

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

**EXPLORACION GEOLOGICA-MINERA DEL
PROYECTO "SANTO ENTIERRO"
MUNICIPIO DE SAN JOAQUIN QRO.**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE

INGENIERO GEOLOGO

PRESENTA

MARCO ANTONIO ALMAZAN ESQUEDA

México, D.F. 2001



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-015

SR. MARCO ANTONIO ALMAZAN ESQUEDA
Presente

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

**EXPLORACION GEOLOGICA MINERA DEL PROYECTO "SANTO ENTIERRO",
MUNICIPIO DE SAN JOAQUIN, QRO.**

- I INTRODUCCION Y OBJETIVO**
- II GENERALIDADES DE LA REGION**
- III GEOLOGIA REGIONAL**
- IV GEOLOGIA DEL DISTRITO**
- V YACIMIENTOS MINERALES**
- VI GEOQUIMICA**
- VII GEOFISICA**
- VIII CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**
- REFERENCIAS BIBLIOGRAFIA**
- APENDICES**

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 HABLARA EL ESPIRITU"

Cd. Universitaria, D.F., a 11 de enero de 2001

EL DIRECTOR



ING. GERARDO FERRANDO BRAVO

GFB*RLLR*gtg

R

***CUALESQUIERA QUE HAYAN
SIDO NUESTROS LOGROS,
ALGUIEN NOS AYUDÓ
SIEMPRE ALCANZARLOS.**

***ALTHEA GIBSON**

CON TODO MI CARIÑO Y PROFUNDO RESPETO PARA MIS PADRES:

**JOSE LUIS ALMAZAN BAUTISTA
IRMA ESQUEDA GUERRERO**

CON TODO MI CORAZÓN PARA EL SER QUE MAS AMO EN ESTE MUNDO, MI ESPOSA:

MA. DE GUADALUPE JAQUEZ GARCÉS

CON TODO MI AMOR PARA LOS SERES MAS MARAVILLOSOS, MIS HIJOS:

**DANY
CACO**

CON TODA MI ADMIRACION PARA MIS EJEMPLOS, MIS HERMANOS:

**JOSE LUIS
SERGIO RUBEN
MARÍA TERESA**

CON TODO MI AGRADECIMIENTO PARA:

MI HERMOSA Y GRAN FAMILIA

Agradezco las facilidades otorgadas a La Subdirección de Exploración Pacífico de México e Internacional, en especial a los Sres. Ingenieros: Víctor M. De La Garza N., Javier Arzate Arroyo y Roberto Téllez Herrera por el apoyo que me brindaron.

También agradezco a los Ings. José Luis Medina De La Paz y Francisco Martínez Legorreta por las valiosas enseñanzas durante el desarrollo del trabajo de campo.

A todo el personal de la oficina de Exploración gracias por su colaboración, en forma especial a Mario Calderón, Alfredo Salazar, Rodolfo Reyes y Antonio Vázquez.

Gracias Benja por tu amistad y tu preocupación.

Mi más sincero agradecimiento a todos mis profesores, por su enseñanza, de manera especial a mis profesores Ing. Alfredo Victoria Morales, asesor de este trabajo y que con sus comentarios este trabajo se complementó, e Ing. Miguel Vera Ocampo, gracias por su ayuda incondicional.

CONTENIDO

	pag.
RESUMEN	5
I.- INTRODUCCION Y OBJETIVO	8
1.1. - Objetivo del estudio	
1.2. - Método de trabajo	
II.- GENERALIDADES DE LA REGION	15
2.1. - Localización y acceso	
2.2. - Infraestructura	
2.3. - Trabajos Previos	
2.4. - Situación Legal	
2.5. - Clima y Vegetación	
III.- GEOLOGIA REGIONAL	20
3.1. - Fisiografía y Geomorfología	
3.2. - Marco Geológico	
3.3. - Estratigrafía	
3.4. - Geología Estructural	
IV.- GEOLOGIA DEL DISTRITO	25
4.1. - Geología Superficial	
4.2. - Geología de Mina	
4.3. - Muestreo	
V.- YACIMIENTOS MINERALES	34
VI.- GEOQUIMICA	37
VII.- GEOFISICA	40
VIII.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	42
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	45
APENDICES	47

RESUMEN

El Distrito Minero de Santo Entierro se localiza aproximadamente a 90 Km en línea recta al N65°E de la ciudad de Querétaro y a tan solo 13 Km al noroeste de la mina La Negra, propiedad de Compañía Minera Capela, S.A. de C.V., empresa subsidiaria del Grupo Peñoles.

Los primeros trabajos en el Distrito se cree que fueron iniciados por mineros españoles, de manera incipiente, y fue hasta 1870 cuando el cónsul de Bélgica en México Víctor Beurang obtuvo concesiones mineras en la región.

Posteriormente, el distrito ha sido objeto de trabajos de exploración y explotación debido a sus contenidos minerales de Mercurio, Plata, Plomo, Zinc y Antimonio; actualmente la propiedad está concesionada a Compañía Minera de Exploraciones y Explotaciones San Cristóbal, S.A. de C.V., que tiene firmado un contrato de exploración con opción de compra con Compañía Minera La Parreña, S.A. de C.V., empresa también subsidiaria del Grupo Peñoles.

Se realizaron trabajos de exploración consistentes en : cartografía geológica regional escala 1:10,000, de semidetalle escala 1:2,000, levantamientos geológicos de obras mineras escala 1:500, muestreo de roca en superficie y mina,

geoquímica así como geofísica por los métodos de magnetometría, polarización inducida y resistividad.

Regionalmente afloran rocas sedimentarias marinas calcáreas y clásticas de edades Jurásico a Cretácico Superior, que corresponden con las Formaciones: Las Trancas, El Doctor y Soyatal, las cuales se encuentran intrusionadas por algunos stocks, diques y sills de composición ácida.

Actualmente se conoce mineralización en forma de mantos, vetas, bolsadas y chimeneas con contenidos de mercurio, antimonio, oro, plomo, plata y cobre, por lo cual existe la posibilidad de que se realice un programa de barrenación a diamante, el cual podría indicarnos si se trata de un yacimiento económicamente explotable.

Dado que toda la explotación a la fecha se ha realizado en cuerpos mineralizados emplazados en las Formaciones Soyatal y El Doctor (facie San Joaquín) y con presencia de calizas de la facie La Negra en el nivel inferior, es de esperarse un ambiente más favorable a profundidad para formar cuerpos de contacto tipo La Negra.

Por las razones expuestas, existen posibilidades de encontrar en el área, cuerpos de mineral en 3 tipos de estructuras principales que le darían importancia económica, éstos son: cuerpos tipo chimenea, formados en el brechamiento causados por la intersección de 2 o más estructuras; la concentración de mineral en skarn, al entrar en contacto el intrusivo con las calizas de la Facie La Negra; y por último las vetas y mantos, tanto en los niveles superiores como a profundidad con características similares a las ya explotadas en la Unidad Minera La Negra.

Por lo anterior, se concluye que este proyecto presenta características de alteración mineralización de gran interés para realizar una investigación más a fondo sobre el comportamiento de la mineralización a profundidad, es decir, su forma, tamaño, contenidos minerales y determinar si es factible su explotación con beneficio económico.

I. INTRODUCCION Y OBJETIVO.

Los yacimientos tipo Skarn son formados en condiciones de alta temperatura y son importantes fuentes de minerales de Fe, Au, Ag, Pb, Zn, Cu, W y otros elementos.

En el mundo y específicamente en México, se pueden mencionar como ejemplo de éstos depósitos los Distritos Mineros como: "La Negra", Qro, "Zimapán", Hgo., "Charcas", S.L.P., San Martín, Zac., Naica, Chih., Bismark, Chih., etc; con volúmenes de mineral que oscilan entre 5 y 30 millones de toneladas, este tipo de yacimientos se forman por la intrusión de un cuerpo magmático alterando calizas o dolomias preexistentes, formando silicatos de calcio y magnesio, como: grossularita-andradita, diópsido, hedenbergita, vesubianita, forsterita, tremolita, actinolita, wollastonita, etc. que posteriormente son impregnados de soluciones hidrotermales de óxidos o sulfuros, dependiendo del ambiente en que se deposite la solución y de su composición química.

La industria minera se ha desarrollado intensamente en los últimos años, como resultado de los crecientes requerimientos de minerales, tanto a nivel nacional como internacional.

Como parte de la globalización mundial, las empresas mineras se encuentran explorando en un gran número de países, en busca de yacimientos minerales que puedan ser explotados con beneficio económico.

Adicionalmente, se han ido desarrollando las técnicas de exploración que sirven para determinar la existencia o ausencia de cuerpos minerales en regiones nuevas, así como en distritos mineros antiguos, aunado al descubrimiento de nuevos métodos para concentración de minerales de bajo grado pero de gran volumen.

El Grupo Peñoles, ha participado activamente en la evaluación de proyectos mineros, tanto en México como en el extranjero, logrando hasta la fecha localizar varios proyectos de interés para exploración, entre los cuales se encuentra el proyecto "Santo Entierro", objeto del presente estudio.

1.1.- OBJETIVO DEL ESTUDIO

El principal objetivo de éste estudio es integrar la información generada durante el desarrollo del trabajo de la exploración geológica del proyecto Santo Entierro, ubicado en el Municipio de San Joaquín, estado de Querétaro, se pretende investigar la presencia de un yacimiento tipo Skarn a profundidad, tomando como referencia los modelos geológicos de los yacimientos "La Negra", ubicado en el Municipio de Maconí, a tan solo 15 Km., aproximadamente en línea recta del Proyecto, y "Zimapán", ubicado en el Municipio del mismo nombre, estado de Hidalgo que se encuentra aproximadamente a unos 23 km., en línea recta del Proyecto, y que forman parte de un Trend estructural regional importante, además de las anomalías geoquímicas y geofísicas que justifican ampliamente que se explore el distrito a profundidad, con la finalidad de investigar la presencia de un yacimiento de este tipo, que pueda ser explotado con rendimiento económico.

El presente trabajo tiene como finalidad evaluar las posibilidades de mineralización de Ag, Pb, Zn, y Cu, tanto en extensiones de los cuerpos conocidos, así como en nuevas zonas de interés para investigar la presencia de nuevos yacimientos, y determinar si son susceptibles de explotación con beneficio económico.

El suscrito participó en los trabajos de exploración desarrollados, por lo cual este estudio, lo presentó como tema de Tesis, con las autorizaciones correspondientes.

1.2.- MÉTODO DE TRABAJO

Los trabajos realizados consistieron en cartografía geológica superficial, Esc. 1:2000, y de interior mina Esc. 1:500, además de estudios geoquímicos y geofísicos, los cuales se describen a continuación:

GEOLOGIA

a).- Cartografía Superficial.-

Inicialmente se realizó un levantamiento geológico con brújula y cinta Esc. 1:2,000 en el área de estudio, ubicando las pequeñas obras mineras como catas y los accesos a diferentes niveles de la mina, delimitando las diferentes unidades litológicas y alteraciones mineralógicas.

Así mismo, se realizó un mapeo Esc. 1:10,000 alrededor del área de estudio en una superficie aproximada de 3x3 Km que incluye una anomalía aeromagnética en las estribaciones del cerro de San Antonio.

Para lo anterior además de aprovechar caminos y veredas, se trazaron 5 líneas de sección en el terreno con las siguientes características:

SECCION	RUMBO	LONGITUD NE	LONGITUD SW	LONGITUD TOTAL
L 200 N	NE 45° W	700 m	300 m	1000 m
L 000	NE 45° SW	1425 m	300 m	1725 m
L 200 S	NE 45° SW	700 m	300 m	1000 m
L 1000 S	NE 45° SW	1300 m	500 m	1800 m
L 1400 S	NE 40° SW	1200 m	500 m	1700 m

b).- Rehabilitación Mina.-

Para efectuar un reconocimiento geológico en el interior de la mina, se procedió a acondicionar y rehabilitar los distintos niveles de obras mineras y caminos de acceso, mediante cableado de seguridad y escalereado en contrapozos, pozos y rebajes que comunican desde el nivel Santo Entierro ó "0", hasta los niveles 62, - 80, 110, 155, y 185, que por cierto se encuentra parcialmente inundado.

Además se limpiaron los escalones de los pozos inclinados en los tramos de accesos a los rebajes principales como Bonanza, Dos Carlos y San Bartolo, así como el camino al nivel 155. También se rehabilitó un puente con tubos de acero de 2" con tablonos y pasamanos de seguridad para pasar un pozo en el nivel 110, que aparentemente comunica al nivel 155 y así tener un segundo acceso a superficie, entrando por el nivel 82 llamado Rosario.

c).- Cartografía Interior Mina.-

Una vez que se logró el acceso con seguridad a los niveles 0, 60, 82, 110 y 155, además de los rebajes Bonanza, Bartolo y Dos Carlos, se efectuó un levantamiento topográfico del interior con brújula y cinta Esc. 1:500 que sirvió como apoyo al reconocimiento y verificación de la geología compilada de trabajos geológicos previos, vigilando las estructuras principales como vetas, mantos y bolsadas de óxidos, controladas por la intersección de los dos sistemas de vetas

NW y NE, generando desarrollo de stockworks principalmente en el horizonte de caliza masiva.

La mayor parte de la mineralización explotada está en óxidos, en forma de vetas, mantos, bolsadas y pequeñas chimeneas, profundizando hasta el nivel 155.

En el rebaje de El Caracol se presentan bolsadas de sulfuros masivos: galena, esfalerita, pirita, estibinita, encapsulados por óxidos, controlados por una veta de rumbo N 45° W y echado casi vertical correlacionándose en superficie con la falla de la barranca de la mina Santo Entierro, esta zona es propicia para explorarse con barrenación a diamante desde el interior de la mina.

d).- Muestreo.-

Durante el mapeo geológico de superficie fueron colectadas un total de 327 muestras de las distintas unidades litológicas distribuidas en la manera que se muestra en la tabla inferior, así mismo, se colectaron 135 muestras de roca en el interior de la mina correspondientes en su mayoría a estructuras con óxidos de fierro. Todas estas muestras se analizaron por Au, Ag,Pb, Zn, Cu, Fe, As, Sb, Hg, W, Mo, en un laboratorio de reconocida calidad mundial (Bondar Clegg), con el propósito de establecer e interpretar su comportamiento geoquímico.

LITOLOGIA	No. DE MUESTRAS		
	SUPERFICIE	MINA	TOTAL
Calizas	125	22	147
Calizas skarnificadas- skarn	124	05	129
Intrusivo	041	02	043
Vetas, mantos, bolsadas	025	100	125
Calizas masivas	012	06	018
TOTAL	327	135	462

Geoquímica

Los valores de ensayos geoquímicos de las 462 muestras de roca se separaron de acuerdo al tipo de roca, posteriormente se analizaron estadísticamente cada población para determinar sus parámetros, los cuales indican alguna anomalía primaria o secundaria. Los elementos ensayados fueron Au, Ag, Pb, Zn, Cu, Fe, As, Sb, Hg, W y Mo.

Geofísica

Basándose en las anomalías magnéticas aéreas, se realizó un estudio geofísico utilizando los métodos de magnetometría terrestre, polarización inducida y resistividad, sobre las líneas de las secciones L200N, L000, L200S, L1000S y L1400S, con la finalidad de investigar con mayor detalle las anomalías y definir los blancos para barrenación.

II. GENERALIDADES DE LA REGION.

2.1.- LOCALIZACIÓN Y ACCESO

El proyecto se localiza aproximadamente 90 Km al N65°E de la ciudad de Querétaro, en la estribación oeste del cerro San Antonio, 3.7 Km al S70°E del pueblo de San Joaquín cabecera municipal, y a 13 Km en línea recta al noroeste de la Unidad Minera "La Negra" (apéndice 1).

Las coordenadas geográficas del P.P. son:

20°55'30"	Latitud Norte
99°35'21"	Longitud Oeste
Con una altitud de 2300 m.s.n.m.	

El acceso desde la ciudad de México se hace por la autopista México-Querétaro hasta San Juan del Río, Qro., situado en el kilómetro 192, desde donde se continúa por la carretera federal 120 durante 80 Km, pasando por los poblados de Tequisquiapan, Ezequiel Montes, Cadereyta y Vizarrón.

Cinco kilómetros adelante de Vizarrón, se continúa por una desviación que llega hasta el pueblo de San Joaquín, ubicado a 32 Km aproximadamente.

Desde San Joaquín se continúa por un camino de terracería hasta la comunidad de San Cristóbal situada a 4 km. de distancia donde se ubica el proyecto.

2.2- INFRAESTRUCTURA

- a) Caminos.- Hay acceso hasta la entrada principal de la mina *Santo Entierro* durante todo el año.
- b) Energía Eléctrica.- La comunidad de San Cristóbal ubicada 500 m al S22°W de la mina principal cuenta con energía eléctrica.
- c) Agua.- Existe una pequeña presa en el arroyo de la Zahurda con camino de acceso a 1.5 Km al S30°E en línea recta desde la mina, además el nivel 210 se encuentra inundado, del cual se podría extraer agua.
- d) Mano de Obra.- Los pobladores de la zona tienen buen conocimiento de lo que es el trabajo de mina.
- e) En el poblado de San Joaquín existen servicios de comunicación, comercio y a 34 Km de camino, se encuentra la Unidad Minera "La Negra".

2.3. - TRABAJOS PREVIOS

Se tiene reportada minería prehispánica ("Canabreo"), en la zona de la sierra de San Joaquín y Ópalo en Colón, lugar donde se encuentra la famosa "Peña de Bernal", la actividad minera en el estado de Querétaro que se registra con más exactitud data de la época colonial, época en que los mineros españoles trabajaron la plata, en yacimientos oxidados y una escasa producción de oro en vetas y placeres.

En 1870 el cónsul de Bélgica en México Víctor Beaurang obtuvo concesiones mineras en la región dándole realce a la explotación hasta su muerte. Posteriormente en 1930 el inglés O.J. Braniff reinició la explotación, beneficiando mineral de las minas Santo Entierro y San Juan Nepomuceno en la comunidad de El Doctor.

En 1951 la Compañía Minera La Esmeralda S.A. siguió beneficiando estos minerales durante dos años. Entre 1962 y 1965 la mina Santo Entierro fue explotada en los cuerpos chimenea Bonanza y del frente Sur por la Cía. Minera San Miguel de Zimapán. En años más recientes el Sr. Vicente Ferrer Herrera ha explorado las inmediaciones del Cerro San Antonio, realizando un socavón de 30 m de longitud en la falda Norte del cerro, donde halló indicios de mineralización de sulfuros de Pb, Zn, Sb con contenidos de Ag.

Desde la década pasada el área del Proyecto ha sido objeto de estudios geológicos por parte de dependencias gubernamentales y de empresas privadas.

2.4. – SITUACION LEGAL

Los fundos involucrados en el área de estudio son los siguientes:

- a) Lote San Alejandro, Título No. 187019 con una superficie de 5 has, concesionario Palemón Ledesma Ledesma.

- b) Lote Fracc. San Alejandro, Título No. 186410, superficie 4 has, concesionario Palemón Ledesma Ledesma.

- c) Lote Primera Ampliación San Alejandro, Título No. 164739, superficie 72 has, concesionario Palemón Ledesma Ledesma.

- d) Lote San Antonio, Título No. 175032, Superficie 36 has, concesionario Esperanza Camacho Ledesma.

Total 117 hectáreas, las substancias concesionadas son por : Au, Ag, Pb, Zn, Cu, Hg, Cd.

2.5. – CLIMA Y VEGETACION.

a).- **Clima.-** El estado de Querétaro posee climas que van desde los cálidos de la porción norte, hasta los climas secos y semisecos de la Mesa del Centro, los cuales dependen principalmente de dos factores geográficos: la variación de altitudes y la influencia de la Sierra Madre Oriental, que actúa como barrera orográfica.

Los climas que predominan en el área de estudio según Köppen, modificado por E. García (1964), es del subgrupo de climas semicálidos del tipo templados subhúmedos con lluvias en verano, el cual se manifiesta por una temperatura

promedio anual de 18° a 22° C, con precipitación pluvial entre 630 y 860 mm anuales, con mayor abundancia en verano, y un clima semifrío con temperaturas medias de 5° a 12° C, con algunas heladas en otoño e invierno, siendo la porción de mayor precipitación, en lo que favorece la presencia de bosque y praderas.

b).- Vegetación.- Según J. Rzedowski (1981), en la cubierta vegetal del área de estudio predominan los bosques de coníferas, que son bosques mixtos de pino, encino, enebro y oyamel, siendo los de pino y encino los más abundantes en la región, es característico de estos bosques un horizonte de unos 10 a 30 cm de suelo, el cual se halla siempre cubierto de hojas de pino y encino, lo cual se traduce en una superficie resbalosa que a menudo dificulta la travesía, sobre todo en pendientes pronunciadas, además de enmascarar información de carácter geológico, ya que la mayoría de los afloramientos están cubiertos por este suelo lleno de musgos que se producen por la humedad.

III. GEOLOGIA REGIONAL

3.1.- FISIOGRAFÍA Y GEOMORFOLOGÍA.

Fisiografía

En el estado de Querétaro se reconocen tres provincias fisiográficas de acuerdo al esquema de G. Rueda (1975), que son El Eje Neovolcánico, La Mesa del Centro y La Sierra Madre Oriental.

Siendo en esta última donde se encuentra el área de estudio. La provincia de La Sierra Madre Oriental se localiza en la porción centro-norte del estado formando grandes sierras alargadas con orientación noroeste-sureste, constituidas por rocas jurásicas y cretácicas, en ocasiones intrusionadas por rocas ígneas de composición granodiorítica del Terciario Inferior.

Geomorfología

La geomorfología que se presenta en el área es con elevaciones que van desde los 3000m, hasta cañadas muy profundas haciendo un desnivel de hasta 1500m.

La topografía en la región es sumamente accidentada con elevaciones que varían entre 2000 y 2700 m siendo el cerro de San Antonio el pico más alto con 2700 m rodeado por algunos cerros de 2000 a 2300 m., en las faldas del cerro San

Antonio es donde se encuentra el distrito minero de Santo Entierro a unos 2200 m sobre el nivel medio del mar.

3.2.- MARCO GEOLOGICO

El basamento en la región son las calizas El Doctor del Cretácico Medio Inferior, sobreyaciendo en forma concordante, está la Formación Soyatal – Mezcala de predominio arcilloso, todas estas rocas están intrusionadas por granodioritas – dioritas, en forma de diques, sills y apófisis, produciendo aureolas de metamorfismo y reemplazamiento metasomático (apéndice 2).

El terreno tectonoestratigráfico que le corresponde es exactamente la sutura que existe entre el terreno Guachichil y el Tepehuano (según Ortega F., et al., 1993).

3.3.- ESTATIGRAFÍA.

Regionalmente afloran rocas sedimentarias marinas calcáreas y clásticas de edades Jurásico a Cretácico Superior, que corresponden a las Formaciones:

Las Trancas, El Doctor y Soyatal, las cuales se encuentran intrusionadas por algunos stocks diques y sills de composición ácida que generaron rocas metamórficas como Skarns y Hornfels.

COLUMNA ESTRATIGRAFICA

ERA	SISTEMA	EPOCA	PISO	FORMACION	SECCION	LITOLOGIA
CENozoico	CUATERNARIO	RECIENTE		ALUVION		LIMOS, ARCILLAS Y ARENAS
		PLEISTOCENO		BASALTOS		DERRAMES BASALTICOS
	Terciario	PLIOCENO		TARANGO		EPICLASTICOS, FANGOLITAS CONGLOMERADOS Y TOBAS
		MIOCENO		ROCAS VOLCANICAS		RIOLITAS, IGNIMBRITAS, ANDESITAS
		OLIGOCENO		GRUPO EL MORRU		Y TOBAS FANGLOMERADOS Y CANTOS RODADOS EN MATRIZ ARENOSA
		EOCENO				NO AFLORA
MESOZOICO	CRETACICO	SUPERIOR	MAESTRICHTIANO			
			CAMPANIANO	MEZCALA		SECUENCIA DE LUTITAS, MARGAS, CALIZAS Y ESCASAS
			SANTONIANO			
			CONIACIANO	SOYATAL		INTERCALACIONES DE ARENISCAS
	MEDIO	CENOMANIANO	CALIZA EL		CALIZAS DE CUENCA Y ARREGIFALES, CALCARENITAS, CALCILUTITAS	
		ALBIANO	DOCTOR CALIZA TAMAULIPAS		CALCIURDITAS Y PEDERNAL	
	INFERIOR	APTIANO				
		BARREMIANO				
		HAUTERIVIANO				
		VALANGINIANO	LAS TRANCAS		CALIZAS ARCILLOSAS LUTITAS, FILITAS Y ARENISCAS	
	JURASICO	SUPERIOR	BERRIASIANO			
			TITONIANO			
PORTLANDIANO						
MEDIO		KIYMERIDGIANO				
		OXFORDIANO				
		CALLOVIANO				
INFERIOR		BATHONIANO				
		BAJOCIANO			NO DEPOSITO	
CENOZOICO	TRIASICO	SUPERIOR	RHETIANO			
			NORIANO	HUIZACHAL		LIMOLITAS Y LUTITAS ROJAS INTERCALADAS CON CAPAS Y LENTES BENTONITICOS
			CARNIANO			
	MEDIO	LADINIANO				
		ANICIANO			NO DEPOSITO	
		ESCITIANO				
PALEOZOICO	PERMICO			CHILAR		FILITAS, ARCOSAS Y GRAUVACAS PLEGADAS
		CARBONIFERO				
		DEVONICO				
		SILURICO				
		ORDOVICICO				NO AFLORA
	CAMBRICO					

FUENTE: E. LOPEZ RAMOS (1985)

Formación Las Trancas.

Se encuentra constituida por lutitas carbonosas y areniscas de color beige-gris, ocre oscuro, muy deleznales y de estratificación delgada a media, considerándose de edad Jurásico Medio a Superior, generalmente de poco interés prospectivo.

Formación El Doctor.

Subyace discordantemente a la Formación Las Trancas y está constituida por calizas con nódulos y bandas de pedernal, encontrándosele algunos tipos de ammonites, gasterópodos y belemnites.

La Formación El Doctor de edad Albiano – Cenomaniano ha sido subdividida en cuatro Facies (según G. Rueda 1975).

1).- Facie Cerro Ladrón.- Es la parte basal de la formación y consiste de calizas masivas que representan un bioherma de hasta 1500 m de espesor, existen bancos y lentes masivos muy gruesos de color gris en varios tonos, de ambiente de laguna o postarrecife (Fm. El Abra), el relieve conspicuo del área es característico de sus afloramientos.

2).- Facie Socavón.- Es un cambio lateral de la facie anterior que se presenta como lengüetas de clastos calcáreos de aquélla facie, zona de

prearrecifes en capas gruesas, que correlacionan crono y litoestratigráficamente con la Fm. Tamabra.

3). - Facie San Joaquín.- Conocida también como Fm. Tamaulipas inferior, está formada por calizas grises de estratificación delgada a media con nódulos y bandas de pedernal negro, y algunos horizontes de caliza arcillosa de estratificación delgada, el ambiente de depósito es de cuenca marginal.

4).- Facie La Negra.- Esta compuesta por capas muy delgadas de caliza gris oscuro con intercalaciones de bandas de pedernal negro, en otras localidades se conoce como Fm. Cuesta del Cura y es donde están encajonados todos los cuerpos mineralizados conocidos en la mina La Negra y reconocida como facie favorable, pertenece a un ambiente de depósito de cuenca marginal.

ROCAS IGNEAS

Se localizan algunas rocas volcánicas de edad terciaria e intrusionadas por cuerpos granodioríticos-dioríticos también de edad terciaria, consistentes en andesita, dacita y riolitas de edad Oligoceno-Mioceno y algunos basaltos del Plioceno, que cubren discordantemente a las rocas del Jurásico Superior (Formación Las Trancas), hasta el Cretácico Inferior y Superior (Formaciones El Doctor, Soyatal y Mezcala).

Las más abundantes rocas intrusivas son diorita, cuarzodiorita y granodiorita en forma de diques, sills o stocks, que afectan localmente a las rocas sedimentarias produciendo skarns y hornfels.

3.4.- GEOLOGIA ESTRUCTURAL

El proyecto Santo Entierro se encuentra localizado en el anticlinal El Piñón que se extiende hasta Zimapán, Hgo., regionalmente se observan estructuras como pliegues y fallas con rumbo general de $N45^{\circ}W$ ocasionados por la Orogenia Laramide, así mismo, se observa un patrón estructural de rumbo NE-SW con fallas de distensión posterior al plegamiento, donde se emplazan rocas intrusivas.

IV. GEOLOGIA DEL DISTRITO

4.1. - GEOLOGIA DE SUPERFICIE.

Localmente la geomorfología del proyecto está presente por el cerro San Antonio, el cual constituye una prominencia topográfica con cotas de 2200 a 2700 m.s.n.m., en su mayor parte exhibe abundante desarrollo de suelo, aunque en cortes de camino y algunos afloramientos se pueden observar las rocas que lo conforman, (apéndice 3).

Se observa un intrusivo granodiorítico de composición ácida verde grisáceo que aflora en una franja de forma elíptica orientada NW-SE en su eje mayor, con un área de 1 Km de longitud y 400 m en su parte más ancha disminuyendo a 100 m hacia su extremo SE. Este intrusivo llega a presentar pequeñas zonas con débil silicificación, cloritización y diseminación de pirita-arsenopirita.

Además están presentes una buena cantidad de pequeñas intrusiones concordantes a la estratificación (sills) de espesores que van de 0.5 - 3.0 m y en forma de diques, observados hacia la parte sureste del cerro y en algunos niveles de la mina.

La roca intrusiva afecta a calizas de la Formación El Doctor del Cretácico Superior en facies San Joaquín es decir, calizas gris oscuro de estratificación media a

delgada con nódulos o bandas de pedernal negro y algunos horizontes intercalados de caliza de estratificación gruesa circundando al cerro; esporádicamente afloran calizas arcillosas de estratificación delgada con intercalación de bandas de pedernal negro, correspondientes a la facie *La Negra*.

Debido a la intrusión las rocas de la Formación El Doctor que sufrieron alteración metasomática produciendo una calcosilicatación, representada por un tenue bandeamiento de grossularita y una intensa skarnificación en los estratos medios y delgados sin borrar los rasgos de estratificación.

Este tipo de alteración está muy difundida en las estribaciones del cerro San Antonio aunque el skarn propiamente dicho, se restringe a la parte noreste del cerro y en la mina se observa sólo como un angosto halo de 3 a 5 m de espesor cerca del contacto intrusivo - caliza.

En esa zona las calizas sufrieron intensa recristalización que llega a ser una marmolización con vetas y vetillas con crecimientos de cristales de calcita.

Los sedimentos de la Formación Soyatal descansan concordantes sobre la facie San Joaquín, predominando calizas arcillosas pardo grisáceas con intercalación de lutitas pardo amarillentas, ocre, rojizas de estratificación media a laminar en las que el efecto térmico sólo ocasionó débil skarnificación, trazas de pirita diseminada y cierta ocurrencia de hornfels, en donde se encuentran los sills o stocks, que afectan localmente a las rocas sedimentarias.

MARCO ESTRUCTURAL

Las rocas sedimentarias del prospecto buzan en general de 10 a 30 grados en el cerro San Antonio con una tendencia hacia el N-NW en el flanco este y hacia el E-SW en el flanco oeste.

En una estrecha y alargada loma conocida como de "La Fundición" situada al oeste del cerro, donde se desarrollaron los principales trabajos mineros, la intensidad del buzamiento se incrementa a profundidad hasta 50°, persistiendo claramente una actitud estructural con rumbo de capa NW40°-60°-SE.

Las calizas medias a delgadas presentan pliegues locales ondulantes principalmente cerca de la masa intrusiva, mientras que las capas gruesas tienden a fracturarse.

Existe un patrón estructural con fallamiento en la dirección NW-SE evidenciado por algunos arroyos y otro sistema NE-SW prácticamente perpendicular.

El control principal de la mineralización se relaciona con el sistema de N40°W, el cual corta y desplaza al intrusivo San Antonio, conformando una zona de fallas paralelas mineralizadas, en un ancho de 300 x 700 m, las cuales a su vez son cortadas y desplazadas por el sistema de fallas mineralizadas N60°E. Esta franja de fallamiento premineral y post-intrusivo de orientación NW, contiene la mayoría de minas de la zona, limitada por el contacto SW del intrusivo San Antonio.

El contacto NE del intrusivo, también es de interés para explorarse por los valores anómalos que reflejó el muestreo geoquímico y la geofísica, considerándose en la segunda etapa de exploración con diamante, requiriendo más detalle estructural en la periferia del intrusivo.

4.2.- GEOLOGIA DE MINA

El área del proyecto, como la región en que se encuentra, tiene gran cantidad de trabajos mineros superficiales en su mayoría pequeñas catas o "rascaderos" e incluso pequeños socavones de unos cuantos metros de desarrollo, distribuidos en las inmediaciones del cerro San Antonio, siendo las más importantes sin duda las minas de *Santo Entierro*, que tiene obras desarrolladas en varios niveles que proyectadas en superficie ocupan un área de aproximadamente 600x200 m., se procedió a rehabilitar y acondicionar los distintos niveles existentes que son: el "0", "60", "82", "110", "155" y "210", a partir de la cota 2320 m.s.n.m hacia abajo y un tiro para manto de 3x3m de sección con una profundidad de 210 m (apéndice 4).

El acceso a la mina se puede hacer por el nivel "0" conocido como nivel "*Santo Entierro*" ó por el nivel "82" llamado también "Rosario", estas obras están comunicadas entre sí mediante rampas, subniveles, pozos y contrapozos realizados para la exploración y explotación desde la época colonial hasta épocas recientes de los cuerpos mineralizados Bonanza, Dos Carlos y Bartolo, siendo en realidad el mismo a diferentes niveles.

El nivel "0" tiene un desarrollo de 120 m al S20°W, con un crucero de 40 m hacia el S40°E, a rumbo de una zona de falla que cambia su dirección hacia el N60°E, aproximadamente a 80 m a 100 m del portal hay otro crucero paralelo al anterior, con 20 m hacia el SE y una rampa en "Caracol" que comunica con el nivel 60.

Este nivel "0" esta "colado" en calizas de estratificación media débilmente skarnificadas y solidificadas debido quizás a un sill de al menos 2 m de espesor; en los últimos 20 m, al fondo del nivel sólo se aprecia una caliza de estratificación gruesa recristalizada que muestra un buzamiento de 15° al SW y predomina el sistema de fallas NW-SE con escasa mineralización (oxidación).

El nivel "60" cuenta aproximadamente con 150 m de desarrollo hacia el N25°W, atravesando sólo calizas recristalizadas hasta comunicar con el "rebaje" Bonanza, a partir del cual se continúa 20 m al S65°E y luego 30 m al N40°E al final de los mismos se puede observar roca intrusiva después de un halo de alteración metasomática.

El cuerpo Bonanza fue una chimenea de forma irregular que se explotó en una longitud de 60 m por 25 m de espesor y una profundidad al menos hasta el nivel 110, donde toma el nombre de Dos Carlos. En el nivel 60 predomina el patrón de fracturamiento NE-SW que toma importancia en el rebaje Bonanza.

El nivel 82 tiene dos accesos, uno por el nivel 60 a través de una serie de "recovecos" y otro por el portal "Rosario", estando su parte central inaccesible de

modo que cada uno de estos accesos corresponden a los extremos de dicho nivel.

En la zona accesible por el nivel 60, debajo del cuerpo Bonanza, tiene un desarrollo con rumbo N65°E, y 60 m de largo con un crucero hacia el N40°W de 25 m de longitud, en su extremo NE, que sigue una estructura mantiforme al igual que otro crucero subparalelo situado 15 m antes, y que se dirige al S45°E con 60 m de longitud, aquí el sistema de fracturamiento que predomina es el NE-SW.

El acceso por el portal Rosario tiene sus primeros 50 m hacia el S40°W cambiando hacia el S20°E con acceso hasta otros 120 m en los primeros metros se ve una caliza gruesa con una estructura mantiforme buzando alrededor de 45° hacia el SW hasta una zona de falla N80°E con óxidos de fierro, continuando después hacia el SE atravesando un tramo de caliza de estratificación delgada a media con la misma actitud estructural hasta llegar a calizas gruesas recristalizadas, predominando el sistema NE-SW de fracturamiento.

El nivel 110 mide cerca de 600 m de longitud con rumbo aproximado N45°W predominando el sistema de fracturamiento NE-SW, aunque en su extremo SE existen algunos cruceros siguiendo estructuras vetiformes con rumbo NW-SE, teniendo los dos sistemas mineralización oxidada, en la parte central de este nivel se encuentra el rebaje Dos Carlos, el cual explotó un cuerpo mantiforme

emplazado en el horizonte de caliza masiva entre dos diques skarnificados, cuyas dimensiones son cerca de 20 m de diámetro y una altura de 20–30 m.

En el cruce al tiro Providencia se cortaron 12 m de skarn del intrusivo sin mineralización económica, únicamente pirita diseminada, se interpreta que el contacto skarn-intrusivo está de 10 a 30 m al NE, en el contacto caliza-skarn se emplaza una veta calcita-cuarzo de rumbo N80°W casi vertical poco explotada.

El desarrollo al SE, corta varias vetas fallas mineralizadas de rumbo N40°W con 80° al SW, correlacionable con la falla de la Barca Sto. Entierro o falla NE, lo relevante es la existencia de sulfuros de Pb-Zn, en partes encapsulados por óxidos, explotados en el rebaje del Caracol, lo que sugiere la cercanía del nivel de mineralización de sulfuros sanos, los cuales podrían estar a 50 o 100 m más abajo, quizás a la elevación del nivel 155 o 110, esto debido a que en la Mina La Negra se presentan los sulfuros sanos a estas distancias a profundidad de los sulfuros de Pb – Zn encapsulados por óxidos..

El acceso al nivel 155 se hace por la parte central del nivel 110, teniendo alrededor de 15 m de diámetro y un desarrollo con rumbo general N45°W que obedece a estructuras mantiformes con buzamiento promedio de 45° al SW y su intersección con las vetillas NW, explotando abundantes bolsadas y mantos.

Al NW del tiro, el nivel 155 corta varias vetas-falla del sistema NE, emplazadas en el horizonte de caliza masiva, solamente en una de ellas se encontraron sulfuros

de Pb-Zn., del tiro al SE, el desarrollo de este nivel se quedó corto para explorar la veta NE, pues se desarrolló en caliza delgada, cortando los últimos 30 m el horizonte de caliza masiva.

Con los resultados del muestreo de minas, se elaboró una sección longitudinal a rumbo de la línea base para apreciar la concentración de leyes anómalas en las vetas y los mantos bolsadas, por cada uno de los elementos analizados.

Se aprecia que las leyes en las vetas a profundidad tiene zonas abiertas, por lo que sugiere la continuidad de valores, marcándose tres zonas de interés por investigar: el extremo NW, el centro y la zona SE, controladas por las intersecciones de vetas fallas mineralizadas para apoyar este resultado, es conveniente una revisión de datos estructurales en interior mina.

De las vetas-falla, proyectando con más certeza en tres dimensiones las intersecciones de estructuras favorables, así como sus intersecciones a profundidad con la zona de skarn del intrusivo, encajonado por las calizas de la Formación El Doctor, afinando así los blancos a explorar con el programa de barrenación a diamante.

Además es conveniente verificar algunos datos estructurales en superficie de los contactos del intrusivo donde se presentan anomalías geoquímicas y geofísicas, así como sus intervalos de alteración, pudiendo ser estos posibles blancos a perforar.

4.3. - MUESTREO

Durante el mapeo geológico de superficie fueron colectadas un total de 327 muestras de las distintas unidades litológicas distribuidas en la manera que se muestra en la tabla inferior. Así mismo, se colectaron 135 muestras de roca en el interior de mina correspondientes en su mayoría a estructuras con óxidos de Fe.

Todas estas muestras se analizaron por Au, Ag, Pb, Zn, Cu, Fe, As, Sb, Hg, W, Mo en un laboratorio de reconocida calidad mundial, con el propósito de establecer e interpretar su comportamiento geoquímico.

LITOLOGIA	No. DE MUESTRAS		
	SUPERFICIE	MINA	TOTAL
CALIZAS	125	22	147
CZS SKARNIF-SKARN	124	05	129
INTRUSIVO	041	02	043
VETAS, MANTOS, BOLSADAS	025	100	125
CALIZAS MASIVAS	012	06	018
TOTAL	327	135	462

V.- YACIMIENTOS MINERALES

La mineralización observada en el proyecto, es de tipo epitermal, con reemplazamiento en calizas, presentándose en forma de mantos, vetas, bolsadas y chimeneas con contenidos de mercurio, antimonio, oro, plata, plomo y cobre.

MINERALOGIA

La mineralogía de mena consiste en esfalerita (ZnS), smithsonita ($ZnCO_3$), marmatita ($ZnFeS$), cincita (ZnO), galena (PbS), estibina (Sb_2S_3), jamesonita ($2PbSSb_2S_3$), cinabrio (HgS), malaquita ($Cu_2CO_3(OH)_2$), azurita ($Cu_3(CO_3)(OH)_2$), pirita (FeS_2), calcopirita ($CuFeS_2$), crisocola ($CuSiO_3 \cdot 2H_2O$).

Los minerales de ganga son cuarzo (SiO_2), calcita ($CaCO_3$), la hematita-limonita (Fe_2O_3), goethita ($HFeO_2$), pirita (S_2Fe), arsenopirita ($SAsFe$) y marcasita (S_2Fe).

Las cantidades anómalas de Fe, Mo, Cu, W, que son de alta temperatura, asociados con grandes cantidades de Hg, Sb, As; parecen indicar que en este evento de mineralización de baja temperatura, se mezcló por removilización a profundidad.

DIMENSIONES

Las dimensiones de las estructuras mantiformes varían de 0.5 a 1.5 m de espesor, presentándose con mayor formalidad en el contacto de las calizas marmolizadas de estratificación guesa y calizas sanas de estratificación delgada hasta con 100 m a lo largo de rumbo de capa con una profundidad al menos desde el nivel 82 al 155 con un buzamiento general de 45° al SW.

Las vetas del sistema NW40°-80°SE se presentan con un ancho promedio de 1.0 m y son de tipo falla, mientras que las del sistema NE20°-70°SW tipo fisura aunque son más numerosas promedian 0.6 m de ancho.

Los cuerpos chimeneoides o bolsadas coinciden con la intersección de estructuras vetiformes cerca del contacto entre caliza sana y alterada, es decir plano de estratificación; estas zonas son de gran importancia debido a que son las que han generado los mayores volúmenes de mineral; entre estos cuerpos se encuentran los conocidos como Bonanza, San Bartolo y Dos Carlos.

Sin embargo, el principal objetivo del proyecto, consiste en investigar la presencia de un yacimiento tipo Skarn a profundidad, teniendo los modelos geológicos de los yacimientos de "La Negra" y "Zimapán", que se encuentran relativamente cercanos y que forman parte de un Trend estructural regional, además de las anomalías geoquímicas y geofísicas, justifican ampliamente que se explore el

distrito a profundidad, con la finalidad de investigar la presencia de un yacimiento de este tipo, que pueda ser explotado con rendimiento económico.

Los yacimientos tipo skarn son de alta temperatura (400°-650°, según Meinert, 1993), y son importantes fuentes de minerales de Fe, Au, Ag, Pb, Zn, Cu, W y otros elementos; en el mundo y específicamente en México, se pueden mencionar los distritos mineros como: "La Negra", Qro, "Zimapán", Hgo., "Charcas", S.L.P., San Martín, Zac., Naica, Chih., Bismark, Chih., etc; con volúmenes de mineral que oscilan entre 5 y 30 millones de toneladas.

Este tipo de yacimientos se encuentran formados por la intrusión de un cuerpo magmático alterando calizas o dolomitas preexistentes, formando silicatos de calcio y magnesio, como: grosularita-andradita, diópsido, hedenbergita, vesuvianita, forsterita, tremolita, actinolita, wollastonita, etc. que posteriormente son impregnados de soluciones hidrotermales de óxidos ó sulfuros, dependiendo del ambiente en que se deposite la solución y de su composición química.

VI.- GEOQUIMICA

Los valores de ensayos geoquímicos de las 462 muestras de roca se separaron de acuerdo al tipo de roca y si se trató de una muestra de superficie o de interior mina para posteriormente analizar estadísticamente cada población y determinar sus parámetros que indiquen alguna anomalía primaria o secundaria.

Los elementos ensayados fueron: Au, Ag, Pb, Zn, Cu, As, Sb, Hg, Fe, W y Mo. El Te no respondió cancelándose su ensaye.

Con ayuda del programa Startgraphics, se obtuvieron primeramente las matrices de correlación de elementos para conocer las asociaciones de minerales de alta y baja temperatura y apoyar el tipo de yacimiento. Para comprobar esta matriz, se obtuvieron los diagramas de Cluster para conocer objetivamente las asociaciones de elementos.

Se obtuvieron los histogramas de frecuencias para definir las poblaciones en cada elemento y así saber si su distribución es normal. Con ayuda de la gráfica de la curva de probabilidad de estimación mediante los estadígrafos de cada tipo de roca, el valor de Treshold, y por tanto los valores del background y los rangos de valores anómalos.

Toda esta información ha permitido relacionar la mineralización del yacimiento de la mina *Santo Entierro* y su posible asociación con un Skarn a poca profundidad.

Estas suposiciones se pueden apreciar con las secciones transversales y una sección longitudinal con curvas de isovalores en que se destacan los intervalos de Treshold y límite inferior de anomalía para cada elemento que se ensayo, mostrando la concentración anómala de los elementos y su relación estructural con las intersecciones de vetas a profundidad, abajo del nivel 110, indicando las zonas favorables para dirigir el programa de barrenación a diamante

Con la interpretación de las 5 secciones geológicas-geoquímicas sobre la mina, se puede apreciar lo siguiente (apéndices 5 al 9).

a) Arriba de la mina en calizas de estratificación delgada a masiva, se tiene respuesta de los elementos: Au, Pb, Zn, Cu, As y Mo en cantidades anómalas, debido al reflejo del fracturamiento NW y NE. Igualmente responden la zona de caliza skarnificada, cerca del contacto con el intrusivo con los elementos anteriores.

b) El contacto intrusivo, con calizas skarnificadas-calizas silicificadas, también presenta intervalos anómalos, principalmente en el contacto SW, cerca de la mina, por los elementos: Au, Pb, Zn, Cu, As, destacando una anomalía mas ligada al intrusivo, o que a profundidad se encuentre caliza mineralizada.

c) El contacto intrusivo con caliza skarnificada en su parte NE, presenta valores anómalos de Au, Pb, y en partes Zn y As.

Con los resultados del muestreo de minas, se elaboró una sección longitudinal, a rumbo de la línea base para apreciar las leyes anómalas en las vetas y los mantos y bolsadas, por cada uno de los elementos analizados (apéndices 5 a 9).

Se aprecia que las leyes en las vetas a profundidad tiene zonas abiertas, por lo que sugiere la continuidad de valores por investigar a profundidad.

**ESTA TESIS NO SALE
DE LA BIBLIOTECA**

VII- GEOFISICA

En marzo de 1989, el Consejo de Recursos Minerales efectuó un levantamiento aeromagnético de la región abarcando desde Zimapán, Hgo., hasta más allá de la parte NW del proyecto *Santo Entierro*, en el estado de Querétaro. Dicho levantamiento reflejó varias e importantes anomalías en los distritos de Zimapán y La Negra, así como en la zona conocida como El Yonthe; la zona de *Santo Entierro* muestra una anomalía que parece ser importante y estar relacionada al cerro de San Antonio.

Posteriormente en 1996-1997 el Departamento de Estudios Especiales del Grupo de Exploración Peñoles, efectuó una geofísica aérea: magnetometría y resistividad aparente, en la que se aprecian mejor definidas las anomalías y lo que se podría interpretar como la presencia a profundidad de un Batolito y que los intrusivos de *Santo Entierro* y San Cristóbal son apófisis casi paralelos con echados de 65° al SW uniéndose a profundidad.

La mineralización de la mina *Santo Entierro* se ubica entre los dos apófisis, por lo que es favorable a profundidad dicha intersección, además con potencial en la periferia del intrusivo y su asociación con los sistemas de fallas NW principalmente y SE.

Se realizó un estudio geofísico de detalle que consistió en el levantamiento de las secciones L-200N, L-000, L-200S, L-1000S y L-1400S que suman 7225 m en

donde se aplicaron los métodos eléctricos de P.I. (Polarización Inducida)/Resistividad y Magnetometría con un arreglo dipolo dipolo a 50m., utilizando un transmisor SCINTREX TSQ4/10 Kw, un receptor SCINTREX IPR8 y un magnetómetro SCINTREX ENVIMAG.

De acuerdo a los valores de intensidades, se pudieron determinar los intervalos que muy probablemente corresponden a determinado tipo de roca y que se muestran a continuación: (Secciones Geofísicas).

**METODO GEOFISICO
POLARIZACION INDUCIDA**

SECCION	LITOLOGIA	mvolts	Ohm-m
L200N	Intrusivo	5-10	100-500
	Caliza	10-30	500-4000
	Caliza (sk)	0-5	100-1000
L000	Intrusivo	0-5	50-200
	Caliza	30-50	300-4000
	Caliza (sk)	0-10	300-1000
L200S	Intrusivo	5-10	300-3000
	Caliza	10-30	300-2500
	Caliza (sk)	0-10	300-500
L1000S	Intrusivo	0-10	300-3000
	Caliza	5-10	400-3000
	Caliza (sk)	10-40	200-1000
L1400S	Lutitas	20-100	100-500
	Caliza	20-30	100-2000
	Lutitas	40-100	30-100

VII. - CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. - El yacimiento de la mina *Santo Entierro*, es de tipo epitermal con reemplazamiento en calizas, la mineralización está en forma de óxidos derivados de sulfuros de Pb-Zn-Ag, con leyes de Au, que puede ser evidencia de un depósito tipo skarn que se encuentre a mayor profundidad.

2. -.La geoquímica permitió conocer la distribución espacial en superficie de los contenidos anómalos de elementos asociados a la mineralización del yacimiento y de su probable zonación a profundidad, concluyendo que en la zona de óxidos y en las rocas de superficie se presentan asociados elementos típicos del yacimiento de baja temperatura, con cantidades anómalas de elementos de alta temperatura, que parecen indicar una removilización a profundidad provenientes, posiblemente de un skarn asociado al contacto SW del intrusivo San Antonio a poca profundidad.

3. -. La Geofísica terrestre hecha por el Departamento de Geofísica en 5 líneas; indicaron el comportamiento estructural de los contactos del intrusivo, así como la posible presencia de calizas masivas, skarns, y cuerpos de pirita diseminada, correlacionables con las anomalías geoquímicas, descritas en las secciones geológicas.

4. – Las condiciones estructurales y litológicas que controlan la mineralización, se aprecian más claramente en la sección longitudinal de la mina *Santo Entierro*, donde se elaboraron curvas de isovalores de los diferentes elementos ensayados, asociados con las intersecciones de vetas a profundidad, revelando las tendencias de la mineralización donde es más factible cortar algún clavo mineralizado y más a profundidad la mineralización

5.- Se cuenta con la probabilidad de que existan cuerpos de metasomatismo de contacto a mayor profundidad, avalado esto por los indicios encontrados en el nivel 155 y principalmente a la posición de las calizas de la facie La Negra que se encuentra de bajo de los niveles desarrollados.

6.- La intersección de vetas y la zona de skarns en el nivel 110, son el objetivo a explorar a profundidad y horizontalmente en la parte favorable del intrusivo.

7.- Al NW del tiro, el nivel 155 corta varias vetas-falla del sistema NE, emplazadas en el horizonte de caliza masiva, solamente en una de ellas se encontraron sulfuros de Pb-Zn, del tiro al SE, el desarrollo de este nivel se quedó corto para explorar la veta NE, pues se desarrolló en caliza delgada, cortando los últimos 30 m el horizonte de caliza masiva, siendo esta parte atractiva para explorar con barrenación a diamante.

8. - Se recomienda hacer los trámites necesarios para explorar con un primer programa de barrenación a diamante los blancos preliminares, desde algunos lugares estratégicos desde la superficie próximos a caminos para evitar construcción de accesos.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Bateman Alan M. 1968. Economical Mineral Deposits. Jhon Willey & Sons, Inc. Nueva York. Third Edition, p. 975.

- Billings, M.P., 1972. Structural Geology.; Prentice Hall Third Edition. P. 606.

- Carbonell, M.; Zamora, S.; Langenscheidt, A.; Franco Carrasco. 1970. Minería Prehispánica en la Sierra de Querétaro, Secretaría del Patrimonio Nacional, Consejo de Recursos Naturales No Renovables, México, p. 133.

- De La Garza, N.V.M., 1980. Yacimientos Tipo Skarn. Peñoles, Informe Técnico (Inédito).

- Meinert, L. D., Einaudi, M.T., and Newberry, R.J.;1981. Skarns Deposits.; Economic Geology 75th Anniversary Volume, p. 317-391.

- Meinert, L.D., 1993. Igneus petrogenesis and skarn deposits. Published in Mineral Deposit Modeling. Eds. Kirkham, R.V.; Sinclair, W.D.; Thorpe, R.I.; and Duke, J.M.; Geological Association of Canada. p. 569-584.

- Meinert, L.D., 1993. Skarns and Skarns Deposits. Published in Ore deposits Models Volume II. Eds. Sheahan, P.A. and Cherry, M.E.; Geoscience Canada. P.117-134.

- Mérida Cruz, Amador. 1988. Trend Estructural de la Sierra de Querétaro, favorable para encontrar yacimientos de oro, plata, plomo, zinc, mercurio, antimonio, en los municipios de San Joaquín, Pinal de Amoles y Peña Miller, Querétaro, Consejo de Recursos Minerales, Informe Técnico (Inédito).

- Noguez, A. B.; Souza, Q.J.; Carrasco, S.G.; 1987. La Negra: Minas Mexicanas, tomo 3, Sección México, p.73-88.

- Ortega F. Et al., 1993. Tectonostratigraphic Terranes and Tectonic Evolution of Mexico, special paper.

- Rzedoski J, 1994. Vegetación de México, Limusa Noruega Editores.

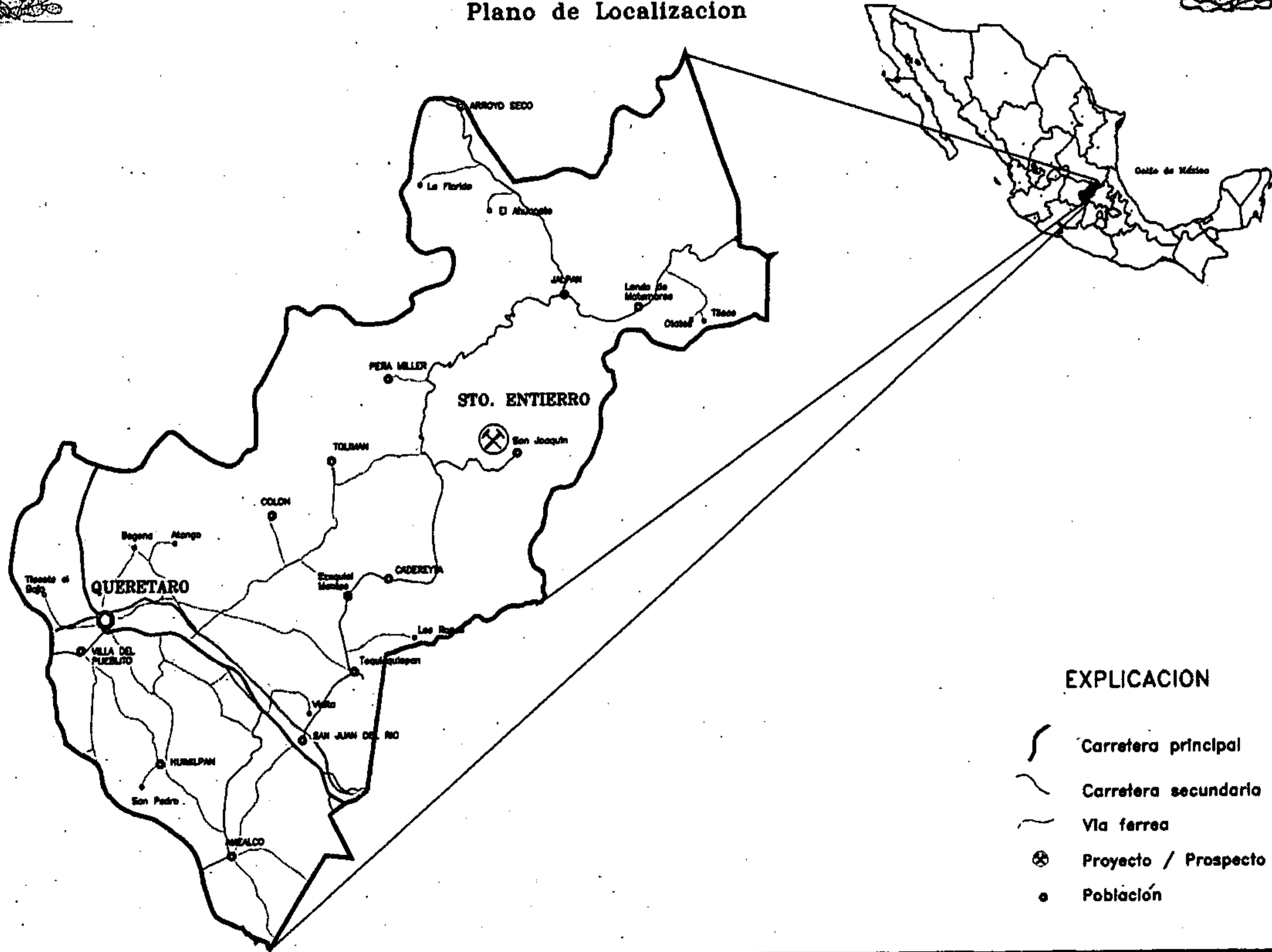
- Simons, S.F.; Mapes, V.E., 1957. Geología y Yacimientos Minerales del Distrito Minero de Zimapán, Hidalgo.; Instituto Nacional Para La Investigación de Recursos Minerales, Boletín Núm. 40. P.282.

APENDICES



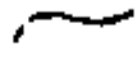


- 1.- PLANO DE LOCALIZACIÓN.**
- 2.- PLANO DE GEOLOGÍA REGIONAL ESC. 1:100,000.**
- 3.- PLANO DE GEOLOGÍA A SEMIDETALLE ESC. 1:10,000.**
- 4.- PLANO DE GEOLOGÍA INTERIOR MINA ESC. 1:2,000.**
- 5.- SECCION GEOLÓGICA Y GEOQUÍMICA L-000.**
- 6.- SECCION GEOLÓGICA Y GEOQUÍMICA L-200S**
- 7.- SECCION GEOLÓGICA Y GEOQUÍMICA L-1000S.**
- 8.- SECCION GEOLÓGICA L-1400S.**
- 9.- SECCION GEOLÓGICA Y GEOQUÍMICA L-200N.**

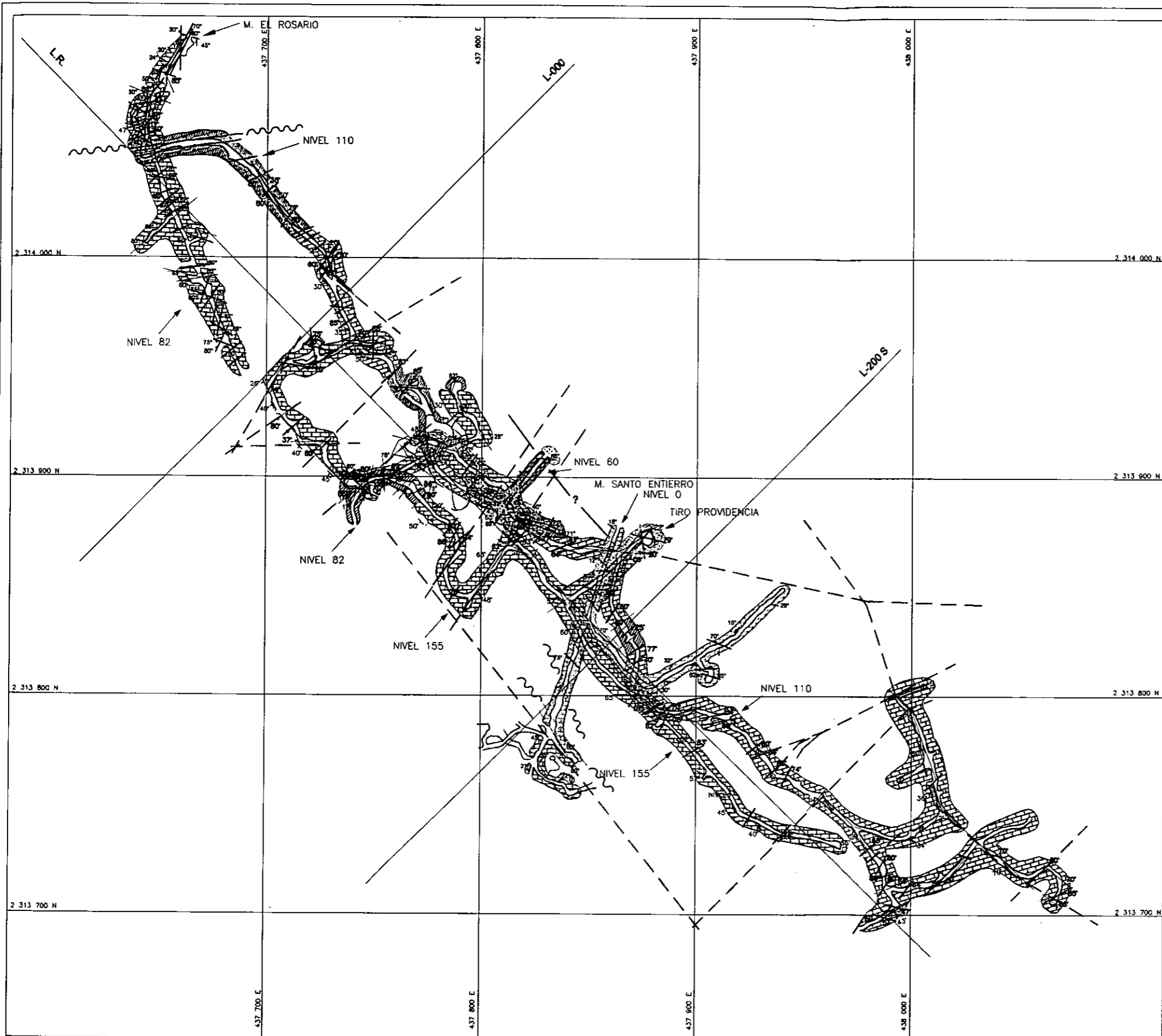


Plano de Localizacion



EXPLICACION

-  Carretera principal
-  Carretera secundaria
-  Via ferrea
-  Proyecto / Prospecto
-  Población



EXPLICACION

LITOLOGIA

FM. DOCTOR. FACIES SAN JOAQUIN CALIZA GRIS OSCURO DE ESTRATIFICACION DELGADA-MEDIA CON BANDAS Y MODULOS DE PEDERNAL. CONTIENE ALGUNOS HORIZONTES DE CALIZA DE ESTRATIFICACION GRUESA-MASIVA

INTRUSIVO DE COMPOSICION DIORITICA. GRIS VERDOSO EMPLAZADO COMO APOFISIS Y SILLAS. ESTOS ULTIMOS CONCORDANTES A LA ESTRATIFICACION DE LAS ROCAS ENCAJONANTES.

ALTERACION

SILICIFICACION. PARCIAL-PERSUASIVA. COMUNENTE CON MICROPOROSIDAD Y SIN MODIFICAR LA ESTRATIFICACION DE LAS CALIZAS.

CALCOSILICITACION. REPRESENTADA POR GROSULARITA DE GRANO FINO-MICROCRISTALINO COMUNENTE EN BANDAS DE 1-3 CM. DE ANCHO

PIRITIZACION. PIRITA Y ARSENOPIRITA DISEMINADAS FINAMENTE TANTO EN INTRUSIVO COMO EN LA ROCA ENCAJONANTE. DE FORMA MODERADA-DEBIL Y COMUNENTE ASOCIADA A SILICIFICACION.

OXIDACION. HEMATITA-LIMONITA-GOETHITA ZINCA EN VETA-FALLA, MANTOS Y/O BOLSADAS (CHIMENEAS).

SIMBOLOGIA

RUMBO Y ECHADO

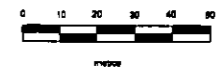
CONTACTO GEOLOGICO INFERIDO

FRACTURA O FALLA DE 2º ORDEN O MAS

ZONA DE FALLA

VETA INFERIDA




ESCALA GRAFICA






<p>U.N.A.M. FACULTAD DE INGENIERIA DIVISION CIENCIAS DE LA TIERRA</p>		
NOMBRE: MARCOS A. ALMAZAN ESCOBEDA	<p>GEOLOGIA INTERIOR MINA</p>	TITULO: EXPLORACION GEOLOGICA MINERA DEL PROYECTO ESTO. INTERIOR MINA SAN JOAQUIN ORO
ESCALA: 1:2000		FECHA: MARZO 2009
REVISOR: ING. ALFREDO VICTORIAN		

EXPLICACION

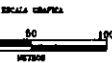
LITOLOGIA

-  Fm SOYATAL (Kss)
-  Fm EL DOCTOR (Kim)
-  INTRUSIVO (Igm)

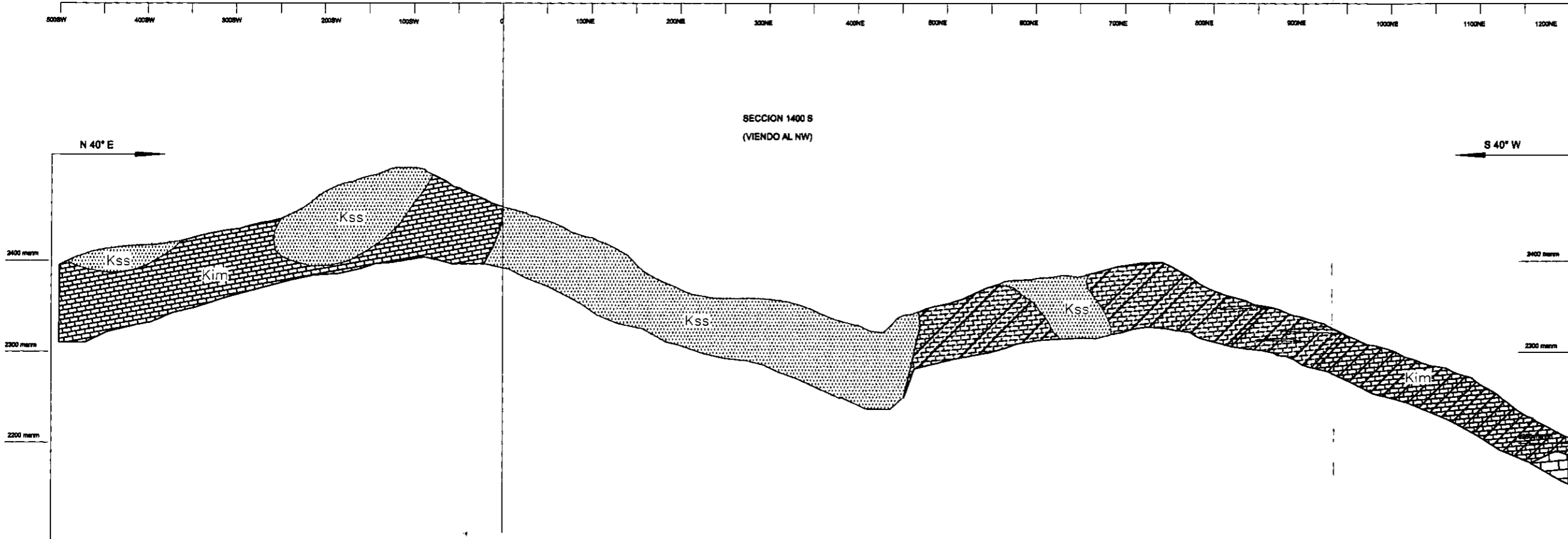
ALTERACIONES



-  OXIDACION
-  SILICIFICACION
-  CALCOSILICATAACION

-  FALLA
-  CONTACTO GEOLOGICO INFERIDO



SECCION 1400 S
(VIENDO AL NW)



 U.N.A.M. FACULTAD DE INGENIERIA DIVISION CIENCIAS DE LA TIERRA			
NOMBRE: ALFONSO VILLALBA	SECCION GEOLOGICA L - 1400 S		TITULO: INGENIERIA GEOLOGICA UNIDAD DEL PROYECTO: UNIV. GEOLOGICA
ESCALA: 1:500			FECHA: MARZO 1971
NOMBRE DEL ALUMNO RESPONSABLE: ALFONSO VILLALBA			FECHA: MARZO 1971