

SISTEMA DE BIBLIOTECAS
Instituto de Investigación de Zonas
Desérticas, UASLP

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE SAN LUIS POTOSI

INSTITUTO DE GEOLOGIA Y METALURGIA



Estudio Geológico de los Yacimientos Minerales de Naica, Chihuahua

TRABAJO RECEPCIONAL

Que para obtener el título de :

INGENIERO GEOLOGO

P r e s e n t a :

GUILLERMO ARANDA MELENDEZ

A mª Madre con cariño

Mercedes Meléndez Vda. de Aranda

A la Memoria de mª Padre

Herminio Aranda Duque

A toda mª familia en general

A G R A D E C I M I E N T O S

Agradesco gentilmente a los Srs. Ingenieros Nephtal F Bravo M., Jefe de Exploración de la Zona Norte y Enrique García M., Jefe de Geólogos de Mina, por la ayuda, enseñanzas y facili-dades para la elaboración del presente trabajo; así como a todos los compañeros del Departamento de Geología, por los consejos y apoyo para la terminación del mismo, y en forma muy especial al Ing. Hugo Alberto Palacios M., por su gran ayuda y compañerismo.

Hago extenso mi agradecimiento de una manera muy espe-cial al Sr. Ing. Florentino Muñoz C., por haber aceptado asesorarme en la realización de este trabajo.

C O N T E N I D O

I	INTRODUCCION	4
	1.1 Objetivos del Estudio	
	1.2 Estudios Previos	
II	GENERALIDADES	6
	II.1 Localizaci3n	
	II.2 Vfas de Comunicaci3n	
	II.3 Climas y Vegetaci3n	
	II.4 Poblaci3n, Cultura y Economfa	
	II.5 Historia	
	II.6 Labores mineras en Explotaci3n y Descripci3n de la Mina	
III	GEOLOGIA GENERAL	10
	III.1 Fisiograffa y Geomorfologfa	
	III.2 Hidrograffa	
	III.3 Estratigraffa	
	III.4 Rocas Igneas	
	III.5 Rocas Metam3rficas	
	III.6 Geologfa Estructural	
	III.7 Geologfa Hist3rica	
IV	YACIMIENTOS MINERALES	25
	IV.1 Forma de los Cuerpos	
	IV.2 Chimeneas	
	IV.3 Mantos	
	IV.4 Oxidaci3n	

	IV.5	Genesis de los Cuerpos	
	IV.6	Mineralogfa	
V		PRESENCIA DE AGUA EN LA MINA	33
VI		GEOLOGIA DE MINAS	36
	VI.1	Métodos de Exploración	
	VI.2	Cálculo de Reservas	
	VI.3	Métodos de Explotación	
VII		CONCLUSIONES	54
VIII		BIBLIOGRAFIA	55

R E S U M E N

El distrito minero de Naica se encuentra ubicado en la parte SE del Estado de Chihuahua, ocupa el flanco NE de una pequeña cadena montañosa conocida como Sierra de Naica, la cual se encuentra en la Provincia Fisiográfica de Cuencas y Sierras. La Sierra de Naica está constituida por sedimentos calcáreos del Cretácico Inferior correspondientes a la Formación Aurora depositados en un ambiente de mares poco profundos, estos sedimentos fueron levantados lentamente posiblemente hacia fines del Cretácico o principios del Terciario. Esfuerzos compresionales fueron los causantes del plegamiento, creándose zonas de debilidad propicias para el emplazamiento de las estructuras mineralizadas.

Las rocas ígneas están ausentes en el área de Naica, a excepción de diques y diquestratos que corresponden a una roca intrusiva de textura afanítica. Hacia el NW de la Sierra del Monarca existen derrames volcánicos, consistentes en riolitas y tobas riolíticas. Hacia el flanco E del poblado de Naica hay rocas de tipo intermedio y máfico que corresponden a dacitas y basaltos porfiríticos respectivamente.

El depósito está situado en lo que es la Sierra de Naica, hacia el flanco NE de una estructura dómica en un plegamiento secundario.

El origen de la estructura dómica probablemente fué a causa de esfuerzos verticales producidos por un posible intrusivo a gran profundidad.

Las fracturas y fallas se dividen en: Preminerales y Postminerales. Las Preminerales son las más importantes, ya que sirvieron como control de la mineralización.* Dos son los sistemas principales: los de rumbo NE-SW y los de NW-SE.

Dos tipos de cuerpos principales se conocen en este distrito: Mantos y Chimeneas. Los mantos consisten de silicatos como son wollastonita, granate, vesuvianita y sulfuros diseminados con pequeñas cantidades de scheelita, fluorita y calcita. Las chimeneas están formadas por sulfuros macizos, principalmente galena y esfalerita que remplazan a las calizas; las chimeneas tienen echados desde 40° hasta ser casi verticales y en los mantos su echado es casi siempre muy suave.

La formación de los mantos se verificó aprovechando -- las zonas de debilidad o menor resistencia, como son los planos de estratificación y fracturas.

Las chimeneas se formaron en la intersección de fracturas y en los cambios de echado de los mantos.

El yacimiento de Naica se considera de dos tipos: Metamorfismo Igneo, del tipo de reemplazamiento (Pirometasomatismo) e Hidrotermal, habiéndose encontrado minerales hipotermales, mesotermales y epitermales.

Se suponen tres emisiones: primeramente las que dieron origen a los diques, posteriormente la sucesión de los minerales formados por silicatos y por último los sulfuros.

El sistema de exploración se aplica tanto directa como indirectamente. Los métodos indirectos son el geoquímico y el geofísico. La exploración directa se hace por levantamientos geológicos, tanto en la superficie como en el subsuelo, así como obras directas y por barrenación de diamante.

La abundancia de agua en el interior de la mina ha sido un gran problema para el desarrollo de las obras, debido a su alta temperatura.

Se estima que hasta la fecha, la Compañía Fresnillo, S. A. de C. V. ha explotado trece millones de toneladas aproximadamente; contando en la actualidad con casi cinco millones de toneladas en reserva, cantidad que, a pesar de la extracción aumenta año con año debido a nuevos descubrimientos. Los métodos de explotación que se emplean son el de corte y relleno y el --
tumbe sobre carga.

CAPITULO I INTRODUCCION.-

1.1) OBJETIVOS DEL ESTUDIO

El objetivo del presente trabajo, es tener un conocimiento de la Geología de los depósitos metalíferos de Naica, -- así como su distribución, emplazamiento, génesis y zoneamiento de los cuerpos ya existentes. Haciendo recolección de datos para una mejor interpretación de su emplazamiento dentro de las fases sedimentarias que obedecen a un patrón tanto en espacio -- como en tiempo; las relaciones estratigráficas que se establecen con otros afloramientos conocidos, nos dan ideas de las variaciones estratigráficas de la roca encajonante a profundidad; dándonos también a conocer las profundidades que pudieran alcanzar los cuerpos mineralizados conocidos. Estos datos pueden -- ser útiles para la exploración geológica, ya sea en el área mineralizada ó en otras localidades con posibilidades mineras.

1.2) ESTUDIOS PREVIOS

El distrito de Naica, ha sido estudiado en diferentes épocas, por diferentes autores y desde diferentes puntos de vista, teniendo como característica principal estos trabajos el de aportar algo nuevo a medida que aumentan los datos de campo y de laboratorio.

El trabajo más antiguo sobre este Distrito fué realizado por Lambert (1892) donde señala el año en que fueron descubiertos los yacimientos y la forma en que fueron explotados por los gambusinos. Paredes (1912) fué el primero en copilar todos los datos conocidos y cuantificó las reservas minerales desde el punto de vista minero.

Prescott (1926) hizo investigaciones sobre el origen de los yacimientos, llegando a la conclusión de que representaban depósitos de reemplazamiento. Bassett (1950) hace estudios más completos y les da nombre a las formaciones, correlacionandolas estratigráficamente y estudia la génesis de los minerales formadores de los yacimientos. Wilson (1956) divide la caliza Aurora en miembros de acuerdo al grado de alteración que tienen y su coloración, indica que la estructura es producto de un cuerpo ígneo enterrado a profundidad y establece también un levantamiento geológico detallado en las labores mineras. Stone - - - (1958) continúa con estudios para la interpretación del origen de los yacimientos estableciendo la paragénesis y las etapas de formación.

Existen también cierto número de informes privados como los del Dr. G. K. Lowther quien realizó estudios geológicos en diferentes épocas desde 1947 para la Eagle Picher Company, así como del Dr. Ivan F. Wilson.

Posteriormente se han elaborado informes que se han tomado como tema de tesis profesionales, entre ellas tenemos la de E. Duarte (1964), N. Bravo (1968), E. García (1973), R. Canú (1977), H. A. Palacios (1977), J. L. Mata (1977) y A. Vallejo (1978).

CAPITULO II GENERALIDADES.-

II.1) LOCALIZACION

El área en estudio está localizada en la porción sur - central del Estado de Chihuahua, pertenece al municipio de Saucillo y está ubicada a 110 km al SE de la Capital del Estado medidas en línea recta. Queda comprendida entre las coordenadas geográficas siguientes:

Latitud Norte 27° 51' 15"

Longitud Oeste ... 105° 29' 30"

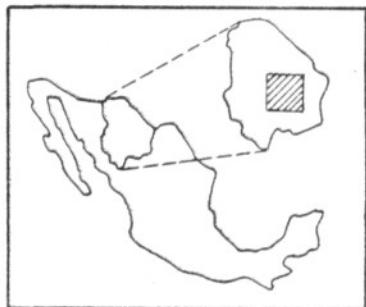
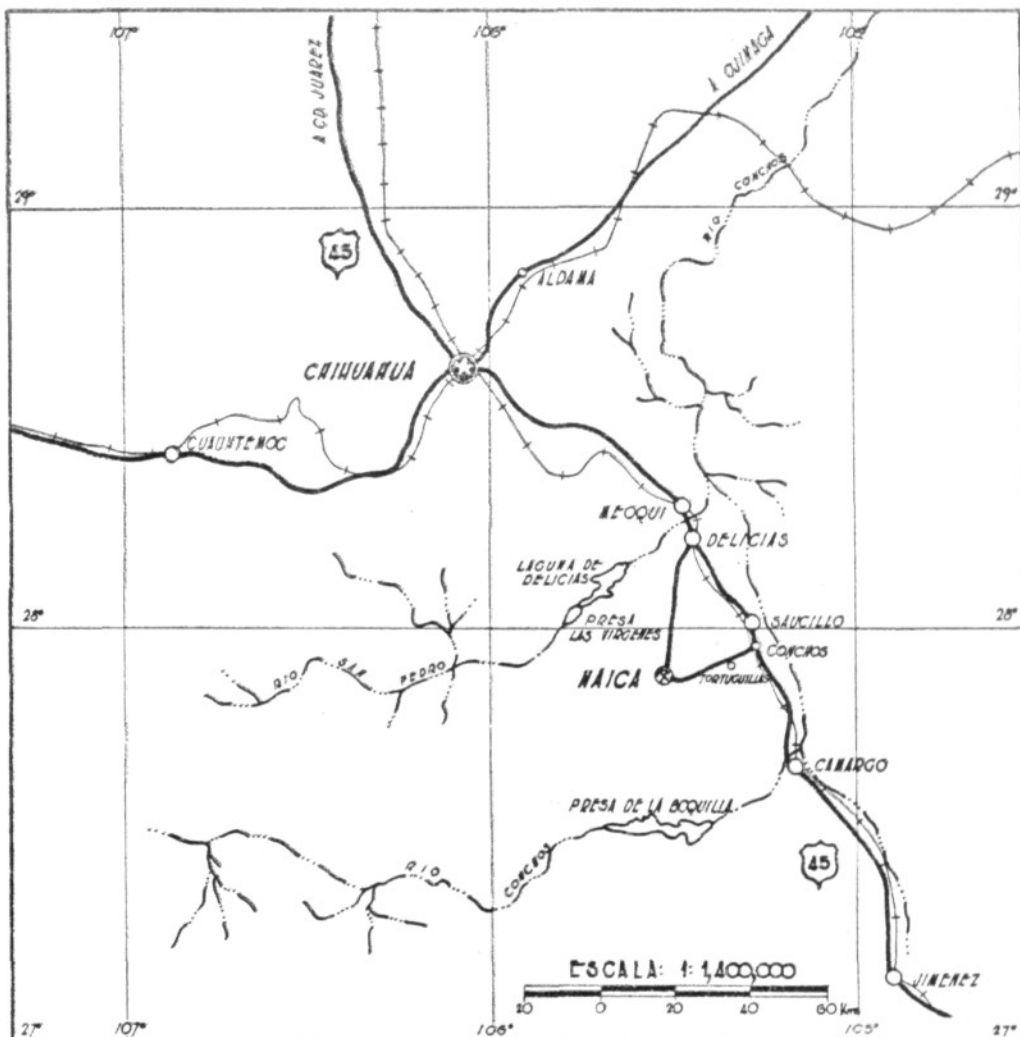
del meridiano de Greenwich. La zona de estudio ocupa una superficie de 2 km estando confinadas las principales obras mineras - en 1 km aproximadamente.

II.2) VIAS DE COMUNICACION

La principal vía de acceso es la Carretera Federal 45 México Cd. Juárez, en el km 1545 en el poblado de Estación Conchos, entronca una carretera pavimentada estatal con una longitud de 26 km que conduce al área de estudio. Otra vía de acceso que comunica a Naica con la Cd. de Delicias, Chih. (ver plano No 1) es la carretera estatal No. 5 que tiene una longitud de 43 km

También cuenta con una pista de aterrizaje situada aproximadamente a 10 km de la población cerca de la carretera Estación Conchos-Naica que es propiedad de la Compañía Fresnillo, S. A. de C. V.

Otras vías de comunicación con que cuenta esta población son líneas telefónicas, telegráficas y servicio postal, que comunica a Naica con el exterior.



INGENIEROS

Universidad Autónoma de S.L.P.
 ESCUELA DE INGENIERIA

PLANO DE LOCALIZACION
 DEL DISTRITO MINERO DE
 NAICA, CHIHUAHUA.

Trabajo Recepcional

GUILLERMO ADANDA MELENDEZ 1980 PLANO No 1

11.3) CLIMA Y VEGETACION

El clima que predomina en la región es de tipo estepario (BWhw, según la clasificación de KOEPPEN) presentándose veranos calurosos con temperaturas máximas de 40°C e inviernos hasta de 8°C bajo cero; ocasionalmente se presentan lluvias aisladas - en otoño, registrándose un promedio de precipitación pluvial de 320 mm por año. La vegetación es escasa y de tipo xerófila, reduciéndose a palmas, mezquites, gobernadora, ocotillos, lechuguilla y otras plantas características de los climas semidesérticos que existen en el Norte del país.

El agua potable es escasa en la región y se obtiene de pozos poco profundos ubicados en Tortuguillas, poblado que se encuentra entre Naica y Estación Conchos, en el flanco suroccidental de unas lomas volcánicas.

11.4) POBLACION, CULTURA Y ECONOMIA

El pueblo minero de Naica cuenta en la actualidad con más de 13 mil habitantes, de los cuales aproximadamente 750 familias viven de la minería y un número similar trabajan en el ejercicio, menor escala se dedican a la agricultura y pocas dependen del comercio. El 60% de la población está en edad escolar, para ello se cuenta con tres escuelas por cooperación para niños en edad preescolar, tres escuelas primarias, una escuela secundaria federal y una escuela preparatoria por cooperación. Personas -- que desean seguir estudiando se trasladan a las ciudades cercanas a proseguir sus estudios en carreras de nivel medio o profesional.

11.5) HISTORIA

Los yacimientos de Naica fueron descubiertos por gambusinos, quienes trabajaron en escala pequeña entre los años de 1828 y 1830, aunque según otras versiones, en el año de 1794, - se otorgó la primera concesión minera.

Debido a la escasez de agua, la explotación del yacimiento solamente se efectuaba en tiempos de lluvia, cuando el agua podía ser recolectada en cisternas pequeñas.

No fue sino hasta fines del siglo pasado cuando se -- inició en forma la explotación del yacimiento, construyéndose -- un ferrocarril entre Estación Conchos y Naica; y en el año de -- 1902 un total de 10 empresas mineras trabajaron en el Distrito, siendo la principal de ellas la Compañía Minera de Naica.

Hacia el año de 1911 se suspendieron las actividades, debido en parte a la inestabilidad política del país y a que -- las labores llegaron al nivel freático.

En 1924 la Compañía Minera de Peñoles, S. A. reinició la explotación hasta 1928; posteriormente fue la Compañía The -- Naica Minas Of México quien siguió operando hasta 1951, año en que traspasó la mina a The Fresnillo Company, S. A.; por otro -- lado, la Compañía Eagle Picher trabajó la mina Gibraltar desde 1948 hasta 1956, siendo vendida ésta a The Fresnillo Company, -- S. A., empresa que hasta la fecha explota los yacimientos aun-- que por causas legales vendió el 51% de sus acciones a la Compañía Minera de Peñoles, S. A.

11.6) LABORES MINERAS EN EXPLOTACION Y DESCRIPCION DE LA MINA

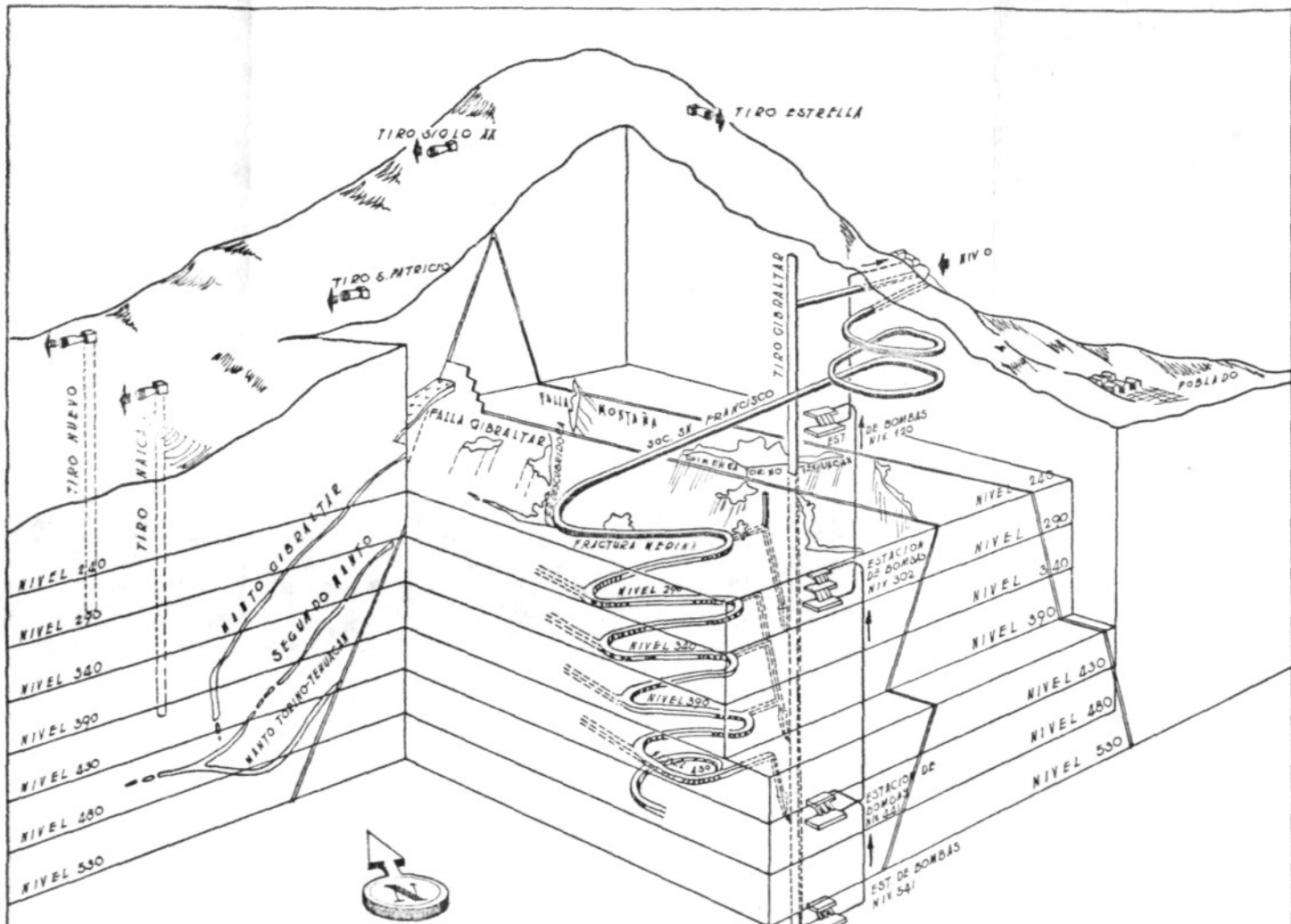
La mina de Naica tiene su principal acceso al interior por el socavón de Toledo, el cual tiene elevación de 1385 m.s.n.m. y es considerado el nivel cero. Por este socavón transita el personal y acarrean el mineral desde el Tiro de Gibraltar, que es el principal medio de acceso a los diferentes niveles de la mina.

Otro acceso más es la rampa de San Francisco, que sirve para el transporte de personal y material; es inclinado desde la superficie y comunica con todos los niveles de la mina, - excepto con el nivel 530 cuya rampa todavía está en desarrollo a partir del nivel 480.

El tiro Gibraltar consta de cinco secciones: dos sirven para el manto, la sección central se utiliza para el transporte del personal por medio de una calesa con capacidad para 33 personas y otras dos secciones, una para conducción de tubería y cables eléctricos y otra como camino de emergencia.

Actualmente se está desarrollando el tiro Naica que - está proyectado para la profundidad de 800 mts. y en el futuro desempeñará las mismas funciones del tiro Gibraltar. La programación del avance de este Tiro han sido por medio de computadora.

Los niveles principales de explotación son el 290, -- 340 y 390 y los niveles de desarrollo 430, 480, 530 (la numeración indica los metros que se encuentran abajo del socavón de Toledo).



Geología
 Universidad Autónoma de S.L.P.
 ESCUELA DE INGENIERIA
 BLOQUE DIAGRAMATICO
 DE LA MINA DE NAICA, CHIH.
 Trabajo Recepcional
 GUILLERMO ARANDA MEL ENDEZ 1980 PLANO No. 2

CAPITULO III GEOLOGIA GENERAL.-

III.1) FISIOGRAFIA Y GEOMORFOLOGIA

Los rasgos orográficos principales del área de Naica - se localizan dentro de la Provincia Fisiográfica de Cuencas y -- Sierras (E. Raisz, 1959), y están representadas por tres peque-- ñas cadenas montañosas, cuya máxima longitud es de 12 km aproxi-- madamente, las que se conocen mencionadas de Este a Oeste, como Sierra de Naica, Sierra de Enmedio y Sierra del Monarca. Se en-- cuentran paralelas entre sí, alineadas de NW a SE en forma de ce-- rros poco prominentes y con elevaciones medias de 1650 metros so-- bre el nivel del mar; en conjunto sobresalen en medio de extensas planicies conocidas como bolsones, que sirven como cuencas de -- captación. Las tres sierras son producto del proceso erosivo de un domo compuesto por calizas y supuestamente provocado por una intrusión ígnea profunda.

III.2) HIDROGRAFIA

A pesar de que el promedio anual de precipitación es -- bajo, el desague se desarrolla en dos formas: rectangular y den-- drítico y por las características geomórficas se llegan a formar lagunas intermitentes, como la que se encuentra aproximadamente a 10 km al N del poblado de Naica y que se conoce como Laguna -- del Rincón.

III.3) ESTRATIGRAFIA

En el área de Naica se encuentran aflorando rocas sedi-- mentarias, la mayor parte calcáreas, con un horizonte arcilloso intercalado. La secuencia conocida tiene edad correspondiente

al Cretácico Inferior, que va probablemente del Albiano Inferior al Cenomaniano. Las formaciones que representan a la secuencia litológica son: La Caliza Aurora, La Lutita del Río y La Caliza Buda.

FORMACION AURORA

Su localidad tipo se encuentra en la sierra de la Aldea en el valle inferior del Río Conchos, al NE de Cuchillo Parado, en Chihuahua. Fue descrita por primera vez por Burrows (1910); se trata de una serie de calizas arrecifales en capas medianas a gruesas, de color gris, con nódulos de pedernal.

En el área estudiada se encuentra aflorando en toda el área mineralizada y como única roca encajonante de todos los cuerpos conocidos.

Wilson dividió esta caliza en tres tipos según las respuestas de cada uno de ellos al metamorfismo, aunque parece ser que esta división no sigue la secuencia del depósito, pues aún en el nivel 430 se pueden observar los 3 tipos.

A) 1er. Tipo

Caliza marmorizada, de color gris oscuro, que contiene cristales pequeños de wollastonita en forma fibrosa. No se aprecia con claridad la estratificación, que al parecer se encuentra enmascarada por la acción del metamorfismo. Sin embargo en el nivel 530 se puede observar cierto bandeamiento de caliza arcillosa, de color gris oscuro de grano muy fino, no se cono-

cen en la superficie equivalentes a este tipo, encontrándose solo en los niveles más bajos de la mina y - se han cortado también con barrenos profundos de diamante.

B) 2do. Tipo

Está constituido por estratos muy gruesos y bien defi nidos de caliza marmorizada de color blanco a gris -- claro de grano fino a medio, se encuentra tanto en -- las labores mineras como aflorando en la superficie, aunque no llega a constituir una unidad planificable. Stone (1958), supone que esta caliza ha sufrido meta morfismo relacionado con el emplazamiento del mineral dando por resultado a la caliza de color blanco, aunque en algunos de los cuerpos mineralizados principalme nte el conocido como Manto Azules, en varias partes está limitado tanto al bajo como al alto, por caliza gris de grano muy fino, no marmorizada, tal vez debido a que las condiciones de temperatura y presión pro vocadas por el emplazamiento enunciado no fueron las necesarias para producir el metamorfismo.

C) 3er. Tipo

Consiste de caliza no marmorizada, de color gris claro a medio, de grano fino, con estratificación gruesa y fractura concoidea; presenta lentes y nódulos de pe dernal de color negro; se encuentra principalmente en lugares cercanos a la superficie, aunque también apa-

rece como bloques aislados en todos los niveles de la mina; estos últimos son muy importantes, ya que actuaron como controles de la mineralización, sirviendo como "tapón" al paso de los fluidos mineralizantes, lo que dió origen a cuerpos mineralizados al bajo de estos horizontes, como es el caso de la chimenea principal Torino-Tehuacán.

En este tipo es en el que se aprecian mejor los fósiles, pudiéndose observar bancos de rudistas, así como pelecípodos, gasterópodos y miliólidos mal conservados, con una edad -- aproximada al Albiano, según estudios hechos por Carl Fries Jr. del U.S. Geological Survey, así como por el Dr. W.E. Humphrey.

La caliza Aurora es equivalente a las calizas Georgetown y Edward de Texas, Tamaulipas, Tamabra y El Abra de las -- partes central y oriental de México.

FORMACION DEL RIO

Esta formación se muestra solamente en la superficie; se halla sobreyaciendo con la caliza Aurora y se presenta en estratos delgados de lutitas calcáreas de color gris oscuro, -- fracturadas y falladas; tiene espesor aproximado de 30 m; la localidad tipo se encuentra en el NW de Coahuila.

El Dr. Ralph W. Imlay (1955), del U.S. Geological Survey, estudió una recolección de muestras encontradas cerca del Tiro Zolá y reportó que los estratos que contienen los fósiles en el área, corresponden al Albiano Superior.

La lista completa de los fósiles es la siguiente:

Mortoniceras (Perionquieria) Leonense (Conrad)

Prehysterocheras Sp.

Neythea Texana (Roemer)

Gryphaea Corrugata Say

Protocardia Multistriata (Conrad)

Homomya Sp.

Turritella Sp.

Posteriormente (1977) se mandaron analizar los fósiles correspondientes a la misma formación, por conducto del Dr. Zoltan de Cserna, para que las analizara la Dra. Gloria Alencaster de Félix, dando como resultado la siguiente descripción:

Mortoniceras (Mortoniceras) Sp. Albiano Medio Superior a Albiano Superior.

Homomya Bravoensis Bose. Vraconiano del Cerro de Muleros, Chihuahua.

Sauvagesia Texana (Roemer), Georgetown Limestone de Texas, Albiano Superior y Vraconiano.

Gryphaea Tucumcari (Marcov), Zon de Exogyra Texana, Albiano medio superior de Texas y Vraconiano del Cerro de Muleros, Chihuahua.

FORMACION BUDA

La formación Buda se encuentra concordante sobre la --

formación Del Río, su localidad tipo se encuentra en Shoal Creek en Austin, Texas y fué descrita por vez primera con este nombre en 1900, posteriormente la describe Stephenson (1944) y luego Adkins (1945).

En el área de estudio la formación Buda consta de dos miembros; el Miembro Inferior consiste de caliza micrítica de color gris claro, con ligero tinte purpúreo, estratificación gruesa a compacta, teniendo pequeños fragmentos de rudistas, radiolarios, ostracodos y equinodermos no identificados. El espesor de este miembro se calcula aproximadamente de 30 metros. El Miembro Superior está constituido por caliza de color gris oscuro que se intemperiza a gris claro, presentándose en forma compacta y conteniendo gran cantidad de fragmentos de pelecípodos, el espesor es de más de 100 metros.

Esta formación se encuentra tanto en el área mineralizada como en las zonas adyacentes, probablemente su espesor original no se encuentra completo en el área a causa de la erosión

Cubriendo las calizas en discordancia angular, se encuentran gruesas capas de material detrítico no consolidado, que en algunas partes tienen hasta 15 metros de espesor, forman el piso de las llanuras y están aún en proceso de formación. El espesor de los sedimentos va disminuyendo gradualmente a medida que se aleja de las sierras.

Los sedimentos de esta formación indican el depósito de facies neríticas, en ambientes agitados de aguas poco profundas.

III.4) ROCAS IGNEAS

Rocas ígneas intrusivas.- Dentro de este tipo se encuentran solamente los diques, aunque se supone la existencia de un batolito a la profundidad, que no ha sido localizado.

Los diques son por definición, cuerpos ígneos tabulares ó irregulares, discordantes ó concordantes, con dos dimensiones grandes y una corta. Localmente recibe el nombre de "dique" una roca felsítica que puede estar ó no concordante con la estratificación. Los minerales que se logran observar al microscopio son principalmente cuarzo y adularia, en porciones muy variables, aunque algunas secciones consisten casi enteramente de cristales de albita.

El dique presenta color gris claro, con textura afanítica, en algunas partes en que no ha sido muy alterado, se observa una serie de "listones" paralelos al contacto de la felsita con la caliza, semejando estructura fluidal; en sección delgada, se ve que las bandas consisten en áreas alternadamente enriquecidas de cuarzo ó adularia. La roca se intemperiza en un color rojizo con bandas de color concéntricas.

Varios diques lenticulares afloran, tanto en la parte central del área mineralizada, como cerca del contacto inferior de la lutita con la caliza, hacia la parte NW de la Sierra de Naica; estos últimos están introducidos en caliza casi inalterada.

Rocas ígneas extrusivas.- Este tipo de rocas está ausente en el área de estudio del distrito de Naica. En el área de Tortuguillas, al oriente de Naica, entre ésta y Estación Conchos, se encuentran rocas de tipo intermedio en montañas de poca altitud. Son dacitas porfirífticas, con intercalaciones de -tobas riolfticas, su espesor es mayor de 125 metros; supraya---ciéndolas se encuentran basaltos porfirífticos, por lo que se infiere que las dacitas son más antiguas que los basaltos (Stone 1958).

Al NW de la sierra del Monarca, aproximadamente a un kilómetro, existen derrames volcánicos, en donde se pueden ob--servar la secuencia de tres unidades de rocas formadas por rio--litas y tobas riolfticas.

Los lomerfos están constituidos por derrames riolfti--cos de color gris pardo, estructura compacta y textura fluidal; su clasificación corresponde a riolita potásica. Su espesor es aproximadamente de 25 metros.

Suprayaciendo a estos derrames se encuentra una uni--dad de tobas riolfticas de color rosado pálido. Los minerales constituyentes son sanidina, cuarzo y hematita en matriz vítrea. Su espesor es de aproximadamente 20 metros.

En la parte superior de la toba se localizan derrames riolfticos de color rosado, con manchas rojizas, estructura com

pacta y textura fluidal. Su espesor es de aproximadamente 25 metros.

III.5) ROCAS METAMORFICAS

Dos tipos de rocas metamórficas están presentes en el distrito de Naica: uno de estos tipos es mármol, producido por el metamorfismo de la caliza encajonante y el otro es el Skarn ó tactita formado por silicatos cálcicos.

Mármol.- Son rocas granoblásticas, compuestas por un mosaico de granos de calcita equidimensionales, derivados del metamorfismo de contacto en las calizas.

La mayoría de la roca encajonante en el área de la mina, consiste en caliza marmorizada, que se puede dividir en dos tipos según su coloración; el primer tipo es mármol de color blanco a gris claro y el segundo tiene coloración de gris medio a obscuro.

Con el fin de determinar los factores que intervinieron y produjeron las diferencias de color en la caliza marmorizada; Stone (1958) efectuó un estudio sobre muestras de los tres tipos de roca encajonante (mármol blanco, mármol gris y caliza no marmorizada) procedentes de diferentes partes de la mina. El estudio se basó en distinguir la composición original, intensidad de metamorfismo y efecto de la temperatura.

Como resultado de este estudio, se concluyó que la marmorización fué debida completamente a la recristalización térmica, excepto en la vecindad inmediata a los cuerpos de mineral, -

donde el mármol ha sido lixiviado; el entrelazamiento marcado de los granos de calcita del mármol normal ha sido destruido y los bordes ó límites de los granos individuales han sido atacados ó corroídos; además, la calcita de estas áreas es intensamente --- fluorescente bajo la lámpara de rayos ultravioleta, en contraposición con la calcita que se encuentra lejos de los cuerpos mineralizados, que no es fluorescente. De lo anterior deduce que el -- mármol blanco y gris no se formó en presencia de fluidos hidro-- termales introducidos.

Aparentemente la diferencia entre el mármol blanco y -- el gris es debida por una parte a la presión y temperatura y, -- por otra, a la composición original y textura (tipo de impurezas porosidad, etc.).

En algunas partes del interior de la mina se puede observar la graduación del mármol blanco y gris, que sugiere la influencia de condiciones variantes de metamorfismo (cambios de -- temperatura principalmente), en lugar de variaciones en la composición original; por otra parte, la presencia de mármol blanco y gris, de estratificación intercalada y la presencia de caliza inalterada en contacto con ambos tipos de mármol, indica diferencias debidas a la composición original ó textura, en lugar de -- cambios en las condiciones de metamorfismo, los cuales difícilmente pudieron haber variado significativamente en distancias de unos cuantos centímetros.

Skarn ó tactita.- Su composición es principalmente de silicatos cálcicos como la wollastonita, granate, vesuvianita, -- con cantidades menores de rodonita, tremolita y hedenbergita. -- Presenta textura granoblástica.

Este tipo de roca pudo haber sido formada por la acción de metamorfismo igneo. Se presenta dentro de las chimeneas de sulfuros como masas irregulares y es el principal constituyente de los mantos, de los cuales solamente algunos siguen los planos de estratificación.

En ocasiones el skarn ó tactita se encuentra al alto y al bajo de la felsita, la que con frecuencia está parcial ó totalmente reemplazada por materiales silicatados. Hay una zona central de alta temperatura, caracterizada por la presencia de grosularita, vesuvianita y wollastonita, con gradación lateral hacia las zonas marginales, que contienen hedenbergita, cuarzo y calcita. Stone (1958).

III.6) GEOLOGIA ESTRUCTURAL

Las rocas sedimentarias que se encuentran en las tres sierras; de Naica, de Enmedio y del Monarca, pertenecen a un domo alargado, en el cual el eje mayor mide aproximadamente 12 km y el eje menor 7 km. El eje mayor tiene orientación al NW-SE.

El yacimiento está situado en lo que se conoce como -- Sierra de Naica y hacia el flanco NE de la estructura dómica, en un plegamiento secundario.

El origen de la estructura dómica se cree que se debe a fuerzas verticales a la profundidad, originadas por un intrusivo que dió lugar a la vez a los diques felsíticos.

Duarte (1964), señala que la suposición de la presencia de un intrusivo a la profundidad se basa en un sistema de di

ques que se encuentran en el área, con orientación NW-SE.

Se supone que el cuerpo intrusivo es el responsable de los esfuerzos que han ocurrido sobre las formaciones geológicas, para imponerles sus rasgos estructurales, como fallas, fracturas, diques y mantos.

Fallas.- Las fallas se pueden dividir en dos grupos - de acuerdo con la época de mineralización, es decir, anteriores y posteriores a ella.

Las fracturas preminerales se pueden subdividir en tres sistemas que son:

El primero, lo forman fracturas con rumbo NW que posiblemente han sido las guías para el emplazamiento de los diques. Tiene echados suaves y sus buzamientos hacia el SW; como ejemplo de este tipo se puede citar el Manto Azules Gibraltar, el cual - fué un dique felsítico reemplazado por silicatos, en parte o totalmente.

El segundo sistema es un grupo de fracturas que en realidad se comportan como vetas y son perpendiculares a las del primer sistema; tiene rumbo de N 25° a 40° E y echado de más o menos 70° al SE o al NW. Dentro de este grupo las principales - son las fracturas Descubridora, Torino, Tehuacán y Ramón Corona; en la intersección de la Torino y la Tehuacán se formó la chimenea Torino-Tehuacán y es la más importante en el Distrito. A partir del nivel 290, estas fracturas pierden importancia ya que tienden a desaparecer.

El tercer sistema de fracturas es un grupo de fisuramiento, el cual no se relaciona ni con los rasgos geológicos de la superficie ni con los de las obras mineras ya que no tiene relación aparente con los cuerpos principales. El rumbo de estas fracturas es de N 15° W, con echado de más ó menos 75° al SW ó al NE.

Las fracturas y fallas postminerales que se encuentran en el Distrito, son en su mayoría paralelas al rumbo de los mantos. Todas estas fallas están brechadas por lo general y en ellas se encuentran cavidades donde se formaron cristales de selenita. Las fallas casi siempre traen consigo grandes flujos de agua, lo que es un problema dentro de la mina

Las fallas tienen más ó menos rumbo de N 45° - 50°W y echados de 60° a 80° al NE ó al SW. Las principales fallas son, en orden de importancia, Gibraltar, Montaña, Naica y Estrella.

III.7) GEOLOGIA HISTORICA

A principios del Aptiano tuvo lugar una disminución marcada de la profundidad de los mares, indicada por el depósito general de calizas de rudistas en aguas someras. En el Aptiano superior comienza una transgresión; con sedimentación calcáreo-arcillosa y formaciones arrecifales.

En una época del Albiano la Península de Coahuila estuvo completamente sumergida bajo una invasión de aguas marinas someras, que se extendieron hacia el norte, el centro y oeste de Texas y hacia el oeste hasta Chihuahua y Sonora. Todo el --

norte de México estuvo cubierto por mares del Albiano y Cenomaniaco Inferior, que depositaron secuencias de sedimentos y bancos de rudistas en aguas someras sobre lo que fueron los bordes de la Península de Coahuila.

Hay una inmersión de áreas durante el Albiano-Cenomaniaco; aquí tuvo lugar el depósito de sedimentos calcáreos, en cuya parte superior se encuentran abundantes fósiles, entre los que se enumeran los bancos de rudistas con abundantes tucasias, pelecípodos, gasterópodos y miliólidos, con un espesor aproximado de 800 metros. Posteriormente suprayaciendo a las calizas, tiene lugar el depósito de capas delgadas de lutitas calcáreas. Dentro de éste espesor de sedimentos hay alternancia de facies calcáreas y arcillosas, lo que indica actitud de movimientos -- transgresión y regresión.

Un nuevo cambio en el depósito originó la formación de calizas de estratificación gruesa a compacta de tipo arrecifal.

En el área de Naica, durante la transgresión ocurrida en el Cretácico Inferior, hubo movimientos pequeños transgresivos y regresivos, lo que originó la formación de facies sublitorales o de aguas poco profundas que se encuentran alternadas actualmente.

Hacia fines del Cretácico Superior, el mar empezó a retirarse del sitio en que se encontraba la Península de Coahuila y del Golfo de Sabinas y se depositaron sedimentos salobres y continentales. Hacia el final del Cretácico cesó la sedimentación marina para siempre en el norte de México y al oeste del

Geosinclinal del Golfo de México.

Durante alguna época a principios del Terciario, todo el noroeste de México sufrió lo que probablemente fué la culminación de esfuerzos compresionales de la Revolución Laramídica; -- los esfuerzos actuaron perpendicularmente y estuvieron acompañados por la intrusión de rocas ígneas que en el caso particular -- de Naica, se cree que fué entonces cuando el área resultó afectada por el intrusivo que provocó el plegamiento de las capas.

Posteriormente empezó la mineralización causada por el ascenso de soluciones hidrotermales, que reemplazaron las estructuras favorables y finalmente el área quedó sujeta a movimientos de asentamiento, que dieron lugar a las fallas postminerales.

Desde fines del Terciario y hasta nuestros días, el -- área ha estado sujeta a una intensa etapa de erosión, que ha dado lugar a la fisiografía que actualmente presenta la región.

CAPITULO IV YACIMIENTOS MINERALES.-

IV.1) FORMACION DE LOS CUERPOS

Los depósitos minerales de Naica son cuerpos de reemplazamiento de sulfuros de plomo y zinc y cantidades menores de oro, plata y cobre, encajonados en caliza marmorizada y silicatos cálcicos. Dos tipos principales de cuerpos minerales pueden ser distinguidos: Chimeneas y Mantos. El emplazamiento mineral fué controlado por fracturas (NW y NE), diques y posiblemente por la estructura dómica.

Las chimeneas son cuerpos tubulares que cortan la estratificación y que adquieren formas elípticas, circulares e irregulares y que en algunos casos llegan a medir hasta 4000 metros cuadrados de sección. Los mantos son cuerpos tubulares interstratificados y, por lo tanto, concordantes pero en ocasiones adquieren cambios en su desarrollo estructural y se flexionan sobre ellos mismos para adoptar formas discordantes. Estos cuerpos en ocasiones alcanzan hasta 600 metros de longitud, con espesores que varían de 3 a 10 metros.

IV.2) CHIMENEAS

Son los cuerpos más importantes, de forma irregular y volúmen variable; el mayor número de cuerpos minerales en Naica son chimeneas de gran inclinación, que contienen sulfuros macizos y, en ocasiones, con la presencia de silicatos. La más gran de e importante chimenea es la Torino-Tehuacán, tiene 80 por 50 metros de sección horizontal, y a profundidad se deduce que va -

disminuyendo su volumen de acuerdo con la interpretación de barrenos verticales, que traspasan el nivel 530. Hay otras chimeneas más pequeñas que no pasan más allá de dos niveles. Se conocen más de 40 chimeneas. La fractura Torino corta el manto - Gibraltar y bloques fallados del manto ocurren dentro de las zonas de fallas de la Torino-Tehuacán, demostrándose que la chimenea es más joven que los mantos.

Existen chimeneas formadas por sulfuros macizos y --- otras formadas por sulfuros y silicatos.

Chimeneas de sulfuros macizos.- Este tipo de chimeneas presenta sulfuros macizos de plomo y zinc que se encuentran encajonados principalmente en mármol blanco. Los únicos minerales que no son sulfuros y que están presentes son de cristalización burda, como calcita, fluorita y un poco de anhidrita.

Chimeneas de sulfuros y silicatos.- Están compuestas por sulfuros macizos de plomo y zinc (galena, esfalerita) con bloques irregulares de silicatos cálcicos, los cuales incluyen: andradita, tremolita, cuarzo y wollastonita. Con cantidades menores de pirita, calcopirita, arsenopirita y pirrotita. La --- fluorita y los granos de calcita son abundantes.

IV.3) MANTOS

Los mantos son los cuerpos minerales más importantes, después de las chimeneas; se conocen alrededor de once mantos; entre los más importantes por su tonelaje están el Segundo Manto y el Manto Gibraltar. Están constituidos por silicatos cálc-

cicos, en los que los minerales principales son andradita, grosularita, vesuvianita y wollastonita. Están relacionados con el primer sistema de fracturamiento premineral con rumbo NW-SE. Este sistema de fracturamiento sirvió para el emplazamiento de los diques, los cuales fueron reemplazados parcial o totalmente por silicatos; esto se observa porque hay una parte central compuesta por el dique felsítico y gradación lateral de silicatos; éstos contienen sulfuros como granos individuales y pequeñas bolitas diseminadas en toda la tactita.

Los sulfuros en los mantos son predominantemente pirita, galena y esfalerita, con cantidades pequeñas de calcopirita, arsenopirita, pirrotita y molibdenita. La fluorita, cuarzo y calcita se presentan como cavidades entre los sulfuros.

Manto de Cobre.- Este es un manto delgado, compuesto esencialmente de mármol cristalino y sulfuros diseminados (calcopirita principalmente). Están generalmente asociados con mantos de silicatos-sulfuros y muestran áreas representativas, en las cuales los fluidos mineralizantes escaparon lejos de los mantos principales, a lo largo de estratos compuestos por mármol. Este manto es apreciablemente alto en cobre; algunas partes del manto de cobre contienen granate y vesuvianita alterados, asociados con calcita fluorescente y recristalizada.

Los mantos de Naica son verdaderos depósitos de metamorfismo ígneo, el Dr. Stone supone que, aunque no hay cuerpos mayores de rocas ígneas expuestas en la Sierra de Naica, los mantos no pueden haberse originado por la simple recristalización de un horizonte impuro en la caliza original, sino que han de deberse a la adición de cantidades grandes de silicio, aluminio, -

magnesio, hierro, plomo, zinc, manganeso, plata, cobre, azufre y flúor. Y la mayor parte del calcio en la tactita (grosularita, vesuvianita, wollastonita, hedenbergita y fluorita) probablemente representa calcio derivado de la caliza reemplazada y cantidades pequeñas de sílice y magnesio fueron también derivada de la caliza, pero las mayores porciones de estos elementos tienen que haber sido adicionados por un factor externo, probablemente un cuerpo ígneo a la profundidad.

IV.4) OXIDACION

Los principales minerales formados durante la oxidación de los minerales primarios son óxidos de fierro hidratado - de varios tipos, óxido de manganeso, etc. Los silicatos han sido destruídos, pero algo de calcedonia, crisocola y trazas de -- hemimorfita están presentes en el mineral de silicatos oxidados. Cantidades pequeñas de malaquita, azurita, smithsonita y cobre - nativo existen en toda la zona oxidada y ha sido encontrada plata nativa, wulfenita, cerargirita y sulfoantimoniuros de plata.

IV.5) GENESIS DE LOS CUERPOS

De acuerdo con algunos estudios efectuados por Stone (1958) y E. Duarte (1964), se supone tres etapas de formación de los depósitos de Naica, relacionados íntimamente con el proceso de enfriamiento y emisión de fluidos, asociados a un supuesto intrusivo.

La primera etapa corresponde a la aparición de diques y diquestratos formados por una emisión de los fluidos ricos en SiO_2 , Al, Na y Mn a lo largo de fracturas preexistentes y planos

de estratificación,

La segunda etapa corresponde a la emisión de soluciones causantes de la formación de silicatos cálcicos con sulfuros diseminados; el ascenso de estos fluidos fué siguiendo por lo general las mismas zonas de debilidad que los diques, de tal manera que estos se encuentran en algunos lugares reemplazados total o parcialmente.

La tercera y última etapa está relacionada con la formación de chimeneas de sulfuros macizos por fluidos que en ocasiones siguieron fracturas posteriores a las primeras etapas de mineralización.

La división entre la segunda y tercer etapa, no necesariamente implica un período de no depósito, sino que pudo ser un cambio en la composición del fluido, dentro de la mineralización continua.

La distribución por zonas, tanto verticales como horizontales de determinados minerales o elementos, es difícil de distinguir en el yacimiento, debido al telescopiamiento existente; sin embargo, se puede apreciar la disminución del mineral de sulfuros macizos hacia la profundidad, donde predominan los silicatos cálcicos con sulfuros diseminados, existiendo además, dentro de los sulfuros, el aumento de los minerales de zinc (esfalerita) en relación con los de plomo (galena).

IV.6) MINERALOGIA

La mineralogía del Distrito es variada; entre los sul-

furos macizos se encuentran galena, esfalerita, pirita, calcopirita y cantidades pequeñas de arsenopirita y pirrotita. Los minerales de los mantos son wollastonita, granate y vesuvianita. Los minerales de ganga comunes son la calcita en grandes cantidades, fluorita, dolomita y cuarzo y algunos sulfatos como bari--ta, anhidrita y yeso.

A continuación se enumeran algunas especies con sus --características:

Galena (PbS).- Esta se encuentra abundantemente en --las chimeneas como en los mantos. Se asocia con la esfalerita y la pirita y presenta cristales bien formados. Contiene cantida--des pequeñas de Bi, Sb y Sn, tanto los sulfuros macizos como en las diseminaciones en los silicatos.

Esfalerita (ZnS).- Este mineral se presenta por lo ge--neral en forma compacta y en ocasiones se le encuentra en la va--riedad llamada marmatita, de color pardo oscuro o negra, a ve--ces formando cristales tetrahédricos.

Pirita (FeS₂).- La pirita es de los minerales metáli--cos más abundantes; la mayor parte se encuentra en forma granu--lar y compacta y también en pequeños cristales estriados con ca--ras pentagonales; la forma más común es el cubo. Se encuentra --tanto en los cuerpos de sulfuros macizos como diseminados en los mantos de silicatos y en los diques.

Calcopirita (CuFeS₂).- Se encuentra principalmente en el manto de cobre, en forma maciza y diseminada, asociada con pi--rita; se presenta también en vetillas delgadas en los mantos de

silicatos y diseminada en la galena y esfalerita.

Arsenopirita (FeAsS).- La arsenopirita no es en realidad una especie mineralógica que se encuentra en abundancia, pero en ocasiones se llega a encontrar en los mantos en forma diseminada.

Pirrotita (Fe_7S_8).- Se presenta en forma maciza, asociada con la pirita en las cavidades o recubriendo ligeramente a la galena y la esfalerita.

Wollastonita (CaSiO_3).- Se encuentra comunmente en los mantos de silicatos, en grandes cristales radiales de color blanco y, con menor frecuencia, en las chimeneas. Dentro de la caliza marmorizada se presenta en agujas pequeñas.

Granates.- Son de los principales componentes minerales de los mantos; las principales variedades son:

a) Andradita (SiO_4)₃ Fe_2Ca_3 .- Se presenta en cristales euhedrales y en forma maciza; presenta coloración de verde oscuro a parda y amarilla.

b) Grosularita (SiO_4)₃ Al_2Ca_3 .- Se presenta en forma compacta con estructura granular, de color rosado pálido y asociado con andradita, wollastonita y vesuvianita.

Vesuvianita (SiO_7)₂(SiO_4)₅ $\text{Ca}_{10}(\text{Mg,Fe})_2\text{Al}_4(\text{OH})_4$.- Se presenta en forma de grandes cristales radiales aciculares, de coloración verdosa; con frecuencia es reemplazada por sulfuros.

Calcita (CaCO_3).- En ocasiones forma parte de los manojos, pero más comunmente aparece en las chimeneas; contiene sulfuros diseminados y es de grano grueso con cristales bien formados.

Fluorita (CaF_2).- Es un mineral que se encuentra en forma abundante como cristales en forma de cubo, octaedro y dodecahedro. Los colores que muestra este mineral son verde, azul y violeta.

Anhidrita (CaSO_4).- Se encuentra en las chimeneas, en masas de brillo perlítico y con coloración azulosa.

Cuarzo (SiO_2).- Se encuentra en cavidades, formando drusas con cristales bien desarrollados de carácter euhedral, -- aunque también en forma intersticial, en cristales por lo general prismáticos.

Yeso ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$).- Este por lo general se encuentra rellenando las fallas y fracturas postminerales y por lo común en forma de cristales perfectos, en su variedad selenita; llega a alcanzar dimensiones de dos metros de longitud.

Barita (SO_4Ba).- Se ha encontrado en la superficie y como agregados macizos. En el subsuelo forma cristales tabulares, translúcidos, dentro de las chimeneas.

Dolomita ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$).- La dolomita se halla en las calizas y cerca de los contactos con los cuerpos minerales; está en forma maciza y es de coloración amarillenta.

CAPITULO V PRESENCIA DE AGUA EN LA MINA.-

Entre los problemas más serios que se tienen en este Distrito, está la presencia de gran cantidad de agua a elevada temperatura que dificulta el desarrollo y las preparaciones para la extracción del mineral, causando problemas en la ventilación además de las graves amenazas de inundaciones en la mina.

Debido a que las rocas del subsuelo tienen permeabilidad a causa de un intenso fracturamiento, el agua fluye en todas direcciones, dificultando el desarrollo en las frentes y cruces, por las elevadas temperaturas de esta.

La calidad del agua se muestra en el siguiente cuadro:

Temperatura	52 a 56°C
Dureza	1750 p.p.m.
PH	7.6
Sólidos	339.5 p.p.m.
Materia volatiorgánica	48.5 "
Minerales sólidos	291.0 "
SiO ₂	25.0 "
CaO	75.7 "
SO ₃	166.9 "
Cl	2.6 "
MgO	6.3 "
Na ₂ O	37.8 "
Fe ₂ O ₃ + Al ₂ O ₃	1.0 "

La permeabilidad primaria de la roca caliza es muy baja y su porosidad es secundaria, debido a la recristalización causa-

da por el metamorfismo; en vista de ésto, el movimiento del agua está dirigido por fallas, que son los principales conductos del agua y fracturas, principalmente las del NW que conducen gran cantidad de agua.

Según estudios hechos por medio de fotografías aéreas y de satélite por Dames & Moore (1976), existe una falla regional, la cual es el patrón de las fracturas que parecen favorecer el movimiento del agua de las áreas localizadas al SW, hacia dentro del área de la mina y el Lago Toronto (Boquilla), por medio de dos posibles fallas identificadas en las fotos, aunque falta evidencia local de estas fallas.

Origen.- Todas las evidencias indican que el agua es meteórica o de lluvias. Un análisis comprensivo de la calidad del agua, incluyendo el oxígeno estable e isótopos de hidrógeno, sugiere que la composición química del agua es el resultado del ambiente que hace contacto con los cuerpos mineralizados.

Los datos hidrológicos regionales son escasos; sin embargo, los datos geológicos y estructurales soportan la hipótesis de que la caliza recibe recarga en las elevaciones más altas hacia el SW y se mueve hacia abajo al NW, a través del área de Naica. La circulación profunda del agua en la tierra, atravesando la caliza gruesa, explica en parte la elevada temperatura del agua.

En cuanto a la recirculación posible del agua, ésto no parece muy probable, pues está bien regulada dentro de los trabajos de la mina y es descargada a la superficie. La descarga del

agua que no es usada para riego, es enviada demasiado lejos de la mina para ser interceptada por un cono de depresión. Alguna agua de riego y quizás residuos del agua de la mina, pueden estar tan cerca de la mina que pueden ser interceptados, pero las cantidades son pequeñas.

En caso de que estuviera ocurriendo la recirculación, lo más probable sería que estuviera confinada a los niveles más altos de la mina, lo cual no ocurre, pues se ha demostrado la baja en el flujo interior de agua; también se esperaba que con el tiempo, si gran parte de la descarga de la mina fuera debida a la recirculación, la temperatura variaría razonablemente como consecuencia del enfriamiento del agua durante los meses de invierno, lo cual tampoco ocurre.

Las técnicas básicas se emplean en los problemas de desague en la mina:

- a) Interceptar el agua afuera de los trabajos de la mina
- b) Recoger el agua después de que entre a la mina y bombearla hacia afuera; el agua que se bombea es a razón de 10 mil galones por minuto.

La primera técnica utiliza pozos, zonas de perforación, galerías de desague o galerías filtrantes para interceptar o tratar de evitar que el agua vuelva a la mina. La segunda técnica usualmente requiere zanjas, tuberías y bombas para controlar el agua después de que entra a los trabajos de la mina.

CAPITULO VI GEOLOGIA DE MINAS.-

VI.1) METODOS DE EXPLORACION

La exploración tanto directa como indirecta en Naica, ha ido en aumento para la localización de nuevos cuerpos minerales y también para conocer a la profundidad la continuidad de -- los cuerpos ya existentes.

Exploración Indirecta.-

Geoquímica.- Hace algunos años se efectuó un estudio geoquímico, basado en muestras de roca tomadas cada 50 metros, -- sobre una cuadrícula en la sierra de Naica. Estas muestras se analizaron por Pb, Zn y Cu, en p.p.m. Las principales anomalías resultantes aparecieron directamente sobre los cuerpos conocidos en proceso de explotación; en las anomalías que no correspondían a ninguno de los cuerpos conocidos, se efectuaron perforaciones sin ningún resultado positivo.

También se ha efectuado muestreo de suelos sobre l--neas trazadas aguas abajo de cada uno de los diques que afloran sobre la sierra de Naica. Este muestreo se hizo sobre la parte N del área mineralizada; con una separación de 20 metros entre -- cada muestra; también se hizo muestreo de roca en los diques que afloran en el área sin encontrar resultados favorables.

Geofísica.- El consejo de recursos minerales hizo un estudio preliminar de magnetometría aérea del área abarcando las tres sierras con el fin de ubicar la presencia del supuesto in--trusivo para evaluar su magnitud y poder observarla en un sistema de tres dimensiones, obteniendo una ligera anomalía al SW del

domo; posteriormente se efectuó un estudio de magnetometría terrestre con estaciones cada 100 metros sobre una línea base en el eje mayor del domo y, líneas perpendiculares en cada 1000 metros suponiéndosele al intrusivo una profundidad de más de 2 kilómetros.

Exploración Directa.-

Los métodos directos que se emplean en Naica para la exploración, se pueden separar en dos: el empleado en la superficie (levantamiento geológico en detalle) y los utilizados en el subsuelo; estos últimos pueden ser divididos en dos grupos, ya sea que la exploración se haga por medio de frentes y cruceros ó utilizando sondeos con máquinas para exploración a diamante.

LEVANTAMIENTO GEOLOGICO DE LA SUPERFICIE A DETALLE

En la actualidad se está efectuando un estudio detallado del área comprendida por las tres sierras, dividiéndola en mapas de un kilómetro cuadrado en escala 1:1000.

En el detalle se ha tomado en cuenta la diferencia de marmorización de la caliza, así como la presencia de diques y -- fracturas, tanto mineralizadas como no mineralizadas.

Los resultados de este estudio sólo se podrán valorar conforme avance la planificación, pues a la fecha sólo se han levantado 14 planos de un total aproximadamente de 100 planos.

LEVANTAMIENTO GEOLOGICO DE FRENTES Y CRUCEROS

Este levantamiento permite la elaboración de planos en

los barrenos cortos.

La información de los levantamientos es pasada a los planos generales de la mina en escala 1:500 y divididos por ---- áreas para su mejor manejo; cada una de las áreas se encuentra cuadrículada por líneas de sección, perpendiculares y paralelas al rumbo de los cuerpos, espaciadas a cada 25 metros.

Las secciones sirven de base para la programación de barrenos de exploración y para el cálculo de reservas, por lo -- que deben tenerse al corriente.

BARRENACION DE DIAMANTE.

La exploración por medio de barrenos tiene por objeto la investigación de bloques de terreno, lugares donde existan se ñales de mineralización o el muestreo de cuerpos conocidos, a -- fin de buscar la información necesaria para la estimación de su ley y tonelaje,

La programación de los barrenos se basa fundamentalmen te en el conocimiento que se tiene del yacimiento. En los pro-- yectos para la exploración de las chimeneas, se dan abanicos de barrenos para delimitar sus contactos ley y tonelaje. También -- se elaboran proyectos para la protección del desarrollo de las -- obras mineras, esto es para en caso de cortar una falla con gran contenido de agua por ahí se desagüe. Además se programan barre nos de exploración hacia áreas desconocidas donde se cree que -- puede haber mineralización. Todos los sondeos han sido con corco na de diamante.

Los núcleos obtenidos con los barrenos se revisan; se cortan longitudinalmente en dos partes iguales, una de las cuales se archiva y la otra se manda analizar para determinar su ley. Los datos para el registro del núcleo son:

- 1.- Localización del barreno, posición y fecha de iniciación.
- 2.- Rumbo e inclinación.
- 3.- Terminación del barreno; anotar si se dibujó en el plano y la sección, recuperación total y profundidad.
- 4.- Tipo de roca, textura, rasgos físicos (dureza, porosidad, color, etc.) estratificación, contactos, composición.
- 5.- Estructuras como vetas, fallas, diques, etc., su potencia, contactos, materiales que los rellenen, relación con la roca encajonante.
- 6.- Mineralización; abundancia, minerales de mena y ganga, primarios y secundarios, forma de presentarse (diseminación, reemplazamiento, macizos, rellenos, etc.).
- 7.- Alteraciones; silicificación, oxidación, etc.

MUESTREO Y CALCULO DE LEY.

Este muestreo se realiza para calcular la ley de determinado cuerpo; las muestras son de canal y se toman perpendiculares al rumbo de la estructura. Las muestras en las frentes se toman cada dos metros y en los rebajes cada cinco metros entre muestra y muestra, con ancho máximo de tres metros.

Todos los resultados del muestreo se pasan a planos especiales, para conocer la ley de cada uno de los cuerpos. El sistema para calcular la ley, tanto en los barrenos de diamante como en el muestreo, es idéntico.

Los pasos a seguir para calcular la ley media son los siguientes: se multiplica el análisis de cada una de las muestras ensayadas por su ancho, dividiéndose la suma total de estos resultados entre la suma de todos los anchos, como se aprecia en el siguiente ejemplo:

Muestra Número	Ancho Mts.	Análisis % Pb	Ancho por Análisis
1	1.4	4.7	6.58
2	1.3	9.8	12.74
3	2.4	3.6	8.64
4	1.4	2.1	2.94
5	2.5	3.7	9.75
6	1.4	3.7	5.18
Suma de anchos	10.4	ley	45.33
Ancho promedio	1.7		
			$\frac{45.33}{10.4} = 4.35 \%$

VI.2) CALCULO DE RESERVAS

El cálculo de reservas es de suma importancia para el futuro de una mina. El propósito fundamental es estimar el tonelaje de minerales para poder planear la producción para un tiempo necesario y seguir desarrollando la exploración.

El cálculo de reservas comunmente se clasifica en mineral probado, mineral probable y mineral posible.

Mineral Probado.- Es aquel que ha sido medido total--mente, mediante frentes en los niveles superior e inferior, contrapozos laterales, centrales ó por medio de uno o varios barrenos centrales.

Mineral Probable.- Es aquel que ha sido localizado y muestreado en dos de sus lados.

Mineral Posible.- Es aquel que está conocido solamente en un lado y sus otras dimensiones son extrapolaciones.

El cálculo de reservas se hace midiendo áreas horizontales con planímetros y luego multiplicándolas por la altura deseada. Los cuerpos grandes como la chimenea Torino-Tehuacán, se calcula por secciones. Esto es: entre los niveles 150 y 290, -- los rebajes y pilares en explotación se calculan midiendo las -- áreas en secciones verticales espaciadas cada dos metros; pero -- debajo del nivel 290, las reservas se calculan también por secciones verticales, pero con intervalos de diez metros. Los pilares tanto de cielo como de piso que han sido dejados en rebajes de chimeneas pequeñas, se calculan por secciones verticales, pero con intervalos de dos metros.

La tabla 1 muestra el cálculo de reservas de una de -- las chimeneas entre los niveles 340-390.

En un yacimiento es raro extraer unicamente mineral -- económico, ya que es imposible establecer el límite en donde se encuentra éste y en donde empieza el material estéril; o bien, -

que se encuentren caballos de tepetate dentro de los cuerpos ó áreas estériles. Por esto es necesario compensar esta pérdida con una dilución de 10%, que consiste en aumentar al tonelaje neto, el porcentaje que se estime conveniente, para posteriormente calcular la ley media con el tonelaje ya diluido.

Las leyes medias de los bloques se estiman a partir de barrenos de diamante que hayan atravesado el cuerpo; si no se -- puede hacer esto, se estiman de acuerdo con los muestreos de canal, efectuando la dilución necesaria. Los factores de conver-- sión a toneladas métricas que se emplean son 3.5 para sulfuros - macizos y 3.0 para silicatos (peso especffico).

Al calcular las leyes de las chimeneas y los mantos -- por niveles, es idéntico el método al del cálculo de las leyes individuales. Cuando ya se ha calculado el tonelaje respectivo, se multiplica por cada una de las leyes de los minerales, obte-- niéndose el contenido metálico y dividiéndose éste entre la suma de las toneladas, para obtener el promedio de ley de cada uno de los minerales.

TABLA No. 1

CALCULO DE LA CHIMENEA TORINO-TEHUACAN, NIVELES 340-390 VOLUMEN Y TONELAJE

Panel No.	Mineral Original en Blocks				Tons. Métricas	
	Area	Volumen		Toneladas	Mineral	Reservas
	Vertical M2	Horizontal M	M3	Métricas (x 3.5)	Total Extraído	
Rebaje 6-9-E						
Sec. 2	41	5.0	205	700	700	
Sec. 1	151	10.0	1510	5300	4400	900
Sec. A	161	10.0	1610	5600	4300	1300
Sec. B	525	10.0	5250	18400	9700	8700
Sec. C	539	10.0	5390	18900	17700	6200
Sec. D	715	10.0	7150	25000	14100	10900
Sec. E	1322	12.5	16525	57800	44700	13100
Total			37640	131700	90600	41100
Pilar 10-E						
Sec. F	1165	7.5	8737	30600	26400	4200
Sec. G	1121	7.5	8407	29400	28700	700
Total			17144	60000	55100	4900
Rebaje 11-E						
Sec. H	778	12.5	9725	34000	26900	7100
Sec. I	748	12.5	9350	32700	26200	6500
Total			19075	66700	53100	13600
Pilar 12-E						
Sec. J	529	7.5	3967	13900	11300	2600
Sec. K	429	7.5	3217	11300	10800	500
Total			7184	25200	22100	3100

Continuación

Panel No.	Mineral Original en Blocks			Tons. Métricas		
	Area	Horizontal M	Volumen	Toneladas	Mineral	Reservas
	Vertical M2		M3	Métricas (x 3.5)	Total Extraído	
Rebaje 13-E						
Sec. L	434	12.5	5425	19000	18700	300
Sec. M	478	10.0	4780	16700	15600	1100
Sec. N	658	10.0	6580	23000	21700	1300
Sec. O	286	10.0	2860	10000	9500	500
Sec. P	249	10.0	2490	8700	6900	1800
Sec. Q	252	10.0	2520	8800	7200	1600
Sec. R	197	10.0	1970	6900	4700	2200
Sec. S	52	10.0	520	1800	800	1000
Sec. T	45	10.0	450	1600	200	1400
Total			27595	96500	85300	11200
TOTAL			108638	380100	306200	73900

PROMEDIO DE ENSAYES POR PANELES

Paneles		Toneladas Métricas	Ensayes Reducidos				
			gms/ton		%		
			Au	Ag	Pb	Zn	Cu
Rebaje	6-9-E	41,100	0.24	180	7.5	5.4	0.53
Pilar	10-E	4,900	0.39	216	9.5	6.7	0.41
Rebaje	11-E	13,600	0.16	159	6.4	5.2	0.40
Pilar	12-E	3,100	0.17	162	5.9	4.6	0.41
Rebaje	13-E	11,200	0.18	184	7.0	5.2	0.37
TOTAL Y PROMEDIO		73,900	0.22	178	7.3	5.4	0.47

CALCULO DEL SEGUNDO MANTO, NIVELES 340-390 VOLUMEN Y TONELAJE

Panel No.	Mineral Original en Blocks				Menos Mineral Extraído	Toneladas Métricas		
	Area Vert. M2	Dist. Horiz. M	Volumen M3	Ton. Métricas (x 3.0)		Reservas -25% Incosteable	Areas	Total Reservas
	Block NW (Rebaje 4734)							
Sec. A	1513	5.0	7565	22700	19500	3200	800	2400
Sec. B	1067	10.0	10670	32000	28000	4000	1000	3000
Sec. C	1270	10.0	12700	38100	31900	6200	1500	4700
Sec. D	910	10.0	9100	27300	23800	3500	900	2600
Sec. E	842	10.0	8420	25300	20600	4700	1200	3500
Sec. F	747	10.0	7470	22400	16500	5900	1500	4400
Sec. G	487	10.0	4870	14600	9600	5000	1200	3800
Sec. H	237	10.0	2370	7100	5100	2000	500	1500
Sec. I	220	10.0	2200	6600	1900	4700	1200	3500
Total			65365	196100	156900	39200	9800	29400
Block Central (Rebaje 4786)								
Sec. A	1513	5.0	7565	22700	19500	3200	800	2400
Sec. 0	1397	10.0	13970	41900	35500	6400	1600	4800
Sec. 1	1507	10.0	15070	45200	37000	8200	2100	6100
Sec. 2	1118	10.0	11180	33500	26000	7500	1900	5600
Sec. 3	944	10.0	9440	28300	19000	9300	2300	7000
Sec. 4	498	10.0	4980	14900	8700	6200	1600	4600
Sec. 5	595	10.0	5950	17800	12900	4900	1200	3700
Sec. 6	523	10.0	5230	15700	6600	9100	2300	6800
Sec. 7	364	10.0	3640	10900	4300	6600	1600	5000
Sec. 8	440	5.0	2200	6600	3600	3000	700	2300
Total			79225	237500	173100	64400	16100	48300

Panel No.	Mineral Original en Blocks				Menos Mineral Extraído	Toneladas Métricas		
	Area Vert. M2	Dist. Horiz. M	Volumen M3	Ton. Métricas (x 3.0)		Reservas Incosteable	-25% Areas	Total Reservas
	Block SE (Rebaje 4860)							
Sec. 8	440	5.0	2200	6600	3600	3000	800	2200
Sec. 9	377	10.0	3770	11300	8900	2400	600	1800
Sec. 10	290	10.0	2900	8700	5500	3200	800	2400
Sec. 11	253	10.0	2530	7600	4500	3100	800	2300
Sec. 12	267	10.0	2670	8000	4000	4000	1000	3000
Sec. 13	213	10.0	2130	6400	3200	3200	800	2400
Sec. 14	223	10.0	2230	6700	2200	4500	1100	3400
Sec. 15	207	10.0	2070	6200	2600	3600	900	2700
Sec. 16	230	10.0	2300	6900	4500	2400	600	1800
Sec. 17	180	10.0	1800	5400	3000	2400	600	1800
Sec. 18	116	10.0	1160	3500	1800	1700	400	1300
Sec. 19	123	10.0	1230	3700	2200	1500	400	1100
Sec. 20	120	10.0	1200	3600	1600	2000	500	1500
Sec. 21	108	10.0	1080	3200	1300	1900	500	1400
Sec. 22	74	10.0	740	2200	1700	500	100	400
Sec. 23	83	10.0	830	2500	1700	800	200	600
Sec. 24	78	10.0	780	2300	1800	500	100	400
Rezaga								700
Total			31620	94800	54100	40700	10200	31200
TOTAL			176210	528400	384100	144300	36100	108900

PROMEDIO DE ENSAYES POR PANELES

Paneles	Toneladas Métricas	gms/ton		%		
		Au	Ag	Pb	Zn	Cu
Block NW (Rebaje 4734)	29,400	0.15	154	4.2	2.7	0.25
Block Central (Rebaje 4786)	48,300	0.11	121	2.9	2.0	0.24
Block SE (Rebaje 4860)	31,200	0.19	155	2.6	1.8	0.43
TOTAL Y PROMEDIO	108,900	0.14	140	3.2	2.1	0.30

SUMARIO DE ESTIMACION DE RESERVAS DE MINERAL DE SULFUROS

I MINERAL PROBADO

	Toneladas Métricas	Ensayes Reducidos				
		gm/ton		%		
		Au	Ag	Pb	Zn	Cu
A 120 M.	7,500	0.11	134	1.5	0.6	0.43
B 120-150 M.	39,000	0.23	159	2.7	1.8	0.92
C 150-190 M.	96,600	0.27	176	4.7	3.8	0.47
D 190-240 M.	198,900	0.48	168	5.9	5.0	0.47
E 240-290 M.	224,500	0.38	177	6.8	6.3	0.42
F 290-340 M.	697,900	0.26	171	5.8	4.8	0.41
G 340-390 M.	383,300	0.17	159	5.0	4.8	0.40
H 390-430 M.	800,400	0.20	174	5.1	4.5	0.42
Total mineral probado	2.448,100	0.25	170	5.4	4.7	0.43
Total mineral probado Dilufdo 10%	2.692,900	0.22	153	4.9	4.2	0.39

II MINERAL PROBABLE

A 120-150 M.	2,900	0.29	218	5.1	2.0	0.60
B 150-190 M.	25,900	0.18	157	2.8	2.4	1.76
C 190-240 M.	15,900	0.24	176	6.0	4.4	0.39
D 240-290 M.	48,500	0.17	147	4.8	3.2	0.40
E 290-340 M.	28,200	0.16	139	4.8	4.5	0.42
F 340-390 M.	133,400	0.23	232	5.0	4.2	0.50
G 390-430 M.	160,400	0.18	173	4.6	3.7	0.34
H 430-480 M.	1,063,700	0.18	159	4.5	3.6	0.40
I 480-530 M.	35,700	0.19	164	4.3	4.5	0.65
Total mineral probable	1.514,600	0.18	167	4.5	3.7	0.43
Total mineral probable Dilufdo 10%	1.666,100	0.16	150	4.1	3.3	0.39

T O T A L E S

Total Mineral Probado y Probable	3.962,700	0.22	169	5.1	4.3	0.43
Total Mineral Probado y Probable Diluido 10%	4.359,000	0.20	152	4.6	3.9	0.39

VI.3) METODOS DE EXPLOTACION

Dos son los métodos principales de explotación en la mina de Naica, siendo estos el sistema de corte y relleno y el de tumbe sobre carga, los cuales se aplican según las peculiaridades del yacimiento.

METODO DE CORTE Y RELLENO

Para la planeación y la aplicación de este sistema a algún cuerpo determinado se comienza por reunir todos los datos geológicos posibles obtenidos primeramente con la ayuda de la barrenación a diamante y una vez que se ha localizado el cuerpo -- por medio de ellos se cuelan frentes y cruceros con el objeto de bloquear el mineral. De acuerdo con el mapeo y muestreo geológico de las frentes y cruceros, y los datos obtenidos por medio de la barrenación, es posible determinar la ley promedio del block que se pretende extraer, así como también la cubicación del mismo.

El método en sí consiste en colar contrapozos, cuya inclinación debe ser mayor de 55° , para chorreaderos y menor para los que son usados como vías de acceso y ventilación. Cuando el cuerpo es grande, los contrapozos se dan en el mineral, distribuidos en forma sistemática; cuando no lo son, lo más indicado es dar los contrapozos en tepetate, al bajo del cuerpo.

Para darle protección a los contrapozos se hace la construcción de anillos de madera ó de acero. Al terminar el cuele de los contrapozos planeados, el corte se inicia tres metros arriba del nivel o subnivel, con altura de cinco metros;

una vez terminado el corte se rellena con una mezcla de jal-ce-mento, rociándola inmediatamente después con cloruro de sodio para obtener fraguado rápido; esta operación se repite en cada relleno y tiene como fin obtener un piso lo suficientemente firme para permitir que los aparatos que efectúan el rezagado puedan circular con eficiencia.

METODO DE TUMBE SOBRE CARGA

Este método se usa en chimeneas chicas y en algunas áreas de los mantos en donde su inclinación es mayor de 55°. La planeación para la extracción del mineral se hace en la misma forma que se hizo en el método de corte y relleno.

La preparación consiste en dar un contrapozo de nivel a nivel dirigido al centro del cuerpo que servirá como vfa de acceso al rebaje; posteriormente se dan 3 ó 4 contrapozos desde el nivel hasta 4 ó 5 metros arriba de las labores que bloquearon el cuerpo, procediendo luego a comunicar todos los contrapozos; se tiene así el primer corte del rebaje, que por lo general exige usar escrepas para rodar la carga, mientras se acondicionan los chorreaderos.

CAPITULO VII CONCLUSIONES

1.- Los yacimientos en el Distrito minero de Naica, - encajonan en sedimentos calcáreos del Cretácico Inferior, formados en un ambiente nerftico de aguas poco profundas, los cuales fueron plegados, fallados e intrusionados durante la Revolución Laramide.

2.- El plegamiento en forma dómica de las sierras de Naica, es debido a fuerzas compresionales que crearon zonas de debilidad suceptibles de ser intrusionadas.

3.- El primer sistema de fracturamiento de rumbo NW-SE sirvió como gufa para el emplazamiento de los mantos que en una etapa inicial estuvo emplazado por un dique felsftico.

4.- El segundo sistema de fracturamiento de rumbo NE-SW desplaza a los mantos sirviendo a la vez como gufa para el -- ascenso de las soluciones mineralizantes ricas en sulfuros, dando lugar a la formación de chimeneas.

5.- Parece ser, que los yacimientos en este Distrito al aumentar la profundidad tienden a aumentar la cantidad de silicatos y disminuir su ley en sulfuros como lo indica la suce- - sión mineralógica.

VII.- BIBLIOGRAFIA

- Bateman, A. M. 1961, Yacimientos Minerales de rendimiento económico, Ediciones Omega, S. A.
- Billings, M. P. 1954, Geología Estructural, Editorial Universal de Buenos Aires.
- Burrous, R. H. 1909, Geology of Northern Mexico, Bol. Sociedad Geológica Mexicana.
- Candl, D. R. 1977, Estudio Geológico del Area de Naica, Chi. E. S. I. A. I. P. N. Tesis Profesional.
- Dana, S. 1974, Manual de Mineralogía, Editorial Reverté, S. A. - España.
- Dames & Moore, 1976, Hydrogeologic Investigation of The Naica Mine.
- Duarte, E. A. 1964, Geología del Distrito Minero de Naica, Chihuahua, México, U. N. A. M. Tesis Profesional.
- García, M. E. 1973, Estudio Geológico de los Yacimientos Metalíferos en el Distrito Naica, Estado de Chihuahua, Trabajo Recepcional, U. A. S. L. P.
- Humphrey, W. E. y Díaz, T. G. 1956, Estudio de la Estratigrafía del Mosozoico y de la Tectónica de la Sierra Madre Oriental entre Monterrey, N. L. y Torreón, Coahuila, Congreso Geológico Internacional, Excursión C-5. Asoc. Mex. Geol. Petroleros, México
- Lambert, A. D. 1892, Zona Minera de Naica, Boletín de Agricultura y Minería.
- López, R. E. 1962, Comentarios sobre la Tectónica de México. -- Bol. Asoc. Mex. Geol. Petroleros.
- Mc Kinstry, H. E. 1970, Geología de Minas, Segunda Edición, Ediciones Omega, España.

- Mata, J. L. 1977, Depósitos Metalíferos de Naica, Chihuahua, Trabajo Recepcional, U. A. S. L. P.
- Ordoñez, E. 1946, Principales Provincias Fisiográficas y Geológicas de la Republica Mexicana. Bol. Instituto de Geología, U. N. A. M.
- Palacios, M. H. 1977, Estudios Geológicos del Distrito Minero de Naica, Chihuahua. Trabajo Recepcional, U. A. S. L. P.
- Park, Ch. F. 1970, Ore Deposits, W. H. Freeman and Company, San Francisco.
- Pettijohn, F. J. 1970, Rocas Sedimentarias, Editorial Universitaria de Buenos Aires.
- Stone, J. G. 1958, Ore Genesis in The Naica District, Chihuahua, México Stanford University, a Dissertation for The Degree of Doctor of Philosophy.
- Stone, J. G. 1959, Ore Genesis in The Naica District, Chihuahua, México.
- Vallejo, A. 1978, Estudio Geológico de Naica, Municipio de Saucillo, Chihuahua. Trabajo Recepcional U. A. S. L. P.
- Wilson, I. F. 1955, Informes, Compañía Fresnillo, S. A. Naica, - Chihuahua, Inéditos.



Legenda

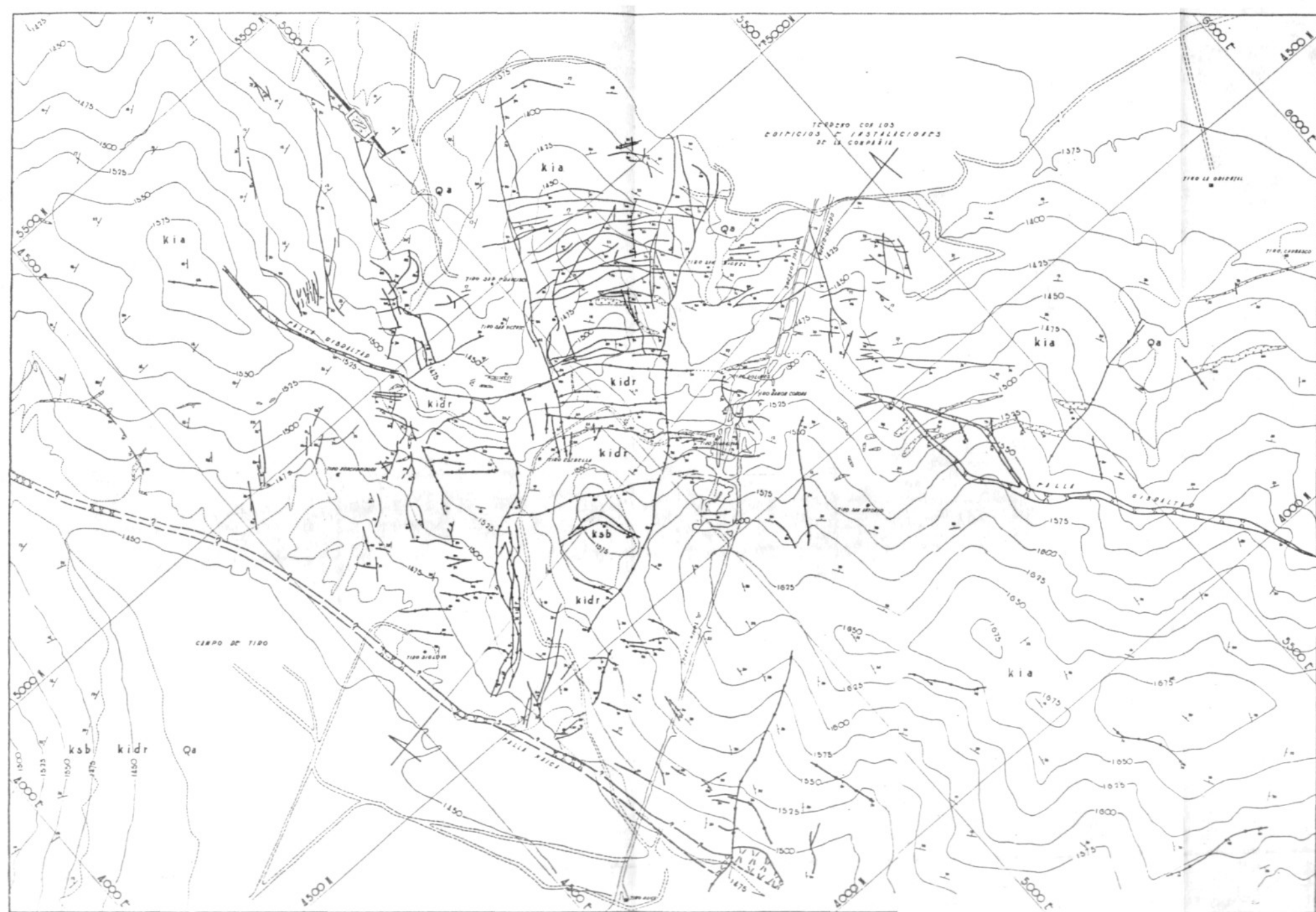
-  ALUZION
-  BARGAS Y LUTITAS CALCAREAS
-  CALIZAS
-  DIQUES
-  PALLAS POSTRINCIDALES
-  PALLAS PORNINCIDALES
-  RUMBO Y POCADO DE POSTRATOS
-  CURVAS DE NIVEL
-  POBLADO (NAICA)
-  NIÑA

1:25,000

Escala Grafica




Universidad Autónoma de S.P.
 ESCUELA DE INGENIERIA
 PLANO FOTOLOGICO
 DE LAS SIERRAS DE
 NAICA, ENMEDIO Y MONARCA
Trabajo Recepcional



Legenda
Simbolos Topográficos

- 1000 — CURVAS DE NIVEL CADA 10 METROS
- CAMINO DE TERRACERIA

Obras Mineras

- TIPOS
- SOCAVON

Simbolos Geológicos

- BURDO Y ESCADO DE PISTONES
- PALLA MINERALIZADA
- PALLA NO MINERALIZADA
- XXX PALLA COARDE BRECHADA
- CONTACTO LITOLÓGICO

Litología

- Qa ALUVION
- ksb PELITITA
- ksb CALIZA BUDA
- kidr LUTITA DEL RIO
- kia CALIZA SUPORA

1:2500
Escala Gráfica



Universidad Autónoma de S.L.P.
 ESCUELA DE INGENIERIA
 PLANO GEOLOGICO
 DEL AREA MINERALIZADA
 Trabajo Recreacional
 CALISTO JUAN ESTEBAN GARCIA