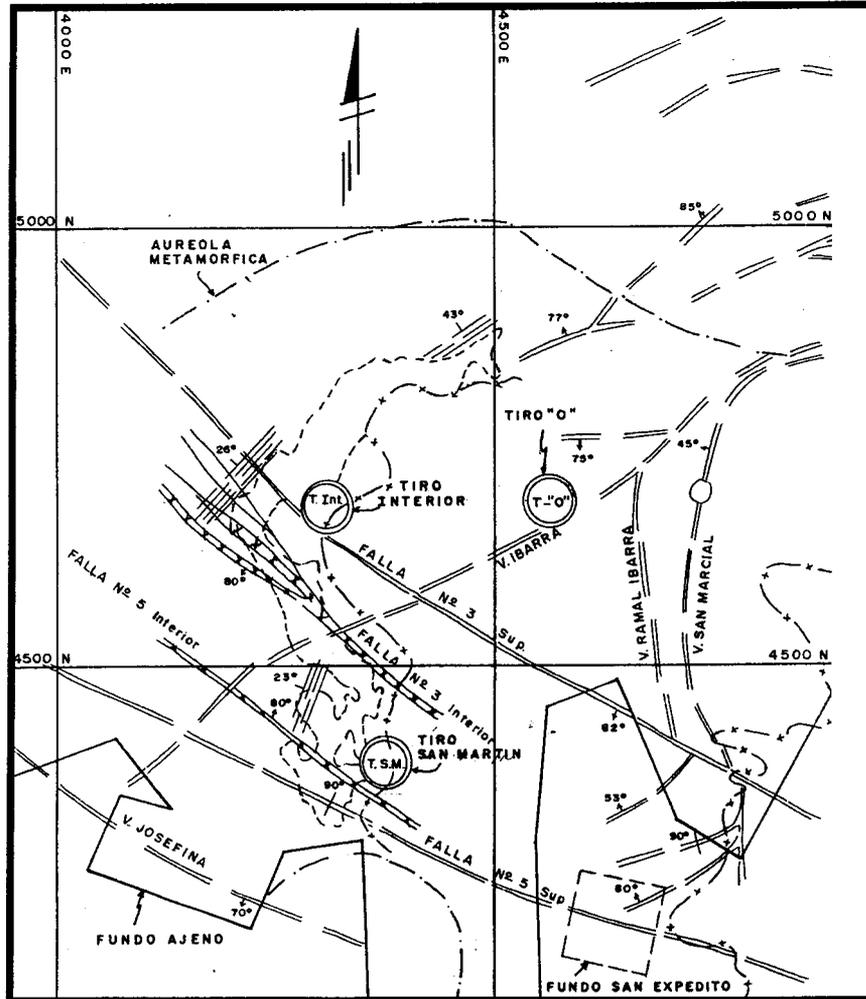


Figura 5 Planta mostrando las principales fallas

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

#### IV.5 HISTORIA 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.

La provincia paleogeográfica a la que pertenece el área es la Cuenca del Centro de México. (Carrillo 1971) Hacia el Albiano – Cenomaniano Temprano, alcanzó su máximo incremento en profundidad; se depositan los sedimentos calcáreos de la Formación Cuesta del Cura con abundantes bandas de pedernal. Sin embargo, la presencia de capas de lutitas y calcirrudita dentro de esta Formación, permiten suponer que la línea de costa tuvo oscilaciones. Durante la parte alta del Cenomaniano Temprano, las condiciones de depósito comienzan a cambiar ya que se pasó de una sedimentación calcárea (Cuesta del Cura), a una calcáreo – arenosa, la última capa representada en el área por las calizas y lutitas de la Formación Indidura. Este tipo de sedimentos, indican las condiciones regresivas y transgresivas que tuvieron los mares y que se manifestaron durante todo el Turoniano. Posteriormente, se inicia el depósito cíclico (areniscas y lutitas) que caracteriza a las facies Flysch de la formación Caracol, la cual no aflora en el área de estudio, pero que pudo observarse cerca de ella. Tal tipo de sedimentación continuó en la cuenca durante todo el Cretácico Superior, pero en el área no hay formaciones representativas de este lapso de tiempo. (tabla N° 2)

Durante el Paleoceno Tardío – Eoceno, tienen lugar la fase orogénica de la Revolución Laramide, con claras evidencias en las rocas estudiadas, ya que se observan abundantes pliegues de arrastre. Un análisis de los rumbos en las estructuras del área estudiada, sugiere que las fuerzas actuaron del W al E o bien SW al NE.

Al culminar la orogenia Laramide se emplazaron los cuerpos intrusivos de composición granítica, entre ellos, el “stock” del Cerro La Gloria, que alteraron y deformaron aún más las rocas plegadas con anterioridad. Los esfuerzos producidos durante el emplazamiento del “Stock”, dieron origen a un sistema de fallas por las que posteriormente circularon los fluidos mineralizantes.

Durante el Oligoceno Tardío y todo el Mioceno, tuvo lugar el depósito de los emisiones riolíticas en el área y sus alrededores.

Durante el resto terciario, la actividad erosiva ha permitido la acumulación de fragmentos de las rocas sedimentarias e ígneas en los valles, posteriormente cementados, por caliche. Por último, la capa aluvial se depositó durante el Reciente.

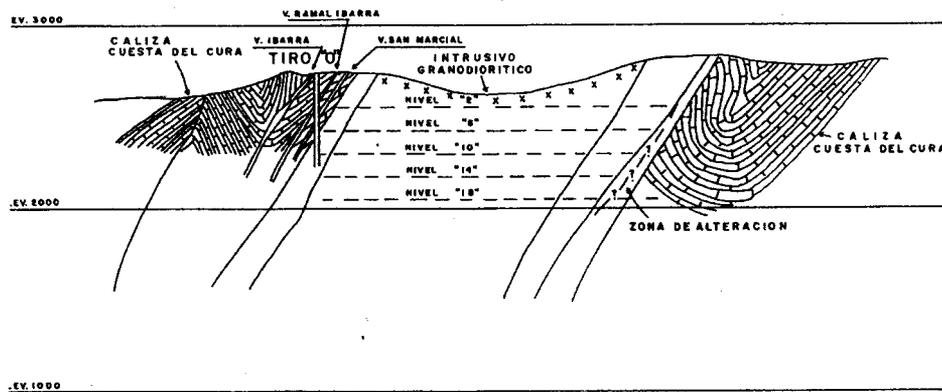
TABLA DE CORRELACIÓN ESTRATIGRAFICA

Era	Sistema	Serie	Piso Europeo	Grupo (1)	Edad (2)	Hoja Apizotla (3)	Distrito de Concepción del oro (4)	Area de estudio (5)	Hoja El Salado								
C e n o z o l i c o	Cuaternario	Reciente				Aluvión	Aluvión	Aluvión	Aluvión								
		Pleistoceno						Comenzado									
		Plioceno															
		Mioceno															
		Oligoceno															
M e s o z o l i c o	Terciaria	Paleoceno	Mesozoico														
			Golfiense	Navarro		56	Formación	Formación Ahuacita									
				Campaniano	Navarro	63											
		Santoniano		Táyvor	72												
		Superior	Coniaciano	Austín	84												
			Turoniano	Espejo Ford													
			Cenomaniano	Wacubata													
		Comanchense	Albiano	Superior													
				Medio													
				Inferior													
		Inferior	Coahuilana	Apalacheense													
				Barrabiano	Trinity												
				Huasteco	Nuevo León												
		Jurásico Superior	Sabilliana	Neocomiano			110	Caliza	Caliza Cuesta del Cura	Caliza	Cuesta del Cura						
										Durango							

Tabla 2 Tabla de correlación estratigráfica

## V YACIMIENTO MINERAL

Es un depósito de tipo "skarn", en donde los controles estructurales y estratigráficos son de gran importancia para localizar la mineralización. (figura N°6) Las fracturas asociadas con el plegamiento en la Formación Cuesta del Cura aumentaron permeabilidad de la caliza. La aureola metamórfica con sus contenidos de sulfuros, se desarrolla mejor en las partes más deformadas de la caliza. Las unidades de pedernal y lutita 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.



Escala 1:20,000

Figura 6 Sección NW 76° SE viendo al NE 14°

El yacimiento se presenta en superficie como: vetas de calcita - cuarzo, skarn con óxidos y carbonatos de Cu, Pb, y sulfuros de Fe, Pb, Ag que bordean en rumbo y echado al intrusivo. En la aureola de contacto se presenta skarn, hornfels y marmorización con esporádicas diseminaciones de pirita, calcopirita, pirrotita, malaquita, azurita; óxido de Pb, Fe y Mn.

Las vetas alejadas ( 1 Km) del intrusivo presentan mayor contenido de cuarzo afanítico a calcedónico con óxidos de manganeso en la matriz y en las fracturas.

El sistema de vetas representa una serie de fracturas relacionadas con la intrusión, sensiblemente paralelas al contacto intrusivo y que sirvieron de conductos principales para los fluidos, con ayuda también del fracturamiento preliminar SE 60° NW que a profundidad hace que los cuerpos sean más uniformes y potentes.

Estos cuerpos minerales de reemplazamiento son irregulares, pero tienen continuidad a profundidad y longitudinalmente; forman en conjunto un gran cuerpo mineralizado en skarn donde se observan zonas no mineralizadas (roca estéril), que se consideran o no, en la evaluación de reservas de acuerdo al sistema de minado y el valor del mineral.

Sus minerales primarios son: esfalerita, calcopirita, bornita, galena, pirrotita, arsenopirita, argentita, plata nativa, jalpaíta, calcosita tetraedrita y scheelita como minerales secundarios están la: azurita, malaquita, cuprita, cerusita, anglesita, smithsonita, limonita y óxidos de manganeso.

Las principales vetas del distrito son San Marcial, Ramal Ibarra, Ibarra y Gallo – Gallina. Se presentan como cuerpos tabulares y su ancho es muy variable, que va de 2 a 3 metros, además de numerosos cuerpos que se desprenden de las vetas y se localizan cercanos a los bordes del intrusivo granítico.

A continuación se hará la descripción de cada una de ellas y especialmente la veta Ibarra y Gallo – Gallina por ser el tema principal de este trabajo.

**Veta San Marcial.**- La veta San Marcial es la más importante estructuralmente pues en ella están contenidas el 65% de las reservas de mineral explotable y de interés de la unidad de San Martín. La longitud de su afloramiento es de aproximadamente 750 metros, con espesor promedio de 2 metros; su rumbo varía de N 30° E a N 45° E, el echado está gobernado por el contacto del intrusivo, y a la disminución del echado del intrusivo corresponde la disminución semejante del echado de la veta.

Tanto en la superficie como en el interior de la mina, la veta San Marcial es la más próxima al intrusivo y su mayor parte está dentro de la aureola metamórfica. Se introduce en algunos apófisis del intrusivo, así como en sus extremos. Cuando encajona en los apófisis los rasgos característicos de la veta se pierden; lo mismo sucede en el intrusivo, y hasta que vuelve a entrar a la tactita la estructura se formaliza.

Su mineralogía característica es de calcopirita, bornita, tetraedrita, pirita, pirrotita, galena, esfalerita y marcasita.

**Veta Ramal Ibarra.-** Está considerada como un ramaleo al alto de la veta San Marcial, en superficie se desprende en su parte media y en los niveles 4,6,9 y 12; la veta Ramal de Ibarra se desprende de la veta San Marcial entre las secciones 5425 y 5450 sur.

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 esfalerita, calcopirita, galena, pirita y pirrotita, en ganga de calcita y sílice; el espesor medio es de 1.5 metros. A partir del desprendimiento, la longitud varía de 50 a 200 metros, contiene los minerales antes citados, pero más retirada al SE se convierte en veta de calcita, cuarzo y pirita, con poco contenido de galena.

La veta Ramal Ibarra es, después de la veta San Marcial la más importante desde el punto de vista económico; entre la veta San Marcial y la veta Ramal de Ibarra se forman cuerpos de reemplazamiento mineral. Los minerales más comunes de este reemplazamiento son: esfalerita, calcopirita, bornita, pirrotita, arsenopirita, molibdenita y pirita.

En la actualidad estos cuerpos controlados por las estructuras de las vetas son los que se explotan con desarrollo de rebajes con anchos de 50 a 95 metros y largo de 100 a 300 metros. Su continuidad es conocida hasta el nivel 17 con obra directa y hasta el nivel 20 con exploración de barrenación de diamante.

**Veta Ibarra.-** Esta veta se conoce actualmente a partir de la sección 5650 sur hacia el Norte, su comportamiento es paralelo a las vetas San Marcial y Ramal Ibarra hasta la sección 5300 sur; a partir de esta seccion y hacia el norte, la veta Ibarra se manifiesta como una estructura angosta con potencia variable de 0.5 a 1.5 metros y una longitud conocida en el nivel 8 - 0 de 300 metros con una proyección vertical de 450 metros. (figura N° 7).

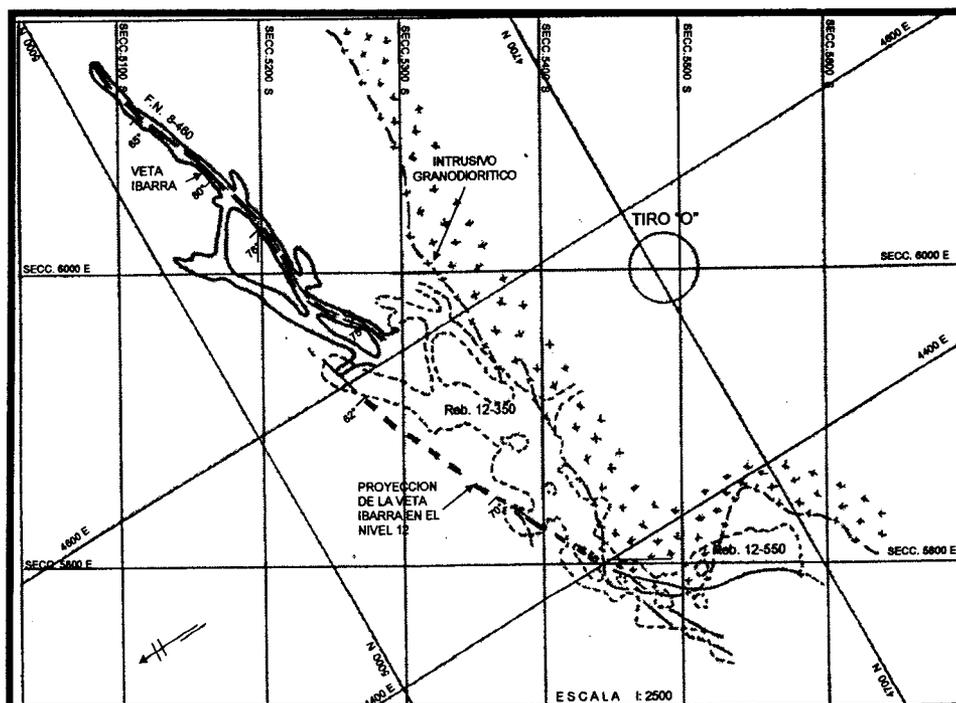


Figura 7 Reb. 12-350 12-550 y 8-0

Sus datos estructurales son rumbo de  $65^\circ$  a  $35^\circ$  al NE y un echado de  $60^\circ$ . En los niveles 12 y 14 llega a formar cuerpos de reemplazamiento con la veta Ramal Ibarra de hasta 20 metros de potencia, estos cuerpos presentan una mineralogía característica de: esfalerita, galeana, marmatita, pirrotita y calcopirita.

Una característica importante de la veta Ibarra es su alto contenido en leyes de plata y plomo, que sobresale a la ley general del yacimiento; estos elementos se presentan en galena principalmente.

La mineralogía presente en la veta Ibarra es la siguiente:

#### **Arsenopirita ( $\text{FeS}_2$ . $\text{FeAs}_2$ )**

Se encuentra en forma masiva, rellena huecos y fracturas, así como en cristales euedrales bien definidos. Está muy asociada a la galena e íntimamente ligada a esfalerita, pirita, pirrotita y calcopirita.

#### **Calcopirita ( $\text{Cu FeS}_2$ )**

Se presenta en masas xenomórficas con límites intercristalinos entre pirita formada antes y galena. Una gran cantidad de calcopirita es la que presenta como inclusiones formadas por exsoluciones en la esfalerita y en menor cantidad como agregados masivos individuales ocupando espacios intercristalinos o microfracturas en sulfuros previamente depositados, se asocia constantemente con tetraédrita o freibergita. Es común encontrar una relación calcopirita – tetraedrita – galena.

#### **Tetraedrita ( $3\text{Cu}_2\text{S.SbS}_3$ )**

Su relación es estrecha con la calcopirita a la que reemplaza en sus bordes.

#### **Esfalerita ( $\text{Zn S}$ )**

Rellena fracturas de manera masiva y en agregados xenomorficos con remplazamientos de galena, pirita, pirrotita y como relleno en marcasita; por lo que se considera que fue depositada antes que la galena.

Los reflejos internos son por lo general rojizos, por lo que su contenido de hierro químicamente se encuentra entre un 4% y 6%. Se presentan microscópicas inclusiones de pirita, pirrotita y calcopirita de 12 micrómetros aproximadamente; éstas no presentan un patrón de distribución en el cristal, sino que están en forma irregular y concentraciones altas. Se encuentra fuertemente ligada con arsenopirita en sus

bordes. La esfalerita puede ocupar intersticios de ganga prematura o reemplazar cuarzo y pirita y a su vez ser sustituida por ganga o carbonatos y pirrotita.

#### **Marcasita ( Fe S<sub>2</sub> )**

Se presenta generalmente asociada a pirita y con intercrecimientos en galena, calcopirita y pirrotita. Forma también mosaicos de cristales de cristales euedrales, láminas rectas y en ocasiones en forma bandeada, se supone es derivada de la transformación de pirita y pirrotita.

#### **Marmatita ( Zn Fe S )**

Se observa intercrecida con esfalerita y pirrotita, de igual manera está presente en inclusiones en pirita y pirrotita.

#### **Pirargirita ( Ag<sub>3</sub> Sb S<sub>3</sub> )**

Se presenta en pequeñas proporciones, rellena fracturillas en la esfalerita.

#### **Galena ( Pb S )**

Se presenta en forma de agregados policristalinos, con un aspecto masivo y huellas triangulares típicas de la línea de crucero, la mayoría de la galena se presenta deformada pero sin llegar a romperse, esto es debido a la plasticidad del mineral por efectos de tensión o compresión posteriores a sus depósitos, inclusive se alcanzan a distinguir zonas esporádicas con débil desarrollo de recristalización ocasionadas por la misma causa.

Claramente presenta estructuras características de remplazamiento sobre la esfalerita, pirita, marcasita y pirrotita, en ocasiones se muestra englobándolos por lo que su posición durante la secuencia es la última en depositarse entre los sulfuros de fierro y arsénico.

Se observa fuertemente intercrecida con arsenopirita y pirrotita, en ocasiones muestra una gran cantidad de inclusiones y exsoluciones de estos mismos. Con la esfalerita la

galena tiene una relación posterior a su depositación debido al reemplazamiento que existe en las líneas de crucero por esfalerita.

#### **Pirrotita ( $Fe_{S_{2-x}}$ ó $Fe_5S_6$ con variaciones a $Fe_{16}S_{17}$ )**

Se encuentra en abundancia dentro de los minerales metálicos de la muestra, se presenta en forma masiva, rellena huecos y fracturas en la matriz de la roca. Se observa intercrecida y como reemplazamiento en la galena, esfalerita, piritita, calcopirita y marcasita.

Fue uno de los primeros minerales metálicos en depositarse y probablemente también durante una etapa intermedias debido a que se encuentra en gran cantidad en forma de exsolucion en galena y esfalerita.

#### **Veta Gallo - Gallina**

Esta veta tiene una potencia de 1 a 1.5 metros y está ubicada al alto de un cuerpo granodiorítico que se considera como una apófisis del "stock" del Cerro La Gloria. Este apófisis está ubicado a partir de la sección 5200 sur, se extiende longitudinalmente hacia el norte 200 metros, verticalmente se conoce del nivel 4 al nivel 10. En la actualidad no se tienen datos de exploración que confirmen su existencia más abajo del nivel 10.

Los minerales presentes en esta veta son: galena, esfalerita, pirrotita, calcopirita y piritita, como minerales de ganga contiene principalmente calcita.

Su ley promedio es muy similar a la de la Veta Ibarra, con valores altos de plata y plomo.

En la (figura N°8) se puede ver la potencia del apófisis y la Veta Gallo - Gallina, así como la variación del ancho de la veta. El total de reservas de esta veta es de 212,654 toneladas de mineral explotable y de interés con una ley de:

101 grs/ton de plata  
1.49 %/ton de plomo  
0.10 %/ton de cobre  
1.62 %/ton de zinc

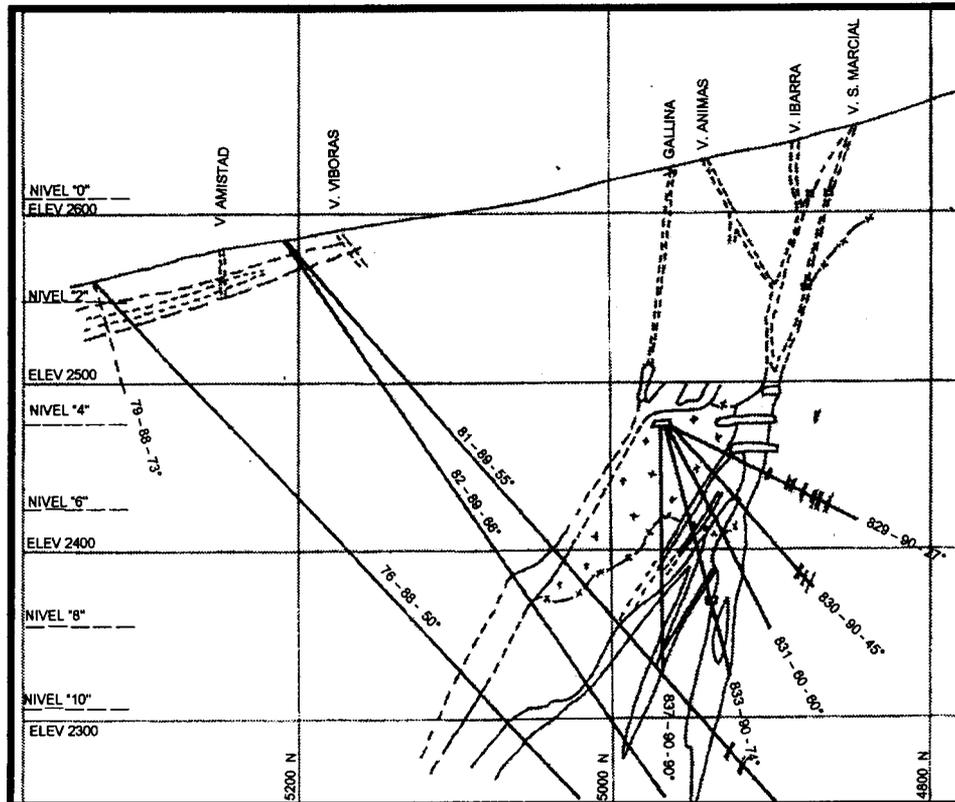


Figura 8 Sección 4775E, N-S viendo al E

### V.1 PARAGÉNESIS, SUCESIÓN MINERALÓGICA

Para determinar la sucesión mineralógica del yacimiento de San Martín, se hicieron estudios de petrografía y minerografía de 20 muestras.

De acuerdo a los resultados del estudio de dichas muestras a continuación se propone la siguiente secuencia mineralógica. (figura N° 9).

Mineral	Primera Etapa					Etapa Intermedia					Segunda Etapa				
Cuarzo	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Pirita	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Esfalerita	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Pirrotita	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Galena	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Marcasita	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Arsenopirita	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Calcopirita	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Tetrahedrita	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Marmatita	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Carbonatos	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Pirargirita	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

Figura 9 Suseción de la Veta Ibarra

El primer mineral en depositarse fue el cuarzo idiomorfo con desarrollo en las paredes de las fracturas abiertas, la ortoclasa probablemente se forma simultáneamente al cuarzo a los carbonatos de la caliza Cuesta del Cura.

Un poco después empezaron a depositarse los primeros sulfuros simultáneamente con un cuarzo de grano más fino y de extinción ondulante.

El primer mineral en depositarse en los niveles más profundos fue la pirrotita, posteriormente se depositó la pirita en cantidades variables, la pirrotita aparece al mismo tiempo que la pirita y pasa probablemente de una temperatura alta a media, enseguida la galena que en ocasiones reemplaza a la pirita – pirrotita y arsenopirita previamente depositadas.

La formación de la galena es la que sigue a la esfalerita a la que frecuentemente reemplaza; es probable que al mismo tiempo que precipita la galena continúe todavía la precipitación de esfalerita.

En cantidades controladas probablemente por el régimen de enfriamiento y debido a que continúa una temperatura media – alta, se forman las texturas en exsoluciones o inclusiones de calcopirita en la esfalerita; esta calcopirita marca zonas o líneas de cruceo del mineral de zinc. La marcasita parece ser que se forma en dos etapas una

precoz discutible y otra después de la esfalerita asociada probablemente a una segunda generación de pirita.

El siguiente mineral metálico en depositarse es la calcopirita, en ocasiones sola y más definida, se localiza generalmente en los límites entre galena y esfalerita o en zonas intersticiales, debido a la precipitación de una segunda etapa de mineralización en compañía de tetraedrita con soluciones ricas en plata. Debe hacerse notar que el cuarzo de ganga continúa su depósito intermitentemente.

Con el depósito de la tetraedrita se inicia la generación de los minerales con antimonio / arsénico / plata. Estas sulfosales llegan a formar exsoluciones o inclusiones dentro de los minerales masivos ya depositados. Se observan de igual forma como vetillas, por lo que se piensa se trata de una segunda etapa de mineralización en la cual la plata como elemento fue la última en precipitarse y por reacción con el azufre forma sulfuros y sulfosales.

El estudio realizado a 20 muestras prueba dos etapas de mineralización, una de enriquecimiento supergénico y otra de oxidación.

Los minerales identificados por técnicas minerográficas y químicas son los siguientes: arsenopirita, pirita, esfalerita, galena, calcopirita, pirrotita, tetraedrita, tenantita, bornita, marcasita, pirargirita proustita, argentita, acantita, molibdenita, calcosita y hematita.

Como minerales transparentes se identificaron los siguientes: cuarzo, feldespatos, plagioclasas, tremolita, calcita, sericita, granates y clinopiroxenos.

Se proponen dos etapas de temperatura de formación, una alta y otra media, siendo del nivel 16 al 14 como temperatura alta con intercalaciones de temperatura media. La etapa de temperatura media se considera del nivel 14 hacia arriba.

Los intervalos de temperatura aproximados de formación de acuerdo a la mineralogía determinada, pueden considerarse de los 250° C a 350° C para la temperatura media y arriba de los 400° C para la temperatura alta.

A continuación se describen los minerales opacos más importantes:

**Esfalerita.-** En todas las muestra presentan tintes rojizos, producto de su alto contenido de fierro, pero sin llegar a considerarse del tipo marmatítico. Siempre presenta inclusiones y exsoluciones de calcopirita debido a una alta temperatura y tardía cristalización, por esto se considera que la esfalerita se depositó primero que la calcopirita; sin embargo, en otras ocasiones la esfalerita reemplaza a la calcopirita a través de sus bordes o fracturas, esto demuestra una segunda etapa de mineralización. Existe un fuerte reemplazamiento de la esfalerita por arsenopirita esta última forma islas, en otras ocasiones la esfalerita reemplaza a la arsenopirita; a través de sus bordes y fracturas en poca proporción. En la muestra del nivel 14 la esfalerita está reemplazada por la galena, lo que indica que su depositación fue primero. En el nivel 4 la esfalerita está siendo reemplazada por galena a través de sus bordes y fracturas.

**Calcopirita.-** Se observa en forma masiva, rellena huecos y espacios en forma anedral siempre asociada a todos los sulfuros, como esfalerita, arsenopirita y pirrotita. En ocasiones reemplaza a la arsenopirita. Una gran cantidad de calcopirita se observa como exsoluciones e inclusiones en la esfalerita de una cristalización tardía, sinérgica de un tamaño menos de 2 micrómetros y son del tipo laminar. En ocasiones la calcopirita está remplazada en casi su totalidad por la esfalerita; de igual forma la calcopirita engloba a la galena, lo cual indica que la calcopirita tuvo dos etapas de mineralización en la secuencia mineralógica. Se observan inclusiones y evoluciones de tetraedrita en la calcopirita de la variedad argentífera con tamaños de 20 micrómetros, producto de la finalización del depósito de minerales de la segunda etapa, la cual trajo consigo soluciones ricas en minerales económicos, sobre todo de plata. En otras ocasiones se presenta reemplazada por galena a través de sus bordes.

**Tetraedrita.-** Se observa como exsoluciones del tipo laminar dentro de la calcopirita, esfalerita y galena. Se asocia con la galena, esfalerita y calcopirita, su liga con esta última es más estrecha a la cual reemplaza en los bordes y corta como vetillas y como exsoluciones. Al parecer se trata de una tetraedrita argentífera. También se observa como inclusiones dentro de la calcopirita, posiblemente se trate de una especie argentífera variedad freibergita de acuerdo a sus propiedades ópticas; su tamaño promedio es de 18 micrómetros.

**Pirita.-** Se presenta en forma anedral a subedral fuertemente asociada a esfalerita, calcopirita, pirrotita y arsenopirita. La arsenopirita penetra en la pirita; la reemplaza en parte, lo que indica que fue posterior a la pirita. Se presenta asociada a marcasita en agregados xenomórficos, con un alto grado de transformación por soluciones ricas en hierro o marcasita. En ocasiones la esfalerita reemplaza a la pirita, lo que indica que fue de los primeros minerales en depositarse.

**Marcasita.-** Se encuentra en forma regular, rellena huecos y se asocia a pirita, esfalerita, pirrota, calcopirita y arsenopirita. Proviene de la pirita debido a soluciones hidratantes, reemplaza a todos los sulfuros a través de sus bordes, sobre todo a la calcopirita y esfalerita. Al parecer se depositó después de la primera generación de pirita. La marcasita reemplaza a la esfalerita, al parecer se trata de dos tipos diferentes y etapas posteriores de formación, una como ya se dijo, producto de la transformación de la pirita y otra de una depositación normal durante su secuencia mineralógica. Se presenta en grandes cristales tipo euedral y también contiene inclusiones de esfalerita y de galena.

**Pirargirita.-** Se observa como inclusión en la pirita con un tamaño de 20 micrómetros, su depositación fue al término de la segunda etapa de sulfuros, la cual trajo consigo soluciones ricas en plata. También llega a presentarse en forma de cristales diseminados en la matriz de cuarzo de un tamaño de 6 micrómetros.

**Galena.-** Se observa en forma masiva, rellena huecos, se encuentra íntimamente ligada a la calcopirita y esfalerita y es reemplazada por ambas a través de sus bordes y

fracturas. La galena muestra reemplazamiento por un sulfuro determinado como bornita, fácilmente confundible con tetraedrita; se puede distinguir la bornita por su maclado en forma de parquet. Existe una gran cantidad de bornita asociada o incluida en galena, calco piritita y esfalerita. Esto indica que es de una segunda etapa en la secuencia de depositación. En otras ocasiones la galena se encuentra totalmente reemplazada por pirrotita y presenta inclusiones de pirrotita, calcopiritita y arsenopiritita dentro de la galena. La galena llega a reemplazar y englobar a la marcasita a través de sus bordes, se presenta asociada a la esfalerita la cual es reemplazada por la galena a través de sus bordes y en otras ocasiones la esfalerita engloba y reemplaza a la galena.

**Arsenopiritita.-** Se observa en forma masiva y rellena huecos, se encuentra íntimamente asociada a la calcopiritita y esfalerita, en ocasiones llega a ser reemplazada casi en su totalidad por estos minerales. Se le considera el primer sulfuro en depositarse debido a que es reemplazada por otros minerales ya que en ocasiones se observan cristales de arsenopiritita atrapados en la pirrotita; en todas las muestras presenta cristales de anedrales y subedrales, en ocasiones reemplaza a la piritita y calcopiritita debido a una etapa posterior de depositación. También presenta inclusiones de pirrotita, calcopiritita y galena.

**Pirrotita.-** Se encuentra fuertemente asociada a esfalerita, calcopiritita, piritita y arsenopiritita; también se presenta como inclusiones dentro de la calcopiritita, arsenopiritita y esfalerita. La pirrotita se presenta reemplazando a la arsenopiritita y calcopiritita y en otras ocasiones contiene cristales de arsenopiritita. La esfalerita y calcopiritita llegan a reemplazar a la pirrotita a través de sus bordes.

**Argentita.-** Se observa asociada a la arsenopiritita e incluida en la misma, sus tamaños son de 30 micrómetros. En la galena se presenta como exsoluciones de un tamaño de 12 micrómetros solo como trazas.

**Bornita.-** Se observa en forma de inclusiones y exsoluciones dentro de la esfalerita, galena y en ocasiones asociada y reemplaza a la calcopiritita. Es de los minerales

depositados en la segunda etapa de mineralización, en los niveles 14 y 12 es acompañada en ocasiones por plata nativa en láminas delgadas.

## V.2 ZONEAMIENTO MINERALÓGICO

Para determinar un zoneamiento mineralógico del yacimiento de San Martín, se contó con la observación directa del cuerpo mineral en el nivel 12 y se analizaron muestras de mano en el microscopio petrográfico – minerográfico.

Los resultados de dichas observaciones muestran un zoneamiento característico para todo el yacimiento a partir del intrusivo hacia fuera.

En la distribución de los elementos que se describen a continuación se pueden distinguir 4 asociaciones características: (Figura N° 10)

- a) Cu, Ag, As. Esta asociación es característica de la veta San Marcial y se presenta en el contacto intrusivo – skarn, su potencia es variable debido al comportamiento del intrusivo. Estos elementos se presentan en calcopirita, bornita y arsenopirita.
- b) Fe, Zn, Cu. Esta asociación se encuentra en el cuerpo de reemplazamiento entre la veta San Marcial y Ramal de Ibarra, estos elementos se presentan en esfalerita, pirrotita, marmatita y calcopirita. En ocasiones se encuentran zonas de pirrotita y marmatita exclusivamente.
- c) 3)Zn, Cu. Esta asociación contiene en gran cantidad zinc, y el mineral principal es la esfalerita, en forma pura y en pequeñas proporciones calcopirita y pirrotita.
- d) 4)Ag, Pb, Zn, Fe. Esta asociación se presenta en la zona norte y es característica de la Veta Ibarra, los minerales presentes son: galena, pirrotita y esfalerita.

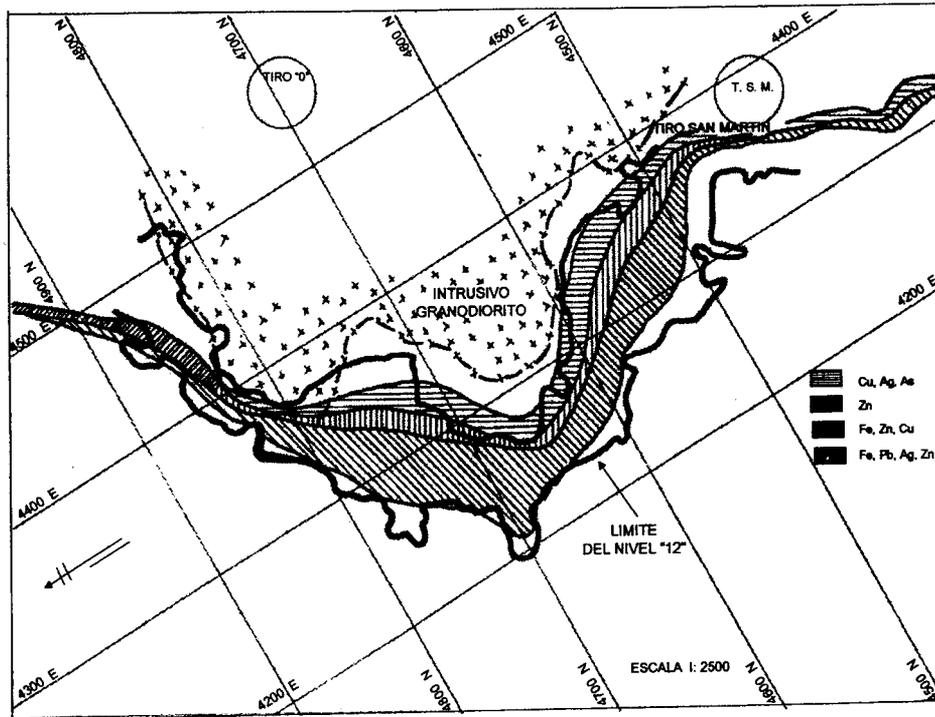


Figura 10 Zonamiento mineralógico Nivel 12

### Comportamiento horizontal y vertical de los elementos Ag, Pb, Cu, Zn, Fe

Para determinar el comportamiento horizontal y vertical de los elementos arriba citados, se tomaron como base, las leyes del cálculo de reserva de 1993.

Los elementos Ag, Pb, Cu, Fe tienen un comportamiento vertical como sigue (figura N° 11) La plata tiende a decrecer a profundidad; su punto más alto ocurre en el nivel " 0 "; aunque habría que hacer la aclaración de que en el nivel 14 la plata también es alta, pero en la gráfica no se demuestra por tener mucho más tonelaje que el nivel " 0".

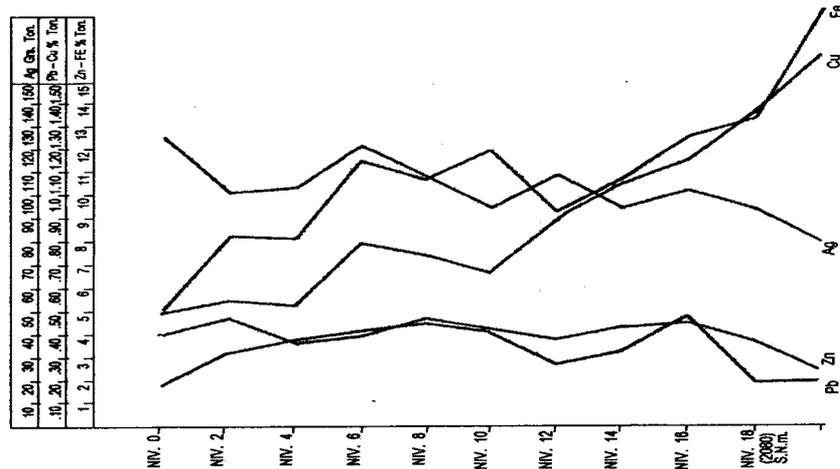


Figura 11 Comportamiento a profundidad de los elementos Ag, Pb, Cu, Zn, y Fe

El plomo tiene un ligero incremento a profundidad; sus valores más altos se tienen en los niveles 6, 8 y 10 y a partir del nivel 16 empieza a decrecer.

El cobre tiene un incremento muy pronunciado a profundidad, sus valores más altos, están en el nivel 20; sin embargo, en los niveles 12 y 14 conserva una ley alta y más tonelaje que en los otros niveles.

El zinc prácticamente permanece constante a profundidad, aunque a partir del nivel 18 manifiesta un ligero decremento en valores. Es pertinente aclarar que sus mayores tonelajes están en los niveles 10, 12 y 14.

El fierro es un elemento que mantiene un constante incremento a profundidad; este factor es determinante para futuros métodos metalúrgicos, pues en algunos lugares alcanza hasta 25.7% por tonelada, tal como sucede en el nivel 16.

#### COMPORTAMIENTO HORIZONTAL

Si se toma como referencia la sección 6000 sur (figura N° 12) y se sigue hacia el norte, los elementos Ag, Pb, Cu, Zn, Fe, con base en datos de reservas de 1993, y con

una información que abarca 800 metros horizontalmente y 600 metros en sentido vertical, se comportan de la siguiente manera.

- PLATA** Tiende a decrecer conforme se avanza hacia el norte, sus valores más altos están en el bloque 850 y 550.
- PLOMO** Tiene un marcado incremento hacia el norte, donde alcanza sus valores más altos en el bloque 250, el cual corresponde a las Vetas Ibarra y Gallo - Gallina.
- COBRE** Decrece de una manera abrupta hacia el norte, se tiene sus valores más bajos en el bloque 250 y los más altos los tienen en los bloques 750 y 850.
- ZINC** Este elemento prácticamente se mantiene constante en sentido horizontal, en el bloque 250 su valor es más bajo.
- FIERRO** Permanece constante en sentido horizontal con sus valores más altos en el bloque 650.

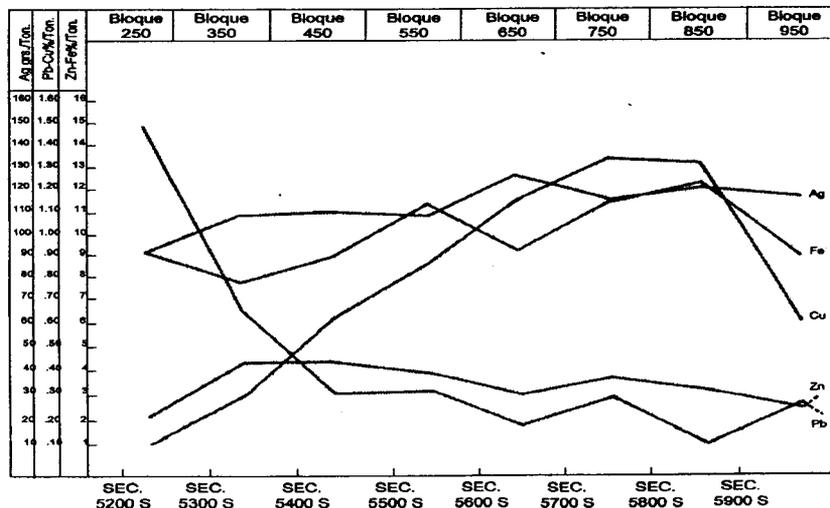


Figura 12 Comportamiento horizontal de los elementos Ag, Pb, Cu, Zn, y Fe

### V.3 ROCA ENCAJONANTE, ALTERACIONES

Alrededor del cuerpo ígneo se manifiesta una aureola de alteración, la cual es gradual a partir del intrusivo hacia las rocas carbonatadas, que son: calizas silicificadas que incluyen horizontes de skarn – hornfels, calizas silicificadas recristalizadas y calizas recristalizadas. Esta aureola se nota más clara y amplia en la parte poniente del intrusivo.

La aureola metamórfica es asimétrica, ya que en el flanco norponiente el intrusivo tiene echado de +- 60° y la extensión de la aureola es mucho mayor que en los otros márgenes, lo que indica que en la inclinación del intrusivo es de 70 ° a 80° de echado al este, por lo que el halo metamórfico tiene extensión de la aureola aproximada de 30 metros, esto también es producto de otros factores, como la posición estructural de los estratos con respecto al contacto del intrusivo y a menor actividad ígnea en esta zona. No así en los flancos norponientes o surponientes, en que la aureola alcanza longitud de 1.0 Kilómetros aproximadamente.

### V.4 EVALUACIÓN, LEYES Y CUBICACIÓN

El criterio general que se utiliza para la estimación de reservas en la unidad San Martín, es el de obtener resultados lo más reales posibles, es decir que los tonelajes y leyes estimadas representen, dentro de lo posible, los que en la práctica se obtendrían al minar y beneficiar el bloque.

Las reservas se dividen de acuerdo a su grado de confiabilidad y disponibilidad en: mineral explotable y mineral de interés. (figura N° 13)

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

El mineral explotable se divide en: positivo, probable, mineral quebrado y mineral marginal, de acuerdo a las definiciones siguientes:

**POSITIVO:** Es aquél mineral para el cual hay suficiente información a intervalos relativamente cortos, y para el cual el carácter geológico es bien definido que el tamaño, la forma y el contenido de la mena se supone tiene una confiabilidad de 85% o más, o sea que debe estar determinada en todos los casos mediante obras directas en sentido horizontal, más que en sentido vertical o barrenación a diamante; están sus separaciones determinadas por las características geológicas del cuerpo de estudio.

**PROBABLE:** Es aquél mineral para el cual el tonelaje y leyes de la mena se estiman en partes de medida y muestreos específicos, y en parte de proyecciones a distancias razonables con base en evidencias geológicas, con una probabilidad estimada de continuidad, forma y contenido de la mena del 70% al 85%, o sea que en este caso será suficiente la barrenación de diamante para cuantificar un bloque siempre y cuando ésta no tenga una separación mayor de 30 metros.

**QUEBRADO:** Es aquél mineral que ya se encuentra en tal condición al estimar las reservas. Se supone que debe de guardar la misma confiabilidad que el positivo.

**MARGINAL:** Es aquél mineral que en el momento del cálculo de reservas se encuentra en preparación o explotación por ser económico bajo las condiciones actuales, aunque no lo sea de acuerdo a las cotizaciones y costos establecidos para las reservas en general.

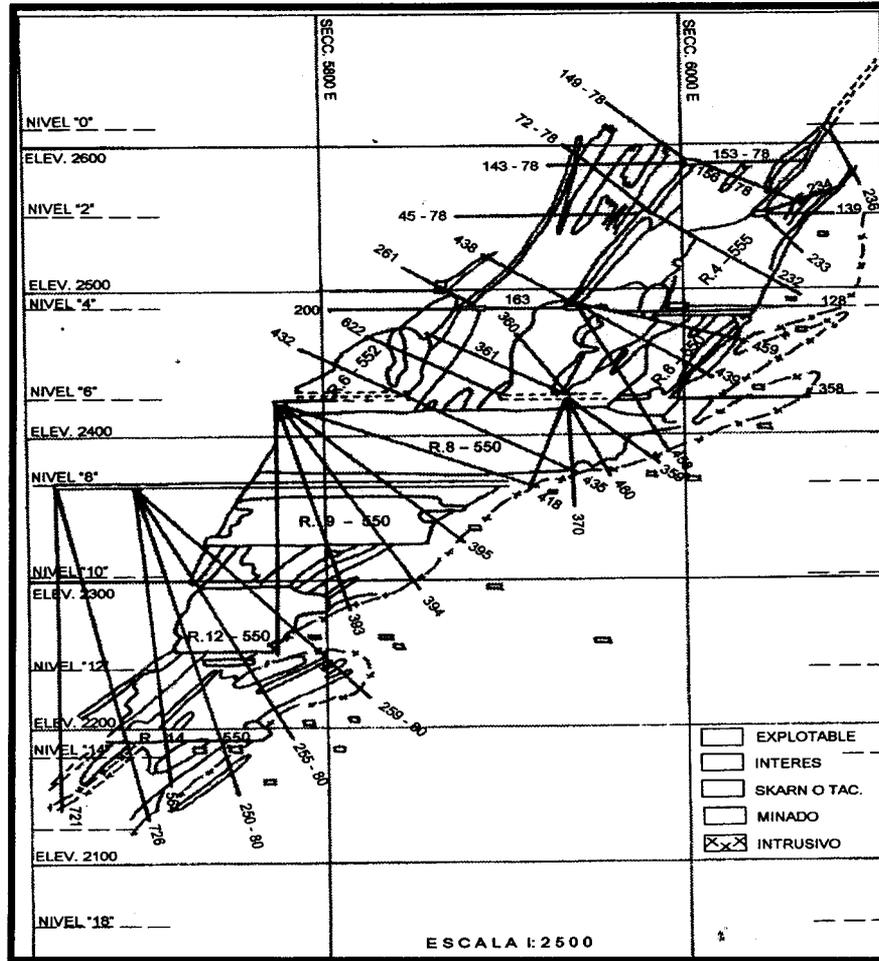


Figura 13 Sección geológica 5550 S NW 60° SE viendo al NE 30°

### Mineral de interés.

El mineral de interés, como su nombre lo indica, es para mantener constancia de las áreas que requieren estudio, explotación, 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.

En ningún caso debe ser considerado este mineral para estudios de viabilidad de nuevos proyectos o expansiones.

El mineral de interés se divide en:

- MEDIDO:** Es aquél mineral que en su determinación llena los mismos requisitos de confiabilidad que el positivo, pero no es costeable su explotación debido a su baja ley o alto costo de minado. Debido a que estos bloques se localizan en zonas ya desarrolladas de la mina, se les permite cubrir únicamente los costos directos de mina y molino para ser considerados.
- INDICADO:** Es aquél 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 aquél mineral que tiene las mismas características del positivo, pero cuya explotación está diferida por el tiempo que esté en operación la mina, con el fin de conservar la estabilidad de la misma.
- INACCESIBLE:** Son aquellos bloques de mineral aislados en zonas ya desarrolladas y/o minadas que han quedado inaccesibles a través del tiempo y requieren por tanto, obras especiales para su explotación; este mineral deberá tener las mismas características de un positivo o probable, por tanto deberá pagar como mínimo el 100% de los costos totales de operación.
- CUERPOS ANGOSTOS:** Es aquél mineral de alta ley que reúne las mismas características del positivo o probable.
- INFERIDO:** Es aquél mineral que se infiere principalmente de amplios conocimientos de carácter geológico del depósito y para el cálculo hay poca o nada de información derivada de muestreos y barrenos.

Para la estimación de reservas del año 1993, se consideraron únicamente los bloques que tuvieran un valor mínimo de 19.54 dólares, que era el costo de producción en la unidad San Martín.

El costo de producción se obtuvo al considerar los costos del mes de octubre de 1992 y el cual se desglosa de la siguiente manera:

Costo Mina	8.94 Dólares/ Tonelada molida
Costo Molino	6.15 Dólares/ Tonelada molida
Costo Indirectos y Generales	4.45 Dólares/ Tonelada molida
<b>COSTO TOTAL</b>	<b>19.54 Dólares/ Tonelada molida</b>

El tipo de cambio fue de \$3.120 por dólar americano.

Las reservas explotables para 1993, fueron 24´383,801 con una ley de:

111	gr / Ton de plata
0.34	% / Ton de plomo
1.01	% / Ton de cobre
3.85	% / Ton de zinc
10.91	% / Ton de fierro

Las reservas de interés para 1993, son 8´251´413 toneladas, con una ley de:

131	gr / Ton de plata
0.43	% / Ton de plomo
1.09	% / Ton de cobre
4.60	% / Ton de zinc
7.95	% / Ton de fierro

Estas dos clasificaciones dan un total de 32´838,966 toneladas, con una ley de:

116	gr / Ton de plata
0.36	% / Ton de plomo
1.03	% / Ton de cobre
4.04	% / Ton de zinc
10.17	% / Ton de fierro

El tonelaje cubicado por veta es el siguiente:

Veta	Clasificación	Toneladas	grs / ton Ag	% / ton Pb	% / ton Cu	% / ton Zn	% / ton Fe
San Marcial	Explotable	13'954,894	125	0.24	1.29	3.62	11.82
San Marcial	Interés	4'613,006	160	0.39	1.47	3.98	9.10
Ramal Ibarra	Explotable	4'978,150	97	0.25	0.94	4.07	10.41
Ramal Ibarra	Interés	1'884,759	98	0.29	0.81	5.95	7.81
Ibarra	Explotable	5'136,966	87	0.68	0.39	4.21	9.11
Ibarra	Interés	1'587,649	87	0.63	0.43	5.01	7.13
San Expedito	Explotable	229,475	136	0.06	0.53	5.20	8.75
San Expedito	Interés	37,661	121	0.03	0.82	6.88	11.83
Gallo-Gallina	Explotable	84,316	122	1.56	0.07	1.89	7.95
Gallo-Gallina	Interés	128,338	88	1.45	0.12	1.44	6.82
<b>Total</b>		<b>32'635,214</b>	<b>116</b>	<b>0.36</b>	<b>1.04</b>	<b>4.04</b>	<b>10.28</b>

A continuación se presentan las reservas de mineral de los últimos 10 años de San Martín:

Años	Toneladas	Ag	Pb	Cu	Zn
1982	22'040,057	140	0.37	1.13	5.03
1983	22'734,099	123	0.39	0.88	4.24
1984	24'323,213	120	0.40	0.94	4.82
1985	24'992,145	121	0.41	1.02	4.70
1986	26'087,340	119	0.31	1.04	4.33
1987	27'526,277	119	0.40	1.10	4.27
1988	29'401,280	127	0.46	1.09	4.76
1989	31'325,238	130	0.42	1.08	4.42
1990	31'562,635	127	0.41	1.00	4.22
1991	33'227,752	123	0.40	1.03	4.11
1992	33'319,725	110	0.36	0.92	3.71
1993	32'635,214	116	0.36	1.04	4.04

## VI CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en este trabajo permiten diferenciar dos zonas mineralógicas en el área de influencia de veta Ibarra: una la componen los cuerpos de remplazamiento que forma con la Veta Ramal de Ibarra, la cual presenta una mineralogía de esfalerita, marmatita, galena, calcopirita, pirita y pirrotita.

Una ley promedio en esta zona es la siguiente:

94	gr / Ton de plata
0.57	% / Ton de plomo
0.49	% / Ton de cobre
4.63	% / Ton de zinc
9.86	% / Ton de fierro

La otra zona es el área de subniveles en la cual la veta Ibarra se comporta con una potencia de 1 a 1.5 metros y una mineralogía presente de galena, esfalerita, pirrotita, calcopirita y pirita.

Es notable en esta zona la disminución de cobre y zinc, y el incremento sostenido de plata y plomo.

La ley promedio en esta zona es de:

79	gr / Ton de plata
1.08	% / Ton de plomo
0.15	% / Ton de cobre
2.54	% / Ton de zinc
7.62	% / Ton de fierro

La exploración con barrenación a diamante desde su superficie permitió definir la potencia de la veta Ibarra, hasta el nivel 10; con esto, se concluyó la exploración en superficie de la zona norte.

### **RECOMENDACIONES**

Se considera que en el área de subniveles la veta Ibarra tiene cubicadas 861,001 toneladas de mineral marginal, cuyo valor actual es de 16.18 dólares, y con los principales elementos plata y plomo. Por tanto se recomienda su explotación por un método de minado que logre abaratar el costo de producción en esta zona, el tumbado por medio de barrenación larga puede ser una opción pues se logran barrenar bloques hasta de 30 metros.

En el área donde va la veta Ibarra forma cuerpos de reemplazamiento con la veta Ramal Ibarra, se recomienda llevar a cabo el muestreo de las áreas de producción futuras, para hacer análisis metalúrgicos que permitan atacar a tiempo el incremento de fierro presente en la esfalertita - marmatita.

Así mismo, se recomienda una mayor exploración en el nivel 16 zona norte, para definir el potencial de la veta Ibarra en los niveles 16, 18, y 20.

Con respecto a la veta Gallo - Gallina, y si se considera que sus 212,654 toneladas de reservas representan el 0.0062% del total de la unidad San Martín y con un valor por tonelada de 13.72 dólares, es conveniente esperar un repunte en los precios de la plata y plomo, pues con sus precios actuales no se recomienda su explotación.

## BIBLIOGRAFÍA

- Aranda Gómez J. J. ( 1976 )**  
Metamorphism, Mineral Zoning and Paragenesis in the San Martín Mine, Zacatecas, México. (Tesis de Maestría, Golden Colorado).
- Estudio litogeoquímico a detalle de las áreas ANNE y CINCO AMIGOS Unidad San Martín.**  
IMMSA
- Estudio Litogeoquímico de las áreas Granate-Zacatecas Y Aureola Metamórfica.**  
Unidad San Martín, Zac. Sección Geoquímica de IMMSA  
Julio De 1984
- Estudio Geofísico: Área El Cristo**  
Por: Dirección General de Exploración y Proyectos, Subdirección de Exploración Zona Norte en 1999.
- Estudio Micro Termométrico y de Alteración hidrotermal de la estructura Refugio.**  
Por Geominco en 1997. Dr. Eduardo González Partida.
- Estudio Térmico (Petrográfico, Minerográfico y de Inclusiones Fluidas) en dos areas de la Unidad de San Martín.**  
Por: Geominco en 1998. Por Eduardo González P. y Vicente Torres R.
- Estudio litogeoquímico en el lote "LA CONCHITA" y estudios de reconocimiento Unidad San Martín, Zac. Sección Geoquímica**  
Marzo 1982.  
IMMSA
- Estudio Geofísico por CSAMT en las áreas: Refugio, La Esmeralda y Cinco Amigos.**  
Por: Zonge Engineering en 1998.
- Estudio litogeoquímico de las áreas Mina Nueva, El Brinco, Laboratorio Espacial Y Norte de La Joya, Unidad San Martín, Zac.**  
Servicios Técnicos de Exploración 1984  
IMMSA
- Geology and Porphyry-Style mineralization of the Cerro La Gloria, stock associated with high-T carbonate – hosted Zn, Cu, Ag, Pb mineralization San Martín district, Zacatecas, Mexico.**  
Por: Adam Graf en 1995.
- Partida González E. (1996)**  
Estudio térmico de mineralización del distrito minero San Martín Zacatecas México. (inedito).
- Pineda Méndez M. T. y García Castillo R. (1995)**  
Solución al Problema de la Pirrotita Vía Separación Magnética en la Unidad San Martín. (inedito).
- Polarización inducida en el cerro de Papanton y al SN del mismo San Martín Zac.**  
Servicios Tecnicos de Exploracion Mayo 1980 De IMMSA.
- Realización de la Geología de semidetalle en fundos próximos a la unidad minera, Geología de detalle de 150 hectáreas y geología de semidetalle de 200 hectáreas.**  
Por: Geominco en 1999. Autor Eduardo González Partida.
- San Martín Geotechnical Study**  
Por: Wilson Blake and Steve McKinnon en 1998
- Sección geoquímica Julio-octubre 1977 de IMMSA.**
- Silvia J.M. y González N.M.A. (1990)**  
Estudio geoelectrico en el lote MI NUEVE E-7218 y reconocimiento en los lotes EL EXPLORADOR E-8965 y PACHUCA. U.S.A.
- Silvia J.M. y González N.M.A. (1989).**  
Estudio Litogeoquímico de las áreas Betania y El Salvador, San Martín Zac.  
(inedito).
- Silvia J.M. y González N.M.A. (Diciembre 1989)**  
Estudio geoelectrico en el lote MI NUEVE E-7218 y reconocimiento en los lotes EL EXPLORADOR E-8965 y PACHUCA. U.S.A.
- Starling Tony (1995)**  
Structural and Remote Sensing Analysis of San Martín Mine and Chalchihuites and La Parrilla Prospects.  
(inedito).

**Structural and Remote Analysis of San Martin District, Zacatecas.**  
Por Telluris Consulting en 1995.  
IMMSA

**Torres J.M. Estudio. (Julio 1988)**  
Mineragráfico de muestras del rebaje6-350, Planta 2400 Unidad San Martín,  
IMMSA