

*Jorge Salas*

T  
553.13  
GAR  
C.3

ESCUELA SUPERIOR  
POLITECNICA DEL LITORAL  
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA DE GEOLOGIA, MINAS Y PETROLEOS

"ESTUDIO GEOLOGICO, MINERO Y EVALUACION ECONOMICA PRELIMINAR  
DEL YACIMIENTO MINERAL DE KUMURANA (POTOSI-BOLIVIA)"

TESIS DE GRADO  
PREVIA A LA OBTENCION DEL TITULO DE  
INGENIERO GEOLOGO



**BIBLIOTECA FICT  
ESPOL**

PRESENTADA POR:  
MILTON GARCIA SALTOS

GUAYAQUIL-ECUADOR  
1.981

**BIBLIOTECA**



**FACULTAD DE ING.  
EN CIENCIAS DE LA TIERRA**

## AGRADECIMIENTOS

Deseo dejar constancia de mi profundo agradecimiento al ING. ALVARO FERNANDEZ C.; Ex-Director Ejecutivo del Servicio Geológico de Bolivia, y al ING. GUILLERMO CORTEZ A. Director del Proyecto de inventariación de la Minería Chica, quienes financiaron y permitieron la realización de este trabajo.

AL ING. REYNALDO MONTAÑO, Coordinador técnico del Proyecto de Inventariación de la Minería chica por su constante asesoramiento y supervisión durante todo el trabajo realizado, tanto en el campo como en Gabinete; y a todo el personal técnico y administrativo de este proyecto, que contribuyeron de una u otra forma a hacer realidad esta tesis de grado.

AL ING. FERNANDO REPETTO, Ex-director del Departamento de Ingeniería de Geología, Minas y Petróleos de la ESPOL; y al ING. JORGE CALLE G., Director de tesis, por la orientación y sugerencias brindadas para la culminación de este trabajo.

*José Valle*

DEDICATORIA

A MIS PADRES

Que con su estímulo y  
amor han hecho posible  
la culminación de este  
trabajo.

**BIBLIOTECA**



**FACULTAD DE ING.  
EN CIENCIAS DE LA TIERRA**



**BIBLIOTECA FICT  
ESPOL**

A MILTON GARCIA Jr.



**BIBLIOTECA FICT  
ESPOL**

ING. JORGE CALLE GARCIA  
*Director de Tesis*

**BIBLIOTECA**



**FACULTAD DE ING.  
EN CIENCIAS DE LA TIERRA**



DECLARACION EXPRESA:

"La responsabilidad por los hechos, ideas y doctrinas expuestos en esta tesis, me corresponden exclusivamente: Y, el patrimonio intelectual de la misma, a la ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL".

(Reglamento de Exámenes y Títulos profesionales de la ESPOL).

MILTON GARCIA SALTOS



**BIBLIOTECA FICT  
ESPOL**

**BIBLIOTECA**



**FACULTAD DE ING.  
EN CIENCIAS DE LA TIERRA**



BIBLIOTECA FICT  
ESPOL

## RESUMEN

El yacimiento estannífero de Kumurana está ubicado en el extremo sur de la Cordillera de Kari-Kari, aproximadamente 53 Km. al SE de la ciudad de Potosí, en la República de Bolivia.

En el área de estudio afloran rocas del Ordovícico, Terciario, y suprayaciendo a estas se presentan depósitos Cuaternarios de poca extensión. Las rocas Ordovícicas consisten de areniscas, lutitas y limolitas; en tanto que las Terciarias están constituidas por un intrusivo granodiorítico; dentro de la cual se alojan todas las estructuras mineralizadas de la mina objeto de este estudio.

Las características del yacimiento determinan el origen hidrotermal de este, en el cual la casiterita es el mineral de mena, que se presenta en asociación de sulfuros y cuarzo principalmente.

Las reservas contables dan un valor de 52.323 TMB, las mismas que pertenecen a una parte de la veta María, mientras que las reservas prospectivas alcanzarían un total de 661.973 TMB que pertenecen a las vetas: María, Lliki, Zapato y Amalia. Los ingresos netos por las reservas con-

VII

tables serían de 2'203.603 US\$, menos un valor estimado de 800.000 US\$ por costos de producción dejarían una utilidad bruta de 1'403.683 US\$.

Para la iniciación de los trabajos en mina y montaje de la planta de tratamiento se estima una inversión aproximada de 630.000 US\$.



**BIBLIOTECA FICT  
ESPOL**

# INDICE GENERAL

	Pág.
RESUMEN	VI
INDICE GENERAL	VIII
INDICE DE ANEXOS	XI
INDICE DE MAPAS	XII
INDICE DE ABREVIATURAS	XIII
1. INTRODUCCION	1
1.1. Objeto de estudio	1
1.2. Estudios anteriores	2
1.3. Método de estudio	2
2. ASPECTOS GEOGRAFICOS	4
2.1. Ubicación y accesibilidad	4
2.2. Orografía e hidrografía	5
2.3. Clima, flora y fauna	6
3. GEOLOGIA REGIONAL	10
3.1. Geomorfología	10
3.2. Estratigrafía	15
3.3. Geología estructural	18
3.4. Geología histórica	20
4. GEOLOGIA DE MINAS	24
4.1. Estratigrafía y geología estructural del yacimiento.	24
4.2. Mineralización	26

BIBLIOTECA



ESCUELA DE ING.  
CIENCIAS DE LA TIERRA

	Pág.
4.3. Estructuras mineralizadas	29
4.4. Sistemas de vetas	29
4.4.1. Descripción de vetas	31
4.5. Consideraciones sobre la génesis del yacimiento.	36
4.6. Análisis petrográficos y mineragráficos.	39
5. GEOLOGIA ECONOMICA	49
5.1. Labores mineras	49
5.1.1. Método de estudio	49
5.2. Cálculo de reservas	52
5.2.1. Muestreo, metodología y análisis.	52
5.3. Clasificación de reservas	56
5.3.1. Factores de corrección	61
5.3.2. Metodología del cálculo de reservas.	64
5.3.3. Resumen de reservas	67
6. ANALISIS ECONOMICO PRELIMINAR	85
6.1. Generalidades	85
6.2. Ingresos totales	86
6.3. Costos estimados	87
6.3.1. Balance de costos e ingresos	92
6.4. Utilidad bruta	93



**BIBLIOTECA FICT  
ESPOL**

	Pág.
7. APLICABILIDAD DEL ESTUDIO EN EL ECUADOR	95
8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	106
ANEXOS	109
CONTENIDO DE PLANOS	155
BIBLIOGRAFIA	156

f

s

	Pág.
7. APLICABILIDAD DEL ESTUDIO EN EL ECUADOR	95
8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	106
ANEXOS	109
CONTENIDO DE PLANOS	155
BIBLIOGRAFIA	156

BIBLIOTECA



FACULTAD DE ING.  
CIENCIAS DE LA TIERRA



INDICE DE ANEXOS

- A. CALCULO DE PESOS ESPECIFICOS
- B. ANALISIS QUIMICOS
- C. ANALISIS PETROGRAFICOS
- D. ANALISIS MINERAGRAFICOS

BIBLIOTECA



FACULTAD DE ING.  
EN CIENCIAS DE LA TIERRA

INDICE DE PLANOS

1. Plano Geológico topográfico
  - 1.a. Perfiles geológicos
  - 2.a. Plano Geológico interior mina Veta María
  - 2.b. Plano geológico interior mina Veta María
  - 3.a. Plano de Muestreo y Planificación de reservas Veta María.
  - 3.b. Plano de Muestreo y Planificación de reservas Veta María.
4. Cortes desmonte Milligan
5. Plano de reservas desmonte Milligan
6. Plano de reservas desmonte Porvenir
7. Plano de reservas colas Ingenio
8. Diamantina y reservas Veta Amalia

## INDICE DE ABREVIATURAS

A	Area
Ag	Plata
Am	Ancho medio
cm <sup>3</sup>	Centímetros cúbicos
DDH	Taladro de diamantina
ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral
GEOBOL	Servicio Geológico de Bolivia
gr.	Gramos
h	Distancia entre perfiles
i	Factor de inclinación
IMCH	Inventariación de la minería Chica
K-Ar	Potasio-Argón
Km	Kilómetros
L	Ley
Lf	Libra fina
Lm	Ley media
m	Metros
m <sup>2</sup>	Metros cuadrados
m <sup>3</sup>	Metros cúbicos
m.a.	Millones de años
mm.	Milímetros
m.s.n.m.	Metros sobre el nivel del mar



BIBLIOTECA FICT  
ESPOL

XIV

N-S-E-W	Norte-Sur-Este-Oeste
Pb	Plomo
Pe	Peso específico
Sen	Seno del ángulo de buzamiento
Sn	Estaño
T.M.B.	Toneladas métricas brutas
T.M.F.	Toneladas métricas finas
T.M.C.	Toneladas métricas de concentrado
U.S.	Dólares americanos
V	Volumen
Zn	Zinc
°	Grados
°C	Grados centígrados
%	Porcentaje
Σ	Sumatoria

BIBLIOTECA



FACULTAD DE ING.  
EN CIENCIAS DE LA TIERRA

## 1. INTRODUCCION

### 1.1. OBJETO DE ESTUDIO

Mediante una pasantía concedida por el gobierno de la República de Bolivia, en base a un convenio celebrado entre la Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL) y el Servicio Geológico de Bolivia (GEOBOL), se ha podido compilar todos los datos e información necesaria, para la ejecución del presente trabajo.

El objetivo principal de este trabajo es aportar datos geológicos, tectónicos, y petrográficos para el estudio genético del intrusivo de Kumurana. También estimar el potencial económico de la mina en base a una evaluación de reservas de la veta Marla, y un estudio geoeconómico del área.

De esta manera podríamos considerar el presente trabajo como una guía práctica para el estudio y posterior determinación del potencial económico, de minas pequeñas encontradas en un área determinada del Ecuador, y que mantengan características similares a las que presentan en Bolivia.

## 1.2. ESTUDIOS ANTERIORES

La mina Kumurana, actualmente encuadrada en el subsector de la minería chica, ha sido trabajada de una forma no racional y bajo la dirección de varios propietarios desde el año 1.915, lapso del que no se tiene ninguna información.

En el año 1.972 el programa de Inventariación de Recursos Minerales de la Minería Chica, del Servicio Geológico de Bolivia ha realizado el registro y descripción de este yacimiento. Posteriormente en el año 1.978 la misma Institución (GEOBOL) ha realizado los estudios investigativos preliminares y el levantamiento topográfico de la mina objeto del estudio.

## 1.3. METODO DE ESTUDIO

Tomando como base el plano topográfico del área de Kumurana, realizado por el proyecto I.M.CH. del Servicio Geológico de Bolivia, se procedió en una primera fase al reconocimiento en detalle de la zona, tanto de Geología de superficie como de las galerías (interior mina).

Como segunda fase se procedió al muestreo sistemático en sólidos (vetas), taqueos, relaves y desmontes.

Como fase final de campo, se realizaron perforaciones a diamantina en las vetas Zapato y Amalia, para de esta manera evaluar las reservas y potencial del yacimiento.

En el laboratorio se han realizado los análisis químicos, petrográficos y minerográficos de todas las muestras obtenidas en el área de trabajo.



BIBLIOTECA FICT  
ESPOL



BIBLIOTECA  
FACULTAD DE INGS.  
EN CIENCIAS DE LA TIERRA



## 2. ASPECTOS GEOGRAFICOS

### 2.1. UBICACION Y ACCESIBILIDAD

El yacimiento estannífero de Kumurana, se halla ubicado en el extremo sur de la Cordillera de Kari-Kari, en las faldas del cerro del mismo nombre. Políticamente pertenece a la jurisdicción del Cantón Cucho Ingenio, Provincia Linares del Departamento de Potosí (República de Bolivia), (Fig. 1).

Está situado en la hoja topográfica Puna N° 6434 I de la carta nacional publicada por el Instituto Geográfico Militar de Bolivia, delimitado por las coordenadas geográficas.

Latitud Sur: 19 45' 30"

19 45' 50"

Longitud oeste: 65 35' 25"

65 35' 50"

La principal vía de acceso al área de estudio es la carretera Potosí-Camargo.

La mina se halla ubicada 53 Km. al SE de Potosí, siguiendo la carretera Potosí-Cucho Ingenio, hasta Can

tuyo con una extensión de 42 Km. siendo esta vía transitable todo el año. De Cantuyo nace un camino hacia el NE para llegar a Jukhucha, con una extensión de 6 Km. siendo únicamente transitable en la época no lluviosa, y hasta la mina existe un camino en mal estado, únicamente para circulación de Jeep con una extensión de 5 Km. Existe otro camino que partiendo de la vía Potosí-Camargo, a la altura de la estancia Chaquilla va hacia el este, hasta llegar a la mina Andacaba, de esta hacia Jukhuca la vía se halla totalmente interrumpida por zanjas, haciéndolo intransitable para cualquier tipo de vehículo (Fig. 2).

## 2.2. OROGRAFIA E HIDROGRAFIA

El área estudiada pertenece a la parte sur de la cordillera de Kari-Kari, esta cordillera presenta un rumbo general N-S con una extensión de 32 Km. de longitud por 12 Km. de ancho aproximadamente.

Su topografía en general es abrupta con elevaciones que pasan los 5.000 metros sobre el nivel del mar. Entre los principales cerros de la región tenemos el Machu Andacaba con una altura de 5.042 m.s.n.m. y el Cerro Kumurana con una altura de 5.057 m.s.n.m. En la parte occidental del área se encuentran los cerros: Umachucu



BIBLIOTECA FICT  
ESPOL

ta con 4.902 m.s.n.m., Cerro Linkó, y otros de menor importancia.

El área de Kumorana es drenada principalmente por el río Andacaba, que nace en la laguna Santa Catalina, ubicada al NW de la mina, luego recibe el nombre de Jukhucha, el mismo que posee un caudal moderado.

Existe un gran número de quebradas, las mismas que intercomunican las lagunas y son de carácter intermitente. Entre las principales lagunas están: Santa Catalina, Mayukhocha, Huaykakhocha, Amalia, Anaruya, Porvenir I y II y otras de menor extensión.

### 2.3. CLIMA, FLORA Y FAUNA

El clima de la región de Kumorana es frígido seco, en los meses de mayo a agosto la temperatura cae debajo de 0°C. No existen estaciones meteorológicas cercanas a la mina, la estación más próxima está en la ciudad de Potosí, de esta fuente se ha obtenido que la temperatura media ambiente es de 9°C y la precipitación media mensual es de 39.3 mm. en los años 1.946 a 1.976.

Debido al clima frígido de esta región, la fauna y flora son muy escasas y típicas de este tipo de clima, en

Entre las principales variedades vegetales existen: Paja Brava (*stipa Tennacissima*), y Vareta, sirviendo esta última como combustible para las actividades domésticas de los pobladores de la región.

Entre las especies animales de la región encontramos principalmente: La llama (*auchenia lana*), oveja, y viscachas (*lagostemus Viscacia*).

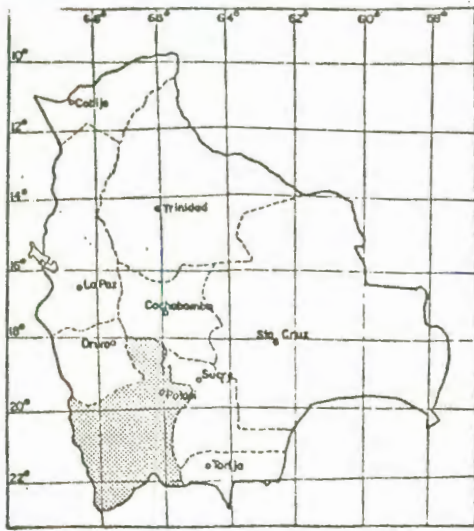
Entre las aves existen el cóndor (*Sarcorhamplus Gryphus*), el águila (*Aguila Fulcra*), la perdiz (*Perdís Rubra*) y las wallatas, estas últimas habitan en las lagunas de la región.

BIBLIOTECA



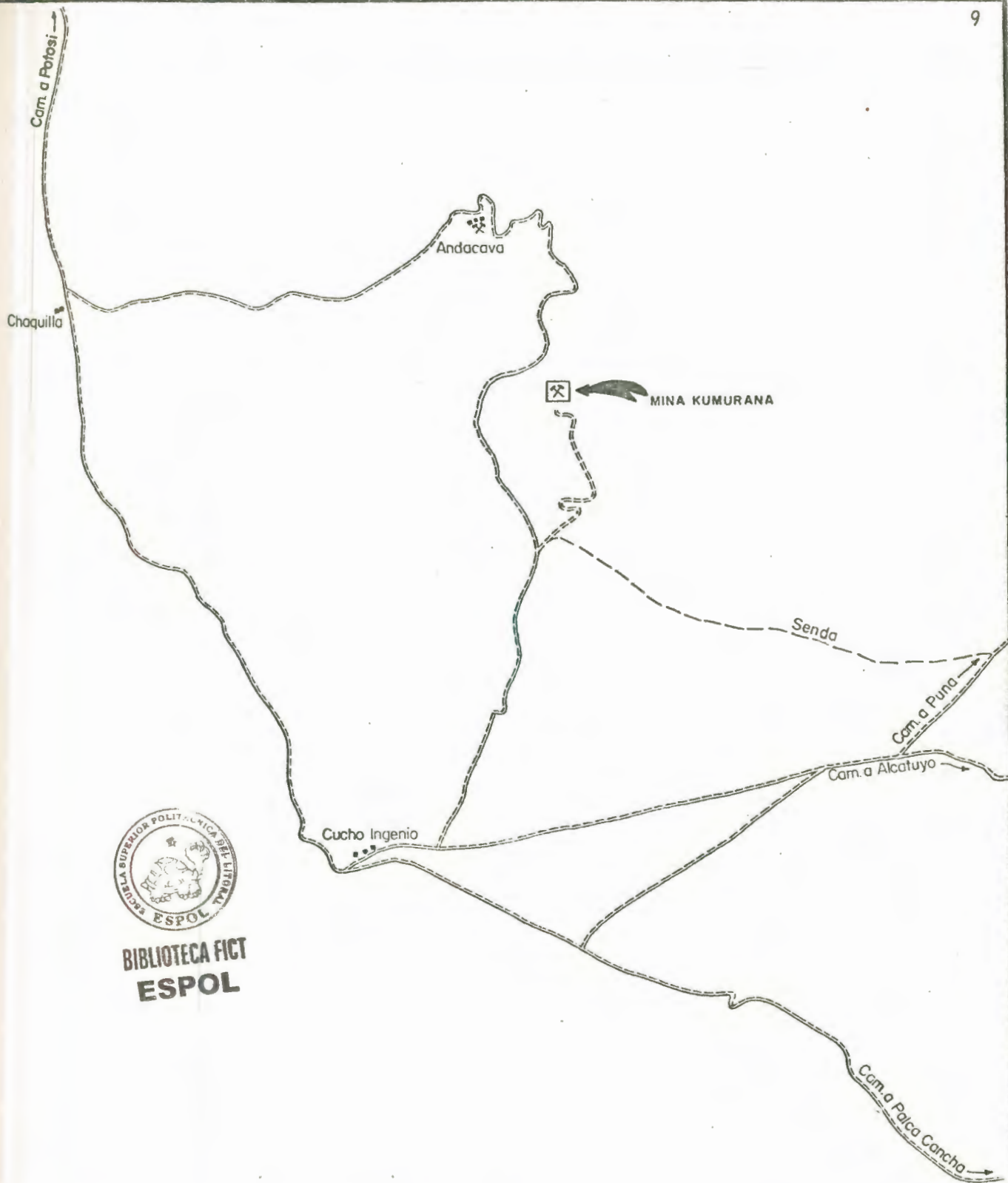
FACULTAD DE ING.  
EN CIENCIAS DE LA TIERRA





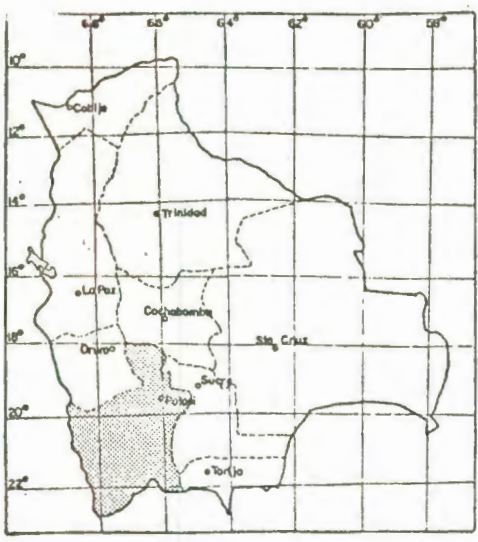
MAPA DE UBICACION

Fig. 1



MAPA DE ACCESO MINA KUMURANA

Fig. 2



MAPA DE UBICACION

Fig. 1



### 3. GEOLOGIA REGIONAL

#### 3.1. GEOMORFOLOGIA

Geomorfológicamente la zona estudiada presenta un relieve positivo, el mismo que ha sido afectado intensamente por la acción de los glaciares, dando lugar a la formación de circos glaciares, valles en U, lagos de origen glacial y depósitos morrénicos.

Las intrusiones han formado elevaciones prominentes como la cordillera de Kari-Kari, que constituye la unidad morfológica más notable del área, tiene una elevación máxima de 5.057 m.s.n.m., en el cerro Kumurama, formando de esta manera las serranías más elevadas de la región.

Entre los agentes geomórficos que más importante rol han jugado en la formación de este paisaje citaremos la acción del agua y la acción del hielo; puesto que su actividad erosiva tanto degradacional como agradacional fué y continúa siendo determinante en la geomorfología de la zona.

ACCION DEL AGUA.- Las precipitaciones pluviales, es -

decir las aguas meteóricas, traen consigo anhídrido carbónico disuelto, y otra pequeña parte se ioniza en  $H^+$  y  $OH^-$ ; todos estos elementos atacan químicamente a las rocas produciendo la destrucción de estas.

Un trabajo muy importante es el que realiza el agua cuando se aloja en los espacios vacíos como diaclasas, fisuras, fracturas y otros, ya que debido al descenso de temperatura el líquido alojado o en circulación se congela, produciendo un aumento de volumen y por consiguiente la destrucción de la roca *in situ*, ya sea en bloques o en clastos menores, los mismos que son transportados por acción de la gravedad, por corrientes de agua o por corrientes de hielo, a niveles inferiores formando de esta manera depósitos de material reciente, como son los "Salleríos" (Fotografías 1 y 3), que abundan en el área de Kari-Kari.

Además con las precipitaciones pluviales, los ríos y las quebradas aumentan su caudal, dándole mayor poder al desgaste tanto longitudinal como transversal, produciendo un socavamiento y ensanche de los valles por los que fluye.

ACCION DEL HIELO.- La nieve y el hielo son agentes importantes en la erosión, producen un desgaste no muy in



Foto N° 1.

*Vista panorámica del circo glacial en el Intrusivo de Kumurana con la presencia de Sallerios y afloramientos de las vetas María y Amarilla.*

FACULTAD D I G.  
EN CIENCIAS DE LA TIERRA



BIBLIOTECA



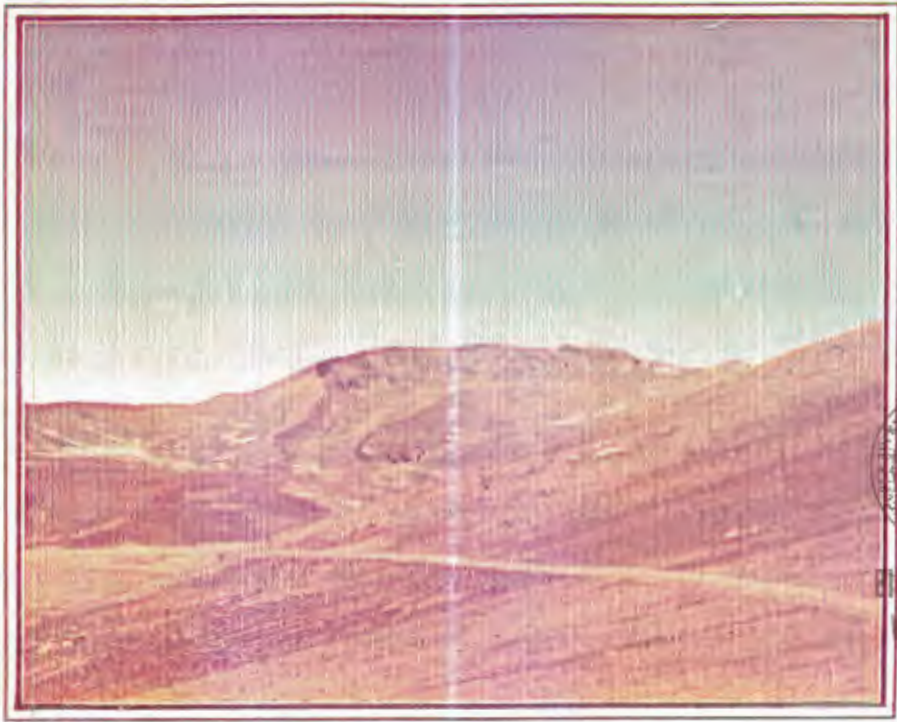
tenso pero constante.

El área estudiada presenta un paisaje típico, producto de una intensa glaciación. La masa de hielo ha tenido una labor intensamente erosiva degradacional en las partes altas, y agradacional en las partes bajas, existen morrenas de pequeña y gran longitud de forma alargada, con dirección principal E-W a lo largo del flanco occidental de la cordillera de Kari-Kari. (Fotografía 2).

El yacimiento mineral de Kumurana, se halla en el circo glaciar formado en el flanco occidental del cerro del mismo nombre, presenta remanentes de morrenas laterales y de fondo; así como también varias lagunas de poca extensión formadas por el socavamiento y posterior fusión de las masas de hielo.

La glaciación ha dado lugar a la desaparición de gran parte del cerro Kumurana, llevando consigo estructuras mineralizadas que se continuaban seguramente con las que en la actualidad se observan (Fotografías 1 y 3).

RIOS Y VALLES.- Son muy pocos los ríos que surcan la zona, siendo el principal el río Jukhucha, este forma un típico valle en V, indicativo de su estado de ju-



FOTOGRAFIA N<sup>o</sup> 2.- Circo glaciar en el flanco occidental de la cordillera de Kari-Kari Fotografía tomada desde la carretera principal Potosí-Cucho Ingenio.



FOTOGRAFIA N<sup>o</sup> 3.- Lagunas glaciares formadas en el Valle en la acción del hielo, que afectó al flanco occidental del Cerro Kumurana. En primer plano la entrada al socavón Porvenir (Veta María).

ventud. Estos mismos valles se han desarrollado en todas las quebradas, que en su mayoría son intermitentes y constituyen afluentes del río Jukhucha, o desembocan en las lagunas allí existentes.

Valles en U, producto de la acción de los glaciares se han desarrollado en las rocas de esta región, en las que aún perduran las marcas de abrasión (estrias) producidas por el movimiento de las masas de hielo (fotografía 3).

### 3.2. ESTRATIGRAFIA

El área objeto del estudio comprende aproximadamente una extensión de  $36 \text{ Km}^2$  de superficie, porcentualmente cubierta por las siguientes unidades:

El 40% por rocas pertenecientes a la era Paleozoica, constituidas por rocas sedimentarias.

El 60% por rocas pertenecientes a la era Cenozoica.

PALEOZOICO.- La unidad litológica paleozoica del área estudiada, pertenece al sistema Ordovícico no diferenciado.

Rocas sedimentarias de este sistema se han distribuí-



do ampliamente ocupando toda la parte occidental del área. En las zonas de afloramientos de este sistema se presentan lutitas y areniscas, alternadas en capas de espesor variable, entre uno y dos metros de potencia.

La falta casi completa de estudios de la zona, así como la no presencia de fósiles, hacen muy difícil la determinación del ambiente de depositación así como de su edad.

#### CENOZOICO

Terciario. - La unidad litológica terciaria, comprende rocas intrusivas que ocupan toda la parte oriental de la zona de estudio, varían desde el tipo abisal hasta el hipabisal en la parte más oriental. (Hoja geológica de Cucho Ingenio).

Granodiorita, de coloración gris blanquecina. equigranular, (1-2 mm. de  $\phi$ ) constituye la principal roca de este sistema.

En la zona de contacto del intrusivo, con las rocas del sistema Ordovícico, se presenta una zona de meta-sedimentos. Las rocas en esta zona se presentan con una coloración gris-verde oscura, con presencia de -



cristales de granate (almandino) y abundante mica negra (biotita) alineada.

## CUATERNARIO

Los sedimentos cuaternarios se caracterizan por la heterogeneidad de su material y están divididos en:

depósitos morrénicos

depósitos aluviales y

depósitos coluviales

Depósitos Morrénicos.- Este material ha sido producto de la erosión glaciaria; se presenta como remanentes de morrenas laterales, de fondo y terminales. Estos depósitos están constituidos por material de diferente diámetro como: bloques, guijarros y fragmentos menores cementados por material arcilloso. Litológicamente, constituyen restos de granodiorita, cuarcitas y rocas sedimentarias del Ordovícico

Los clastos y fragmentos varían de angulosos a redondeados. En la mayoría de estos se puede observar claramente las estrías dejadas por la corriente de hielo que pasó sobre ellos, o los arrastró consigo.

Depósitos Aluviales.- Esta unidad litológica está constituida por depósitos en forma de pequeñas terra

zas y conos de deyección ubicadas en los márgenes del río y en las desembocaduras de las quebradas.

Litológicamente están constituidos por pequeños clastos y granos redondeados a semi-redondeados de arena y limo; todos estos materiales provienen de la erosión del Kari-Kari y de las rocas sedimentarias del Ordovícico.

Depósitos Coluviales. - Están representados por la acumulación de bloques, clastos y fragmentos provenientes de la erosión del intrusivo de Kumurana y de las rocas Ordovícicas.

La acumulación de este material se ha efectuado por acción de la gravedad, y han ocupado las faldas y laderas de los cerros depositándose en forma de conos y abanicos, a los cuales se los denomina con el nombre de Salleríos.

### 3.3. GEOLOGIA ESTRUCTURAL

La zona de estudio, se caracteriza por una carencia notable de estructuras, las direcciones preferenciales de estratificación y fallamiento son NS y NW-SE.

La formación de los pliegues y fallas se debe a fueres.

zas compresionales que han actuado en sentido E-W, es decir perpendicularmente al rumbo de las estructuras de la zona.

FALLAS.- Estas estructuras están presentes en tres tipos diferentes: normales, inversas y transversales.

La principal falla denominada Andacaba-Jukhucha, es observada por 10 Km. aproximadamente. Se considera como una falla inversa, de dirección N-S y atraviesa sedimentos del Ordovícico a lo largo de toda el área. La parte meridional se la puede considerar como una falla de desplazamiento de rumbo y se nota claramente su paralelismo con la estratificación de los sedimentos.

Probablemente ha tenido su origen en una etapa equivalente a la extrusión de las rocas ígneas, creando estas un campo o zona de debilidad que ha sido aprovechado para la formación de la falla.

Le sigue en importancia la falla denominada Kukurana con dirección NE-SW, se encuentra ubicada en la parte noroccidental de la mina, pasando muy cerca a la orilla inferior (sur) de la laguna Sta. Catalina. Es observable en una extensión de 3 Km. aproximadamente, y

corta a la falla Andacaba-Jukucha.

Por las observaciones de campo, se la considera como una falla inversa, considerando al bloque que ascendió, el que contiene a la mina objeto de estudio. Además existen en el interior del circo propiamente dicho una serie de pequeñas fallas todas ellas con direcciones preferenciales N-S y NW-SE (Plano N° 1).

Los pliegues, debidos a esfuerzos regionalmente compresionales que probablemente arranca del Paleozoico medio, son las manifestaciones superficiales de las deformaciones que ha sufrido el basamento. Se destacan apretados anticlinales y amplios sinclinales, todos ellos observables hacia la parte occidental del área de estudio, tienen direcciones principales N-S.

La presencia del stock de Kumurana, es notoria ya que rompe los sedimentos del Ordovícico, para presentarse como la estructura más elevada de la zona.

#### 3.4. GEOLOGIA HISTORICA

Se asume de una manera generalizada la idea de una acumulación de sedimentos en el geosinclinal oriental o pre-andino de Steinmann (Ahlfeld y Branisa 1.960 pp. 217) desde los comienzos del Paleozoico, no siendo una



BIBLIOTECA FICT  
ESPOL



deposición continua, sino más bien provista de muchas interrupciones, la sedimentación y posterior consolidación al parecer se limita a los sistemas Ordovícico y Silúrico.

La no presencia de sedimentos más nuevos del Paleozoico y Mesozoico se pueden interpretar como una falta completa de depositación o hiatus estratigráfico, o de otra manera, una intensa erosión que causó la total desaparición de estos sedimentos.

La cubeta sedimentaria sufrió una lenta y gradual sumersión durante el Ordovícico, constituyendo de esta manera un mar continental con el consiguiente aumento de extensión.

Posteriormente, a principios del Silúrico, ocurrió una glaciación proveniente del sur, y cuya extensión abarcó hasta la región central del país, esto lo corrobora la presencia de las tilitas de la Formación Zapla.

La fisonomía del terreno se ve afectada por el solevamiento de la cordillera, la cual habría plegado, y dislocado sedimentos preexistentes, dando lugar a fallas que se identifican plenamente con dicho solevamiento.

Por comunicación verbal del Dr. Leonardo Branisa, se puede indicar que por determinaciones de edad radiométricas, la formación de la cordillera tuvo lugar hace 180 millones de años, de acuerdo a esta edad se puede pensar que su origen data del Jurásico.

Durante el terciario los eventos epirogénicos se hicieron sentir con mayor fuerza, dando como resultado un levantamiento en bloques, acompañado de volcanismo.

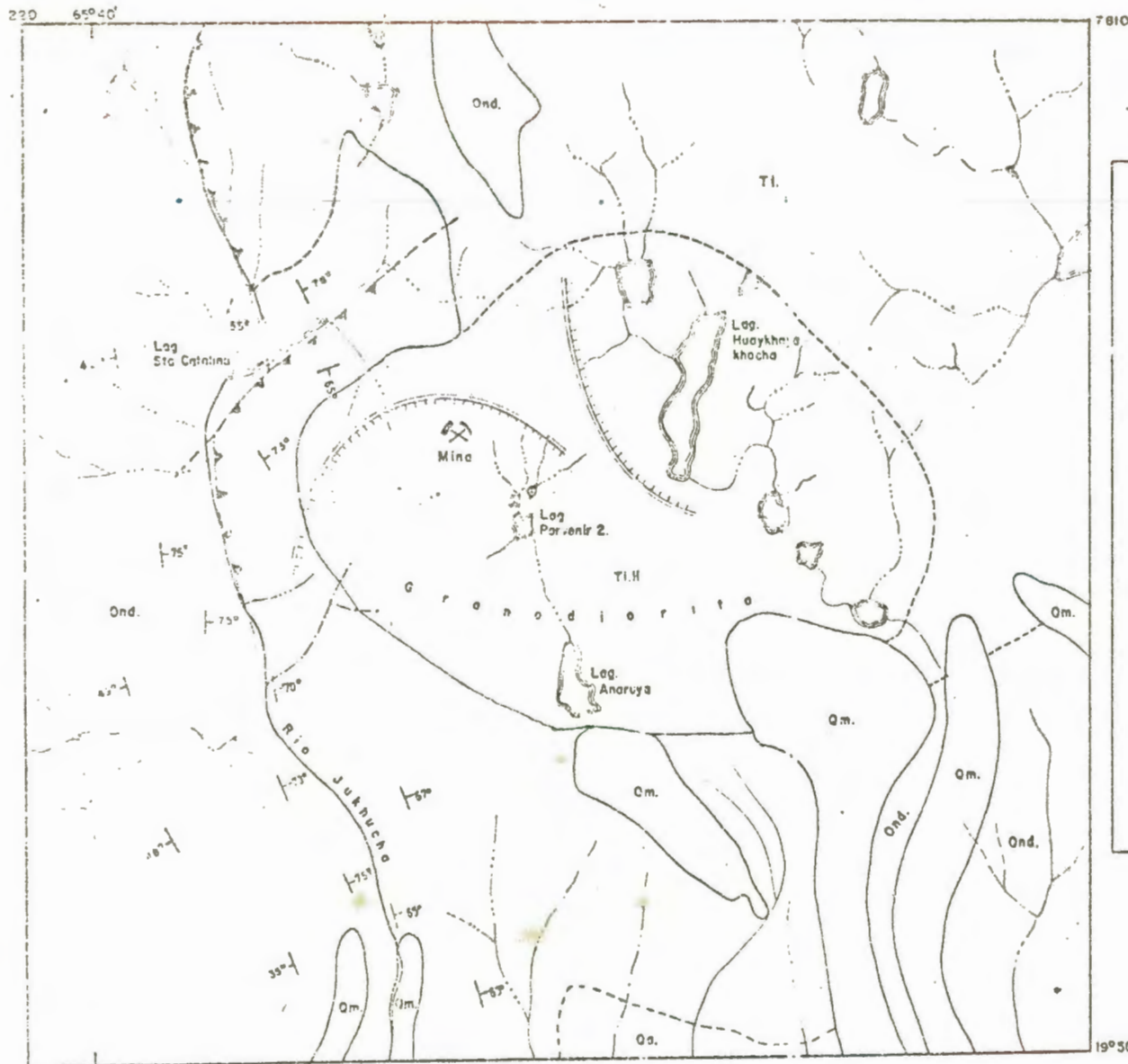
Según información tomada del boletín del Servicio Geológico de Bolivia (Vol. 1 N° 1-1.977). Las edades K-Ar, indican que la actividad ígnea inicial en la región de Potosí estuvo asociada con el emplazamiento del batolito de Kari-Kari, hace 21 millones de años ( $21,72 \pm 32$  millones de años).

Las dataciones indican también que la fase Kumurana es esencialmente de la misma edad que el batolito.

Ahlfeld, propone una fase plutónica de edad miocénica, incluyendo la mineralización del Kari-Kari y una pliocénica para los yacimientos importantes. (Cerro Rico de Potosí 13-14 m.a.). Finalmente durante el Pleistoceno el área de estudio ha sido cubierta por glaciares que dieron una característica geomórfica especial a la región.



PLANO GEOLOGICO REGIONAL "INTRUSIVO-K JMURANA"



REFERENCIAS

- Qa. Cuaternario Aluvial
- Qm Cuaternario Morrenico.
- Ti Terciario Abisal.
- Ti.H Terciario Hipabisal.
- Ond Ordovisico no Diferenciado.
-  Circo Glacial
-  Falla Inversa
-  Rios Permanentes.
-  Quebradas
-  Contacto Inferido.
-  Lagunas.

TESIS DE GRADO por:  
MILTON GARCIA SALTOS.

ESCALA 1:25000

0  1 Km.

Tomada de la hoja geologica Cuenca Ingenio  
Escala: 1:100 000 Editado por el Insti-  
tuto Geografico Militar.

Fig. 3

## 4. GEOLOGIA DE MINAS

### 4.1. ESTRATIGRAFIA Y GEOLOGIA ESTRUCTURAL DEL YACIMIENTO

El yacimiento mineral de Kumurana está constituido por rocas del sistema Ordovícico, Terciario y Cuaternario.

El Ordovícico en esta zona se halla bien representado en toda la parte occidental, aflora en un espesor aproximado de 600 m., consistente de rocas sedimentarias de origen marino. Estas constituyen: areniscas de grano medio, más grueso en la base, de coloración gris claro, estratificadas en bancos macizos de aproximadamente 2 m. de espesor, lutitas intercaladas de color claro (amarillas a blanquesinas) bien estratificadas en bancos de 1 m. de potencia, y muy esporádicos estratos de limolitas verdes de pequeño espesor (menor de 0.50 m.)

Todas las mensuras realizadas en los estratos dan rum bos aproximados N-S y sus buzamientos están hacia el este variando entre los 65° y 75°.

Las rocas del terciario están constituidas únicamente por la intrusión granodiorítica del stock de Kumurana que aflora en la parte central y oriental del área, en contrándose como roca de caja para toda la mineraliza-



ción del yacimiento.

Esta roca presenta un aspecto moteado, granuda de coloración gris-claro, con fenocristales de feldespatos y abundante mica negra. Por dataciones K-Ar, se estima su emplazamiento hace 21 millones de años aproximadamente.

Los depósitos cuaternarios se hallan cubriendo parte de las laderas de los cerros y planicie de la región, estos depósitos se han descrito en detalle en el capítulo anterior bajo el numeral 3.2.

Estructuralmente se puede señalar dentro del yacimiento la presencia de tres sistemas principales de fallas, las mismas que sirvieron como vías de circulación de las soluciones hidrotermales, y posterior depositación, dando así tres sistemas principales de vetas cuya descripción se la realiza más adelante, en el numeral 4.4.

Existe además un número aproximado de 10 pequeñas fallas, todas ellas ubicadas en la parte alta del circo glaciar de este cerro. Sus direcciones son variables, orientadas al centro del yacimiento, dando lugar en esta forma a una estructura de tipo radial. Su formación correspondería a una etapa post-mineral, ya que en ellas no encontramos indicios de mineralización.

#### 4.2. MINERALIZACION

El yacimiento Estannífero de Kumurana ha sido emplazado en el terciario, de origen hidrotermal (mesotermal a epitermal). La mineralización es compleja, expresándose macroscópicamente en superposición de fases mineralógicas diferentes.

El estudio microscópico de secciones pulidas de diferentes muestras tomadas de la veta María, permite establecer la presencia de los siguientes minerales:

cuarzo	esfalerita
casiterita	covelina
pirrotina	marcasita
pirita	jamesonita
arsenopirita	siderita
calcopirita	wolframita
estannina	óxidos de hierro hidratado



**BIBLIOTECA FICT  
ESPOL**

- Cuarzo ( $\text{SiO}_2$ ). - Es el componente mayoritario, se presenta como agregados xenomórficos, aunque también en cristales anhedrales a subhedrales pero en menor cantidad.
- Casiterita ( $\text{SnO}_2$ ). - Se presenta en cristales muy pe



queños de tipo subhedrales, asociados al cuarzo y en parte reemplazada por estannina y cálcopita.

- Pirrotina ( $SFe_{1-x}$ ) y arsenopirita ( $SFeAs$ ).- Ocurren pocos cristales subhedrales dispersos en el cuarzo, o asociados a la estannina, esfalerita y calcopirita.
- Pirita ( $S_2Fe$ ).- Es el segundo mineral en abundancia - en el yacimiento, se presenta como agregados xenófor-micos de aspecto masivo, o como vetillas muy delgadas através del cuarzo; también como cristales subhedrales dispersos en el cuarzo.
- Calcopirita ( $S_2Cu Fe$ ).- Está íntimamente asociada a la casiterita y estannina, presenta exsoluciones de esfalerita y se encuentra en cristales anhedrales.
- Estannina ( $S_4CuFeSn$ ) y Esfalerita ( $SZn$ ).- Su presencia es muy poca, están como pequeñas acumulaciones en los bordes de individuos de calcopirita o como cristales anhedrales alojados en el cuarzo.
- Covelina ( $SCu$ ).- Se encuentra en ínfima proporción, está asociada a la esfalerita y posiblemente deriva de la alteración de la calcopirita.

- Marcasita ( $S_2Fe$ ). - Este mineral se presenta en un porcentaje muy bajo, está ocupando las fracturas y contornos cristalinos, o en cristales subhedrales.
- Jamesonita ( $Sb_6S_{14}Pb_4Fe$ ). - Está asociada a la casiterita y wolframita, se localiza en los bordes y fracturas, o dispersa en el cuarzo.
- Siderita ( $CO_3Fe$ ). - Se encuentra en vetillas a través de la roca o invadiendo a la pirrotina, constituyendo la última fase de mineralización.
- Wolframita  $WO_4 (Fe, Mn)$  .- Se encuentra en cristales xenomórficos, asociado principalmente al cuarzo y casiterita.
- Oxidos de hierro hidratados.- Son productos secundarios, formados por la alteración de la pirita o siderita, se encuentran en forma de vetillas rodeando a cristales de cuarzo o a individuos de pirita.

La casiterita es de grano medio a fino constiuyendo el único mineral de mena, se halla distribuido irregularmente a lo largo de todas las estructuras.

El cuarzo, oxidos de hierro y minerales sulfurosos como pirrotina, pirita, arsenopirita, calcopirita, marcasita



y estannina, constituyen la ganga, los minerales restantes únicamente se hallan como accesorios.

La compleja mineralización encontrada, no significa problemas en el tratamiento metalúrgico donde los sulfuros son fácilmente descartables. (Microfotografías al final).

#### 4.3. ESTRUCTURAS MINERALIZADAS

Las estructuras mineralizadas del yacimiento de Kumurana, son exclusivamente de tipo filoniano, producto del relleno por soluciones hidrotermales de mediana a baja temperatura, de fallas, fisuras, y diaclasas abiertas.

Las vetas son notables por la longitud de sus afloramientos (varios cientos de metros), con potencias que llegan hasta los 2.50 m.

La veta María, por su importancia como estructura ha sido reconocida por labores mineras tanto en sentido vertical como horizontal, esta veta presenta bolsones en las juntas con estructuras menores, y ha sido trabajada intensamente en épocas anteriores.

#### 4.4. SISTEMAS DE VETAS

En el yacimiento podemos diferenciar tres sistemas prin



BIBLIOTECA FICT  
ESPOL

cipales de vetas, agrupación hecha en base a las direcciones que presentan sus afloramientos.

Un primer sistema, considerado el más importante está formado por las vetas María y Llíki, estas vetas pasan de los 600 m. de longitud de afloramientos y su espesor promedio de 2.30 m. La dirección que presentan es  $N45^{\circ}W$ , variando hasta los  $55^{\circ}$  en la veta María, los buzamientos están hacia el NE con una variación de  $65^{\circ}$  a  $80^{\circ}$ .

Al segundo sistema pertenecen las vetas Amalia y Gloria con afloramientos en más de 500 m. de longitud y espesores que varían de 1.30 a 2.30 m. De dirección N-S, con buzamientos variables de  $63^{\circ}$  hasta  $83^{\circ}$  hacia el este. Cabe notar que de este sistema la veta Gloria se halla en rocas ordovícicas.

El tercer sistema lo forman las vetas Zapato, que es la principal de este sistema con 500 m. de afloramiento y un espesor de hasta 2.30 m.

Además consideradas como de menor importancia están las vetas San José, Revilla y Chiri con afloramientos de hasta 150 m. y espesores de hasta 0.40 m.

La dirección que presentan es al NW con una variación de los  $60^{\circ}$  hasta los  $75^{\circ}$  y buzamientos al NE variando de  $62^{\circ}$  hasta  $86^{\circ}$ .

#### 4.4.1. Descripción de vetas

Las vetas más importantes del yacimiento son des  
critas a continuación:

VETA MARIA.- Es la estructura mineralizada más importante de todo el yacimiento, tiene una extensión de 750 m. de afloramiento, con una potencia que varía desde 0.05 m. hasta los 2.30 m. Su rumbo es N 45° - 55°W y su buzamiento 65° - 80°NE.

La mineralización comprende: casiterita, cuarzo, pirrotina, pirita, calcopirita, arsenopirita, es  
tanina y óxidos de hierro.

La roca encajonante es granodiorita, en parte -  
cloritizada y/o sericitizada, presenta una co  
loración gris blanquesina y su textura es equigra  
nular.

Esta veta presenta dos grandes bolsones, el se-  
gundo de los cuales es notable por su incremen-  
to de volumen debido a la junta con varias es-  
tructuras mineralizadas menores (Amarilla, Ani-  
ta, Cayetano).

En estos sectores se han dejado amplios tajos,



BIBLIOTECA FICT  
ESPOL

donde se acumulan posteriormente taqueos provenientes de los trabajos de explotación (Planos 2a - 2b).

VETA AMALIA.- Es la segunda estructura mineralizada en importancia; presenta unos 700 m. de afloramiento y su espesor varía desde los 0.30 m. a un máximo de 1.30 m. en la parte norte. El rumbo que presenta es N-S y su buzamiento varía entre  $69^\circ$  y  $83^\circ$  al E.

La mineralización está constituida principalmente por cuarzo, pirita, óxidos de hierro y casiterita.

La intersección con las vetas Chiri, Revilla, - San Carlos, y otras menores en su extremo norte, posibilitan la formación de bolsones.

La roca de caja, es granodiorita, en parte cloritizada, de coloración gris blanquesina similar a la roca encajonante de la veta María (Fig. 4).

Se efectuaron dos taladros de diamantina para el reconocimiento en profundidad de esta veta, el primer taladro (DDH-1A) con una profundidad total de 102,15 m. cortó la estructura minera-



lizada a los 98 m. y su potencia es de 0.16 m.

Los principales minerales encontrados son: cuarzo, pirita y casiterita; el análisis químico del testigo dió una ley promedio de 0.16% de Sn.

El segundo taladro (DDH-2A) con una profundidad total de 131.60 m., corta la estructura mineralizada a los 128 m., la potencia de la veta en este sector es de 1.11 m. Los principales minerales encontrados fueron casiterita, cuarzo y pirita; obteniéndose del análisis químico del testigo un promedio global para los 1.11 m. de potencia de la veta, una ley de 7.45% de estaño. (Plano N° 8).

VETA ZAPATO.- Esta estructura tiene un afloramiento de 500 m. de extensión aproximadamente, su potencia varía de 0.10 m. a 2.30 m. como máximo. Tiene un rumbo de N 65°- 70°W y buzamiento de 62°- 78°NE; debido a fallas transversales que la han disolcado en bloques, cambia a N 62°- 70°SW en sus extremos observables.

La mineralización comprende principalmente: Cuarzo, pirita, pirrotina, casiterita y óxidos de hierro. La roca de caja es granodiorita similar a la de todo el yacimiento.

Esta veta se halla reconocida por pequeños cateos en superficie y un taladro a diamantina (PDH-12), con una profundidad total de 112,85 m.

La estructura fue cortada a los 108,80 m. con 0,50 m. de espesor, el análisis químico del testigo dió una ley de 0.26% de Sn. (Plano N° 1).

VETA LLIKI.- Esta estructura presenta un afloramiento de aproximadamente 600 m. con un espesor que varía entre los 0.10 y 2.80 m. El rumbo de la veta es N 45°W y su buzamiento es de 65°-80°NE.

La mineralización de esta veta es: cuarzo, pirita, casiterita y óxidos de hierro principalmente, la roca encajonante es granodiorita cloritizada y sericitizada, en parte caolinizada. Esta estructura está reconocida por cateos en superficie y un pequeño socavón (Fig. 5).

VETA SAN JOSE.- Esta estructura aflora en una longitud aproximada de 100 m. con un espesor máximo de 0.26 m. Su rumbo es N 60°W y el buzamiento varía entre 68° y 75°NE.

La mineralización de esta veta comprende: cuar-





zo, casiterita y óxidos de hierro, la roca encajonante es granodiorita del mismo tipo que en las otras estructuras.

La veta está reconocida por afloramientos y un pequeño socavón (Fig. 6).

VETA REVILLA.- Esta estructura aflora en una longitud de 150 m. con una potencia que varía entre 0.18 y un máximo medido de 0.40 m. El rumbo observado es N 70 W y su buzamiento varía entre 77° y 85° al NE.

La mineralización de esta estructura principalmente es: cuarzo, casiterita y óxidos de hierro; la roca encajonante es granodiorita sericitizada y cloritizada. Está reconocida por cateos de superficie y un pequeño socavón (Fig. 7).

VETA CHIRI.- De esta estructura se puede observar apenas 50 m. de afloramiento con un espesor promedio de 0.25 m. El rumbo es N 75°W, y el buzamiento 86°N.

La mineralización está constituida principalmente por cuarzo, casiterita, óxidos de hierro y muy esporádicamente turmalina en pequeños cris.

tales, la roca encajonante es granodiorita, clo-  
ritizada y algo caolinizada.

Esta veta está reconocida por cateos superficia-  
les y un socavón de poco desarrollo. (Fig. 8).

VETA GLORIA.- Aflora en una extensión de 550 m.  
y su potencia varía de 1.0 a 2.50 m. como máximo;  
el rumbo de esta veta es N-S y su buzamiento tie-  
ne dirección E, variando entre  $63^{\circ}$  y  $75^{\circ}$ .

La mineralización de esta estructura consiste de  
óxidos de hierro, cuarzo, esflaerita y posible-  
mente casiterita.

Es de notar que esta veta no se halla dentro del  
intrusivo, pero sí pertenece a la propiedad mine-  
ra de Kumurana, razón por la cual se la ha toma-  
do en este trabajo de una manera muy ligera. Es-  
ta veta ha sido reconocida únicamente por peque-  
pos cateos superficiales. (Plano N<sup>o</sup> 1).

#### 4.5. CONSIDERACIONES SOBRE LA GENESIS

Las vetas del yacimiento se caracterizan por ocu-  
par la parte superior del stock granodiorítico,  
hecho comprobado en base a labores mineras subte-  
rráneas y taladros a diamantina realizados en

las vetas María, Zapato, y Amalia. Las mismas que han determinado la disminución del espesor en profundidad.

Los componentes mayoritarios de la veta son: cuarzo, pirita, arsenopirita, marcasita, calco<sub>2</sub>pirita, casiterita y óxido de hierro hidratados, los restantes minerales se encuentran únicamente como accesorios.

La presencia del wolframio indica la circulación de soluciones ácidas en fase hidrotermal con temperaturas de alrededor de 300°C.

También la turmalinización supone la presencia de condiciones ácidas, debido a la presencia del ácido bórico  $XV(OH, F)_4 B_3Si_6O_{27}$ .

El Zn, Pb, Ag, presentes en la esfalerita, galena y sulfuros de plata, son transportados en condiciones tanto ácidas como alcalinas, perteneciendo al ámbito de los hidrotermales y cuya temperatura de formación va de media a baja (Petrascheck).

La clorita es estable en condiciones básicas, luego la cloritización indicarla la presencia de soluciones alcalinas.

El estaño es un elemento de cristalización residual, que aparece como estannina hidrotermal en magmas ácidos, encontrándose estrechamente ligada al wolframio, la estannina se oxida pasando a  $\text{SnO}_2$  coloidal, el llamado "estaño xiloide".

La arsenopirita y wolframita implican temperatura de formación medianamente altas, de 200 a 300°C.

La presencia de tetrahedrita, calcopirita, siderita, esfalerita, son indicadores de temperatura media a baja (200 a 100°C).

La marcasita es un indicador de temperatura baja, pudiendo esta llegar a los 50°C.

En base a las consideraciones expuestas se puede concluir que: el yacimiento se formó en un ambiente de pH. no muy alejado del neutro, con ligeras variaciones de un ambiente ácido a un ambiente alcalino.

El rango de temperatura de formación es bastante amplio para este yacimiento, pudiendo variar desde los 300° hasta los 50°C encontrándose de esta manera frente a un yacimiento primordial-

mente Mesotermal a Epitermal.

#### 4.6. ANALISIS PETROGRAFICOS Y MINERAGRAFICOS

Los análisis petrográficos y mineragráficos en su totalidad fueron realizados en los laboratorios del Instituto de Química del Servicio Geológico - de Bolivia.

Los resultados de los análisis petrográficos indican la presencia en todo el yacimiento, de un mismo tipo de roca intrusiva correspondiendo ésta a una Granodiorita-Biotítica, cuyos informes enviados del laboratorio se encuentran en el anexo C.



Los análisis mineragráficos en igual forma que los anteriores, han sido efectuados en los laboratorios y por el personal de GEOBOL. De estos análisis se obtienen paragénesis diferentes para cada una de las muestras estudiadas.

Teniendo en cuenta la relación entre los diferentes minerales existentes, se puede estimar tres fases de mineralización importantes.



FASE I: Cuarzo - caiterita - wölframita.

FASE II: Sulfuros

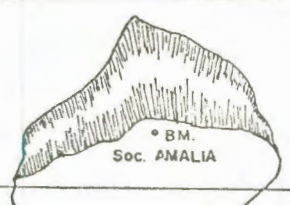
FASE III: Carbonatos (Siderita).

Los informes originales de estos análisis se encuen  
tran publicados en el Anexo D.

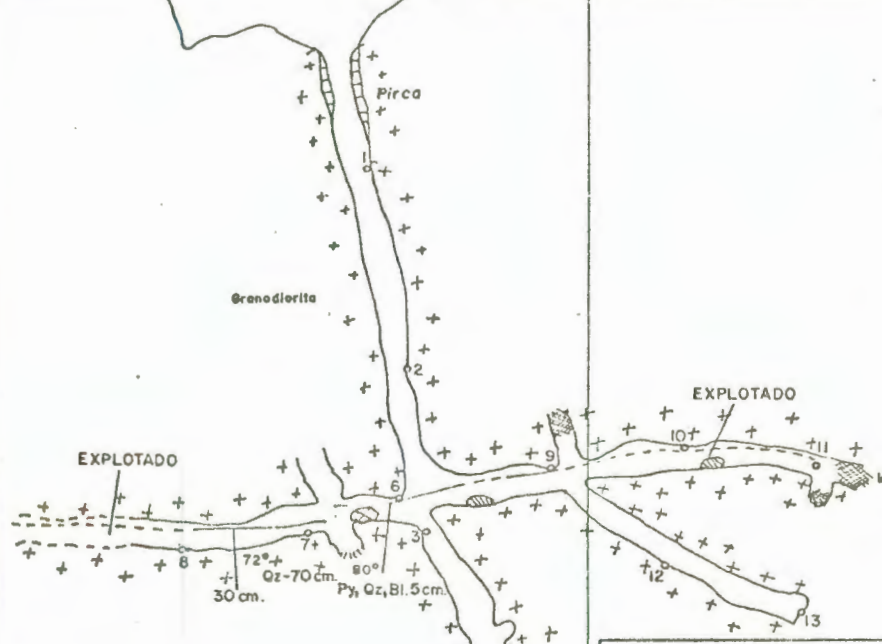


SECCION VERTICAL

Elevación 4479,60



5.450 E



5.400 E

REFERENCIAS

- Veta
- Falla
- Qz. Cuarzo
- Py. Pirita
- Bl. Blenda
- Desmonte
- Inaccesible
- Chimenea
- Pique tapado

ESPOL

DEPTO. ING. GEOLOGIA MINAS Y PETROLEO

PLANO GEOLOGICO  
VETA AMALIA

Mina: KUMURANA

Escala 1: 500

TESIS DE GRADO  
MILTON GARCIA SALTOS

AÑO 1979

Fig. 4

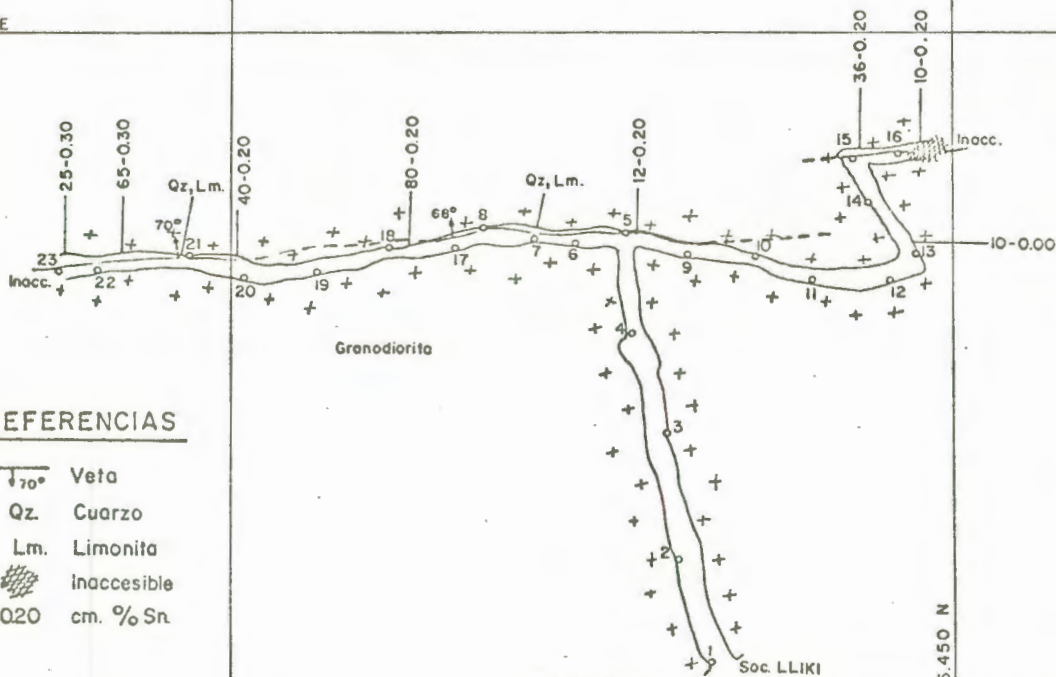
4.500 N



SECCION VERTICAL

Elevación 4720,95

5.400 E



REFERENCIAS

- Veta
- Cuarzo
- Limonita
- inaccesible
- cm. % Sn

5.350 E

5.500 N

ESPOL

DEPTO. ING. GEOLOGIA MINAS Y PETROLEO

PLANO GEOLOGICO  
VETA LLIKI

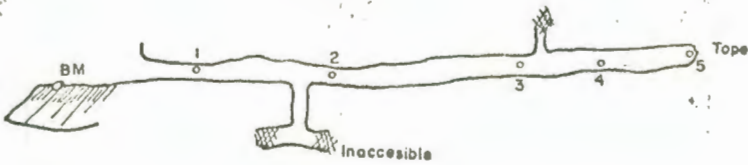
Mina: KUMURANA

Escala 1: 500

TESIS DE GRADO  
MILTON GARCIA SALTOS

AÑO 1979

Fig. 5

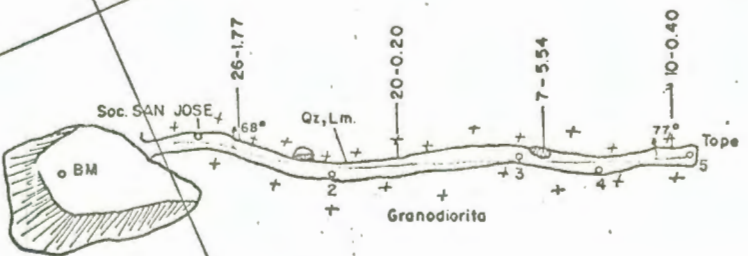


SECCION VERTICAL.

Elevación 4535,05

REFERENCIAS

- Veta
- Qz Cuarzo
- Lm Limonita
- Desmonte
- 26-177 cm. %Sn.
- Chimenea tap.
- Pique



ESPOL

DEPTO. ING. GEOLOGIA MINAS Y PETROLEO

PLANO GEOLOGICO  
VETA SAN JOSE

Mina: KUMURANA

Escala 1:500

TESIS DE GRADO  
MILTON GARCIA SALTOS

AÑO 1979

Fig. 6

3650 E  
4.150 N

5700 E



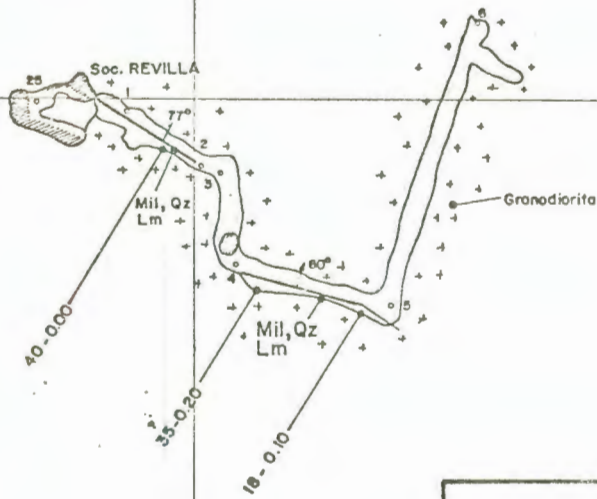
BIBLIOTECA FICT  
ESPOL

SECCION VERTICAL

Elevación 4579,25

REFERENCIAS

- Veta
- Falla
- Qz. Cuarzo
- Lm. Limonita
- Mil. Milonita
- Desmonte
- 18-0.10 cm. % Sn.
- Pique derrumbado



ESPOL

DEPTO. ING. GEOLOGIA MINAS Y PETROLEO

PLANO GEOLOGICO  
VETA REVILLA

Mina: KUMURANA

Escala 1:500

TESIS DE GRADO  
MILTON GARCIA SALTOS

AÑO 1979

Fig. 7






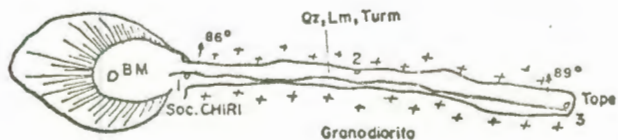
SECCION VERTICAL

Elevación 4571,00

REFERENCIAS

- 78° Veta
- Qz. Cuarzo
- Lm. Limonita
- Turm. Turmalita
-  Desmorte

4700 N



5600 E

4650 N

5550 E

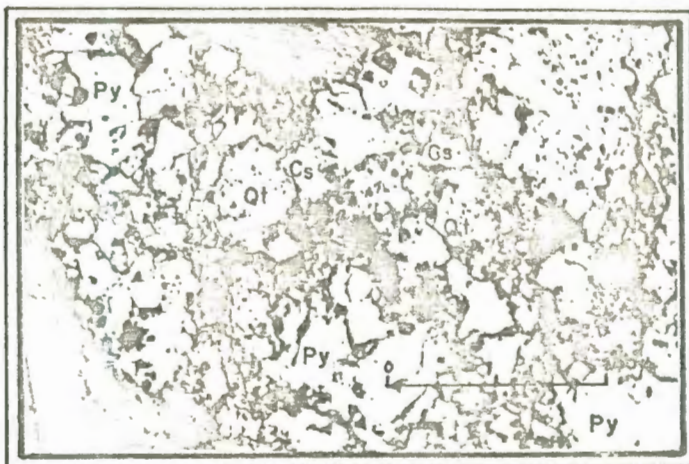
<b>ESPOL</b>	
DEPTO. ING. GEOLOGIA MINAS Y PETROLEO	
<b>PLANO GEOLOGICO</b>	
<b>VETA CHIRI</b>	
Mina: KUMURANA	Escala 1:500
<b>TESIS DE GRADO</b>	
<b>MILTON GARCIA SALTOS</b>	
<b>AÑO 1979</b>	
Fig. 8	

## Fotomicrografía No. 1

Aumento 200 X

Sólido (-14 + 20 )

Casiterita (Cs) de grano fino asociada a Cuarzo (Qt) y Pirita (Py) en asociación compleja.

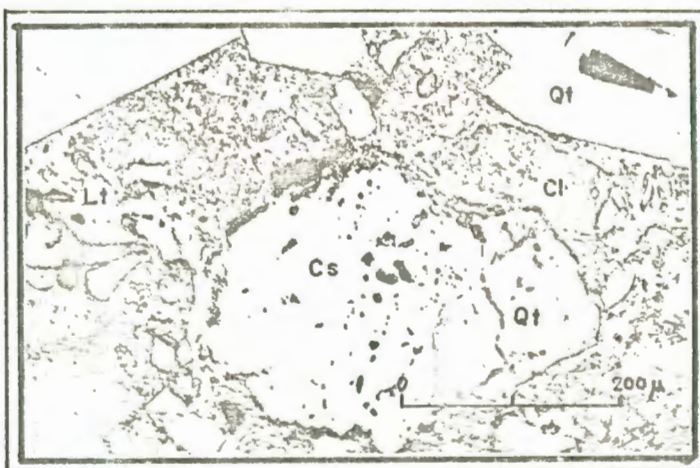


## Fotomicrografía No. 2

Aumento 200 X

Sólido ( - 14 + 20 )

Casiterita (Cs) Xenomórfica asociada a cuarzo (Qt) Clorita (Cl) y limonita (Lt)

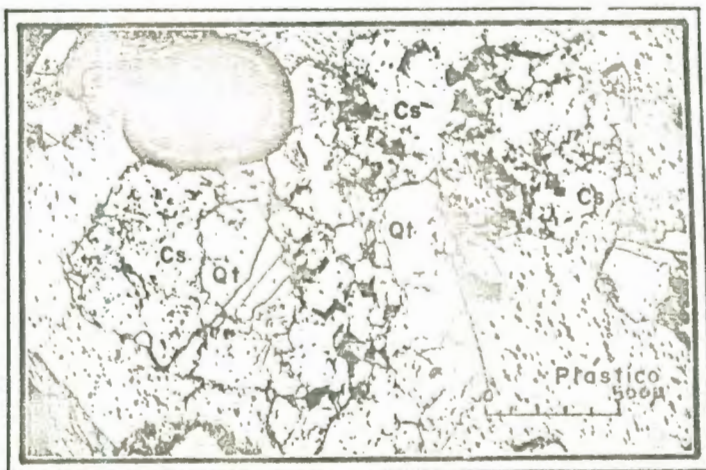


## Fotomicrografía No. 3

Aumento 50 X

Sólido ( - 6 + 14 )

Casiterita (Cs) Xenomórfica de grano grueso asociada a cuarzo (Qt).



## Fotomicrografía No. 4

Aumento 50 X

Milligan (-6 + 14)

Casiterita (Cs) de grano grueso asociado a cuarzo (Qt) en asociación simple



## Fotomicrografía No. 5

Aumento 200 X

Milligan (-14 + 20)

Casiterita (Cs) de grano medio a fino incluida en cuarzo (Qt)



## Fotomicrografía No. 6

Aumento 50 X

Porvenir (-6 + 14)

Casiterita (Cs) de grano grueso asociada a cuarzo (Qt.)



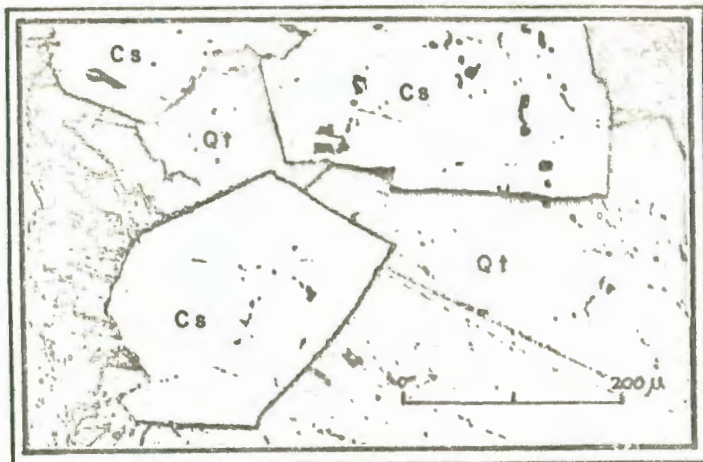


## Fotomicrografía No. 7

Aumento 200 X

Porvenir (-6 + 14)

Casiterita (Cs) Idiomórfica  
de grano grueso asociada a  
cuarzo (Qt).

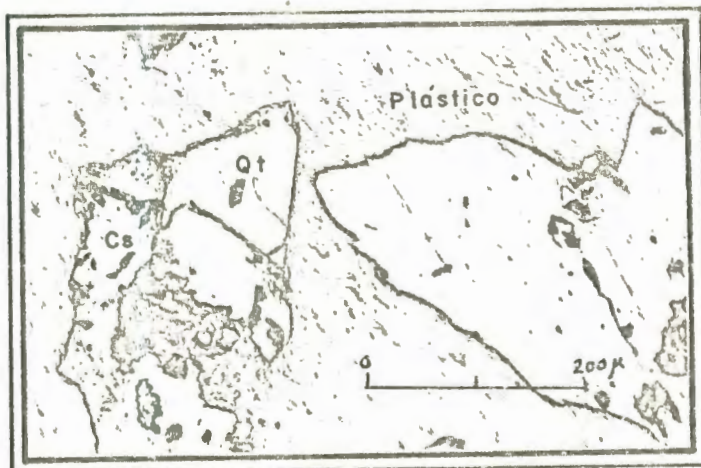


## Fotomicrografía No. 8

Aumento 200 X

Relave (-20 + 35)

Casiterita (Cs) de grano  
medio a fino asociada a  
cuarzo (Qt).



## Fotomicrografía No. 9

Aumento 50 X

Relave (-20 + 35)

Casiterita (Cs) Asociada  
a cuarzo (Qt) en asocia-  
ción lineal simple.



## 5. GEOLOGIA ECONOMICA

### 5.1. LABORES MINERAS

Las labores mineras son medios técnicos de reconocimiento, con los que se logra determinar el valor exacto de la potencia, y el buzamiento del cuerpo mineral, así como también la calidad del material, constituyéndose por tanto en un método directo de reconocimiento.

#### 5.1.1. Método de Estudio

Las labores mineras están subdivididas por su ubicación en:

- a. Superficiales; y
- b. Subterráneas

Y por su posición en el espacio en:

- a. Verticales
- b. Horizontales
- c. Inclinadas

Labores Mineras Superficiales: Dentro de este tipo tenemos:

- a. Zanjas y trincheras, y
- b. Calicatas



Labores Mineras subterráneas: Estas labores se las puede calificar en:

- a. Crucero
- b. Galería por la veta
- c. Recorte
- d. Galería estéril
- e. Contracielo (chimenea)
- f. Corta-Veta
- g. Pozo de mina
- h. Tiro ciego

De estas labores mineras se construyen vertical mente las siguientes:

- a. Pozo de mina
- b. Tiro ciego

Las labores mineras subterráneas horizontales son:

- a. Crucero
- b. Galería por la veta
- c. Recorte
- d. Galería estéril
- e. Corta-Veta

Es de anotar que los llamados socavones están



**BIBLIOTECA**



**FACULTAD DE ING.  
EN CIENCIAS DE LA TIERRA**

incluidos dentro de estas labores ya que son corta-vetas, con la diferencia que están en conec-  
ción directa con la superficie.

Entre las labores mineras subterráneas inclina-  
das, tenemos únicamente a los contracielos, que  
sirven para el transporte (descarga) del mineral  
útil a galerías inferiores, o también para lim-  
piar las galerías, de material estéril. Convir-  
tiéndose de esta manera en labores de interconec-  
ción de las galerías principales construídas en  
el yacimiento.

De todas estas labores descritas, las únicas e-  
xistentes en la mina Kumurana son:

Socavones

Galerías por la veta

Recortes

Cortavetas y

Pequeños contracielos.

Como labores mineras superficiales se construye  
ron zanjás y trincheras en los desmontes Milli-  
gan y Porvenir. También se realizaron trincheras  
en las pilas de las colas.

Todas estas labores han sido utilizadas para el cálculo de reservas tanto en sólidos, como en desmontes y relaves.

## 5.2. CALCULO DE RESERVAS

Pese a la gran cantidad de vetas existentes en el yacimiento mineral de Kumurana, se considera para el presente trabajo únicamente la veta María, tomando en cuenta que es la veta desarrollada en una extensión considerable tanto horizontal como verticalmente. Además se ha incluido en el cálculo de reservas lo concerniente a los desmontes, taqueos y relaves, ya que son los depósitos más estudiados y más próximos a ser trabajados.

### 5.2.1. Muestreo-Metodología y Análisis

El muestreo se ha efectuado de manera diferente para cada veta, dependiendo éste de la importancia dada en ese momento a las diferentes estructuras.

De la misma forma se ha realizado para los desmontes y taqueos, influyendo para esto el volumen en cada uno de los depósitos, a continuación se da un esquema detallado del muestreo realizado a cada uno de los depósitos anteriormente men

cionados.

#### VETA MARIA

El muestreo de esta veta fue encargado en forma sistemática a lo largo de todo el socavón Porvenir, se realizaron canaletas a intervalos de 2 metros cada una (Planos 3a y 3b).

En las galerías poco accesibles, el intervalo de muestreo ha sido irregular, dándose este caso en los niveles Milligan, niveles inferiores al socavón Porvenir y especialmente en el muestreo de las chimeneas.

#### VETA AMALIA

En esta estructura se realizó un muestreo informativo de superficie por el método de canaletas.

Además se realizaron dos perforaciones a diamantina, obteniéndose de esta manera los testigos a lo largo de toda la perforación.

#### OTRAS VETAS

En las vetas, Zapato, Lliki, San José, Revilla, Chiri; únicamente se han obtenido muestras infor



BIBLIOTECA FICT  
ESPOL

mativas por el método de canaletas, tomadas en superficie, y en las pequeñas labores que existen sobre estas vetas.

#### MUESTREO DE CAJA

Los primeros análisis de las muestras tomadas de la roca de caja por el método de canaletas, dieron resultados no positivos en cuanto a contenido de mineral útil, por tal razón no se ha realizado un muestreo sistemático de esta roca.

Las canaletas son realizadas en toda la potencia de la veta, perpendicular al rumbo de esta, tomando como dimensiones un ancho de 10 cm., y de 3 a 5 cm. de profundidad aproximadamente.

#### MUESTREO DE DESMONTES

Los desmontes Milligan y Porvenir se han muestreado por medio de pozos y trincheras.

En el desmonte Milligan los pozos se ubicaron - siguiendo aproximadamente un reticulado de 10 x 10 m. cubriendo de esta manera el mayor volumen posible de material acumulado, en consecuencia - las muestras son representativas de todo el desmonte.



En el desmonte Porvenir, se ubicaron los pozos en base a perfiles longitudinales, con una separación aproximada de 10 metros entre cada perfil. El material extraído de cada metro de profundidad del pozo se somete a pesaje y posterior tamizado; de esta manera se obtienen las muestras según el tamaño de grano y son enviados al laboratorio para sus respectivos análisis.

#### MUESTREO DE TAQUEOS

Para el muestreo de taqueos se ha procedido mediante pozos distribuidos sistemáticamente en la parte superior de estos. En las laterales accesibles, y parte inferior se ha muestreado utilizando canaletas.

#### ANALISIS DE MUESTRAS

Todas las muestras obtenidas en el campo, luego de ser cuidadosamente registradas, fueron cuarteadas y enviadas al laboratorio para que se realicen sus respectivos análisis.

Las muestras tomadas para el análisis químico, han sido estudiadas en diferentes laboratorios, y luego de una comparación se decidió tomar los



resultados proporcionados por GEOBOL (Anexo B).

Las muestras tomadas para los análisis petrográficos, minerográficos y de peso específico fueron enviadas al Instituto de Química de GEOBOL, los resultados se indican en los anexos A-C-D.

Los análisis petrográficos y mineragráficos se han utilizado exclusivamente para determinar la génesis del yacimiento, ya que estos no tienen ninguna aplicación en el cálculo de las reservas.

### 5.3. CLASIFICACION DE RESERVAS

Existe una extensa variedad de definiciones acerca del tipo de reservas y su clasificación.

Una de ellas, que resulta bastante práctica y va de acuerdo a la realidad nacional de la minería en Bolivia, está realizada por el Ministerio de Minería y ejecutada por intermedio del Banco Minero.

El enunciado es el siguiente:

INSTRUCTIVO PARA LA CLASIFICACION DE BLOQUES DE RESERVAS SOLIDAS DE MINA .

El inventario general de minerales en un yacimiento

contempla a la reserva industrial y a la reserva geológica.

1. En la reserva industrial, es básico el factor económico y por consiguiente es de importancia justificar la continuidad de mineralización, tanto en profundidad como en longitud.

La reserva industrial de acuerdo al grado de reconocimiento o riesgo, se clasificará en POSITIVA y PROBABLE.

- 1.1. Bloque positivo: El que está reconocido en dos o más lados, y cuya distribución regular de enriquecimiento en el cuerpo mineralizado es fácil de comprobar.

- 1.2. Bloque probable: Es aquel que está desarrollado por un solo lado, y que encontrándose razonablemente ligado a todos los efectos comercialmente mineros no se encuentra definido por falta de reconocimiento.

2. La reserva geológica.- Para un estudio oficial puede tener, mayor importancia, la determinación tan solo de un potencial futuro de recursos minerales de una mina u otra, o simplemente de una zona o provincia metalogénica con miras a un estudio amplio

de recursos citados.

La reserva geológica se calificará en mineral posible y prospectivo.

2.1. El mineral posible con proyección futura, puede considerarse como la continuación del probable, basado casi exclusivamente en apreciaciones metalogénicas.

2.2. La reserva prospectiva es el área que no ha sido reconocida por labores mineras, pero que por criterios geológicos se supone que continúa la mineralización; puede estimarse en profundidad debajo del último nivel, o en altura desde el nivel superior hacia la superficie. Su extensión se calculará en toneladas mineral, considerando el ancho promedio en las vetas, y su forma puede variar desde una semi-elipse a partir del nivel extremo o de los últimos bloques probables calculados con una altura de  $1/3$  de la longitud, hasta una forma regular (rectángulo o trapecio) si está definido por un ore-shoot (límite de mineralización).



BIBLIOTECA FICT  
ESPOL

Dadas las condiciones de la minería chica en el país (Bolivia); significa que no es posible encontrar yacimientos sistemáticamente desarrollados y preparados, tampoco minas donde se dediquen esfuerzos a la generación de reservas en tonelaje razonable; por el contrario se explota lo mejor que se tiene al alcance y no se prolonga la vida de la mina aún sabiendo que el yacimiento tiene buen potencial:

Estas circunstancias obligan a enfocar la determinación de reservas de una manera más amplia y considerando de gran importancia la información geológica.

Con estos criterios se han determinado las reservas de acuerdo a la siguiente clasificación.

Reservas Positivas. - Son aquellas establecidas en base a un amplio conocimiento geológico del yacimiento, de las dimensiones de los trabajos de desarrollo en la mina, de las características de las estructuras consideradas, del muestreo amplio y sistemático de las vetas, y del mayor grado de reconocimiento del tamaño y forma del cuerpo cuya reserva se calcula, permitiendo realizar el cálculo



con suficiente precisión.

Reservas Probables.- Son aquellas establecidas en base al conocimiento geológico del yacimiento, de las dimensiones de los trabajos de desarrollo en la mina, de las características de las estructuras con sideradas, del muestreo no necesariamente sistemáti co de las vetas, de su conocimiento mediante perforaciones, de su ubicación con relación a las reservas positivas, de la razonable proyección de los cuerpos mineralizados, y del grado de reconocimiento del cuerpo, cuya reserva se calcula, permitiendo realizar el cálculo con aceptable precisión.

Reservas posibles.- Son aquellas establecidas en base a criterios y proyecciones geológicas, de la extensión y distribución de las labores de desarrollo en la mina y de su afloramiento en superficie, de la información disponible sobre las estructuras conocidas y de su ubicación con respecto a bloques de reservas positivas y probables, siendo suficiente algún o ningún muestreo.

Reservas Prospectivas.- Son aquellas determinadas en base a criterios geológicos, donde se tienen pocas o ninguna medición ni muestreo.

Reservas contables (Industriales). - Se consideran reservas contables aquellas que por su ley, ubicación y facilidad de extracción, pueden ser garantía para operaciones bancarias.

Se considera en el proyecto como reservas contables, las positivas y probables, sometidas a un procedimiento de cálculo específico.

### 5.3.1. Factores de corrección

Siguiendo normas establecidas sobre el tratamiento de los valores obtenidos en los diferentes análisis a que se sometieron las muestras para el estudio, se aplican diversos factores de cálculo y corrección, dependiendo de las características del material muestreado.

#### FACTORES DE CALCULO Y CORRECCION PARA VETAS

Los valores de carga muestreados por arranque, dieron valores por encima de los obtenidos a partir de muestras efectuadas en canaletas, por esta razón no se corrigieron las leyes obtenidas - por muestreo mediante canaletas, cuyos valores se han utilizado en los cálculos.

#### FACTOR DE INCLINACION

El factor de inclinación es variable para cada

sector de la veta; para el cálculo se considera esta variación en forma específica para cada bloque.

El rango de fluctuación del factor va desde 1.02 - hasta 1.15.

La inclinación ( $i$ ) es igual a  $1/\text{sen } \alpha$  siendo  $\alpha$  el ángulo de buzamiento de la veta.

$$i = 1/\text{sen } \alpha$$

#### FACTORES DE CALCULO Y CORRECCION PARA DESMONTES, RELAVES Y TAQUEOS

No se han tomado en cuenta los factores de corrección por muestreo y ensayo, en razón de que los análisis de muestras del común, tanto en desmontes como en relaves y taqueos, dieron valores más altos que los obtenidos en el muestreo fraccionado.

Para el cálculo del volumen se consideran los siguientes factores:

DESMONTES:	Por esponjamiento - 15%
RELAVES:	Por contenido de humedad - 10%
TAQUEOS:	Por esponjamiento - 20%



## PESO ESPECIFICO

El peso específico fue obtenido del análisis de varias muestras (Anexo A) y los resultados para cada clase de material son los siguientes:

Desmonte	Porvenir	2.81 gr/cm <sup>3</sup>
Desmonte	Milligan	2.73 gr/cm <sup>3</sup>
Relaves		2.74 gr/cm <sup>3</sup>
Taqueos		2.78 gr/cm <sup>3</sup>

## LEY MEDIA

Para el cálculo de la ley media se ha seguido la siguiente metodología para cada uno de los depósitos objeto de estudio.

## VETAS

La ley media de las vetas se ha obtenido de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$L_m = \frac{\Sigma(\text{anchos} \times \text{ley})}{\Sigma(\text{anchos})}$$

Diluyendo posteriormente esta ley a un ancho mínimo explotable de 0.80 m. (en el caso en que el ancho de la veta es menor a 0.80 m.).

## DESMONTES

La ley de cada desmonte fue calculada en función de las leyes parciales de cada pozo y también a partir de las leyes parciales para tamaño de grano (Cuadros 5-8 y 5-11).

## RELAVES

En los relaves, las leyes de laboratorio se han ponderado en función de las profundidades de cada pozo (cuadro 5-12).

## TAQUEOS

En la parte superior del taqueo se ha establecido la ley media, ponderando leyes y profundidades de cada pozo.

### 5.3.2. Metodología del cálculo de reservas

Para el cálculo de la reserva, se procede de acuerdo al tipo del depósito mineral, aplicando diversas metodologías para cada uno de ellos como se indican a continuación:

#### CALCULO EN VETAS

- a. Cálculo de áreas "A" (utilizando un planímetro polar).



b. Determinación de los anchos medios

$$A_m = \frac{\Sigma (\text{Anchos})}{n(\text{Anchos})}$$

c. Determinación de volúmenes ( $V = A \times A_m$ )

d. Aplicación de factores de corrección (Factor de inclinación).

e. Determinación de toneladas métricas brutas

$$(TMB = V \times P_e)$$

f. Determinación de leyes medias

$$L_m = \frac{(L \times \text{Anchos})}{\Sigma \text{Anchos}}$$

g. Determinación de toneladas métricas finas

$$TMF = TMB \times L_m(\%)$$



BIBLIOTECA FICT  
ESPOL

BIBLIOTECA



FACULTAD DE ING.  
EN CIENCIAS DE LA TIERRA

### CALCULO EN DESMONTES Y RELAVES

- a. Determinación de área (A); se utiliza un planímetro polar.
- b. Determinación del volumen ( $V = 1/2(A_0 + A_1)h_1$ ) para cada perfil del depósito.
- c. Determinación de la ley media "Lm".
- d. Cálculo de toneladas métricas brutas.

$$(TMB = V \times Pe)$$

- e. Aplicación de factores de corrección.
- f. Determinación de toneladas métricas finas.

$$TMF = TMB \times Ley (\%)$$

### CALCULO EN TAQUEOS

- a. Cálculo de Área. "A"
- b. Cálculo de Volumen "V"
- c. Determinación de toneladas métricas brutas. "TMB".

**BIBLIOTECA**



**FACULTAD DE ING.  
EN CIENCIAS DE LA TIERRA**

- d. Aplicación de factores de corrección.
- e. Determinación de la Ley media "Lm"
- f. Cálculo de toneladas métricas finas ("TMF"  
= TMB x Lm %)

#### DETERMINACION DE RESERVAS CONTABLES

Para la determinación de las reservas contables<sup>t</sup> (industriales), se han aplicado en el cálculo diversos factores de corrección de tonelaje, tanto para las vetas como también para los desmontes, taqueos y relaves (Cuadro 5-16).

Las correcciones aplicadas son:

VETAS: Por clasificación - 10% en positivas y  
-20% en probables.

Por explotación: -10%

Por dilución o sobrerajado + 10%

DESMONTES: Por clasificación: -10% en positivas

Por descaje: -10%

RELAVES: Por clasificación: -10% en positivas

Pérdidas por explotación: - 10%

Por descaje: - 10%

#### 5.3.3. Resumen de reservas

En base a todos los parámetros citados se han



**BIBLIOTECA FICT  
ESPOL**

calculado las reservas de los distintos depósitos, las mismas que se presentan en los cuadros expuestos a continuación, y cuyo tonelaje asciende a 52.323 TMB.

Tomando en cuenta el total de 52.323 TMB de material a explotarse se ha hecho las siguientes consideraciones:

1. En el País se respetan de sobremanera los días feriados, por tanto en el mes únicamente se trabajarán 25 días como promedio general.
2. Por causas extrañas como fallas en el flujo eléctrico o maquinarias se tendrían paralizaciones momentáneas en el normal trabajo de la planta, por lo cual se ha tomado como pérdida promedio de tratamiento la cantidad de 1 T.M.B. por día.
3. Para nuestro cálculo tendríamos por consiguiente que utilizar los datos como se expresan:

En un mes  $44 \text{ TMB} \times 25 \text{ días} = 1.100 \text{ T.M.B./mes}$   
 Vida media de la Mina:  $52.323 \div 1.100 = 47.57 \text{ meses}$   
 Vida de la Mina: 4 años.

CUADRO N° 5-1  
RESERVAS SOLIDAS VETA

% Sn > 1.00%

BLOQUE N°	CLASE	AREA m <sup>2</sup>	ANCHO m	VOLUMEN m <sup>3</sup>	P.E.	FACTOR DE INCLINACION	T.M.B.	% Sn	T.M.F.
M-05-78	Positivo	1.048,0	1,09	1.142,3	3,03	1,03	3.565,0	2,38	84,85
M-04-78	Positivo	1.210,0	1,11	1.343,1	3,03	1,04	4.232,4	1,20	50,79
M-10-A-78	Positivo	656,6	0,86	564,7	3,03	1,09	1.865,0	1,07	19,96
M-12-A-78	Positivo	304,0	1,01	307,0	3,03	1,05	976,8	1,33	12,99
M-13-A-78	Positivo	441,0	0,82	361,6	3,03	1,04	1.139,5	2,90	33,05
TOTAL							11.778,7	1,71	201,64

RESERVAS SOLIDAS VETA MARIA

% Sn < 1.00%

M-09-A-78	Positivo	672,0	0,92	618,2	3,03	1,13	2.116,3	0,51	10,80
M-13-78	Positivo	208,0	0,86	178,9	3,03	1,03	558,3	0,51	2,85
M-14-78	Positivo	720,0	0,98	705,6	3,03	1,13	2.415,9	0,46	11,11
M-15-78	Positivo	832,0	0,95	790,4	3,03	1,12	2.682,3	0,42	11,27
M-16-78	Positivo	1.819,4	0,86	1.564,7	3,03	1,08	5.120,3	0,31	15,87
M-48-78	Positivo	1.387,5	1,03	1.429,1	3,03	1,09	4.720,0	0,60	28,32
M-49-78	Positivo	525,0	0,97	509,2	3,03	1,02	1.573,9	0,48	7,55
M-50-78	Positivo	268,0	0,84	225,1	3,03	1,03	702,6	0,14	0,98
M-51-78	Positivo	402,0	0,84	337,7	3,03	1,02	1.043,6	0,19	1,98
TOTAL							20.933,7	0,43	90,73

FACULTAD DE ING.  
EN CIENCIAS DE LA TIERRA



BIBLIOTECA



CUADRO N° 5-2  
RESERVAS SOLIDAS - VETA MARIA  
% Sn > 1.00%

BLOQUE	CLASE	AREA m <sup>2</sup>	ANCHO m	VOLUMEN m <sup>3</sup>	P.E.	FACTOR DE INCLINACION	T.M.B.	% Sn	T.M.F.
M-02-78	Probable	459,0	1,40	642,6	3,03	1,03	2.005,5	1,13	22,66
M-06-78	Probable	1.230,0	1,11	1.365,3	3,03	1,04	4.302,3	1,20	51,63
M-10-B-78	Probable	577,5	0,86	496,6	3,03	1,09	1.640,3	1,07	17,55
M-12-B-78	Probable	162,0	1,01	163,6	3,03	1,05	520,6	1,33	6,92
M-13-B-78	Probable	860,0	0,82	705,2	3,03	1,04	2.222,2	2,90	64,44
M-19-78	Probable	1.170,0	1,09	1.275,3	3,03	1,03	3.980,1	2,38	94,73
M-21-78	Probable	848,2	0,90	763,4	3,03	1,07	2.475,0	1,06	26,23
M-22-78	Probable	1.260,0	1,27	1.600,2	3,03	1,06	5.139,5	2,65	136,20
M-23-78	Probable	828,0	1,07	886,0	3,03	1,08	2.899,2	4,59	133,07
<b>TOTAL</b>							25.184,70	2,20	553,43

BIBLIOTECA FIC  
ESPOL



CUADRO N<sup>o</sup> 5-3  
RESERVAS SOLIDAS - VETA MARIA

% Sn < 1,00

BLOQUE	CLASE	AREA m <sup>2</sup>	ANCHO m.	Volumen m <sup>3</sup>	P.E.	Factor de inclinación	T.M.B.	% Sn	T.M.F.
M-00-78	Probable	569,7	0,94	535,6	3,03	1,02	1.655,2	0,08	1,32
M-01-78	Probable	468,0	1,14	554,0	3,03	1,03	1.721,1	0,15	2,59
M-05-78	Probable	510,0	0,91	464,1	3,03	1,04	1.462,5	0,11	1,61
M-07-78	Probable	620,0	0,80	496,0	3,03	1,00	1.502,9	0,14	2,10
M-08-78	Probable	612,0	0,83	507,9	3,03	1,10	1.693,0	0,10	1,69
M-09-B-78	Probable	336,0	0,92	309,1	3,03	1,13	1.058,4	0,51	5,40
M-11-78	Probable	1.302,0	0,83	1.080,7	3,03	1,03	3.372,6	0,09	3,04
M-17-78	Probable	780,0	0,84	655,2	3,03	1,15	2.283,0	0,54	12,33
M-33-78	Probable	915,0	0,82	750,3	3,03	1,05	2.387,1	0,11	2,63
M-34-78	Probable	930,0	0,82	762,6	3,03	1,07	2.472,4	0,17	4,20
M-35-78	Probable	660,0	0,84	554,4	3,03	1,15	1.931,8	0,54	10,43
M-36-78	Probable	870,0	0,82	713,4	3,03	1,05	2.269,7	0,11	2,50
M-37-78	Probable	870,0	0,82	713,4	3,03	1,07	2.312,9	0,17	3,93
M-41-78	Probable	594,5	1,03	612,3	3,03	1,07	1.985,3	0,28	5,56
M-43-78	Probable	651,0	1,03	670,5	3,03	1,07	2.173,9	0,28	6,09
M-52-78	Probable	202,0	0,96	193,9	3,03	1,04	611,1	0,15	0,92
							30.900,9	0,21	66,34

CUADRO N° 5-4

RESERVAS SOLIDAS - VETA MARIA

% Sn > 1.00%

BLOQUE	CLASE	AREA m <sup>2</sup>	ANCHO m	VOLUMEN m <sup>3</sup>	P.E.	FACTOR DE DILUCION	T.M.B.	% Sn	T.M.F.
M-18-78	Posible	510	1,40	714,0	3,03	1,03	2.228,3	1,13	25,28
M-24-78	Posible	1.005,0	0,90	904,5	3,03	1,07	2.932,5	1,06	31,08
M-25-78	Posible	1.260	1,27	1.600,2	3,03	1,06	5.139,5	2,65	136,20
M-26-78	Posible	750	1,07	802,5	3,03	1,08	2.626,1	4,59	120,54
M-28-78	Posible	1.050	0,86	903,0	3,03	1,09	2.982,3	1,07	31,91
M-31-78	Posible	1.125	0,86	967,5	3,03	1,04	3.048,8	2,90	88,41
M-55-78	Posible	1.170	1,09	1.275,3	3,03	1,03	3.980,1	2,38	94,73
M-56-78	Posible	1.230	1,11	1.365,3	3,03	1,04	4.302,3	1,20	51,62
TOTAL							27.239,9	2,13	579,67

RESERVAS SOLIDAS - VETA MARIA

% Sn < 1.00%

BLOQUE	CLASE	AREA m <sup>2</sup>	ANCHO m	VOLUMEN m <sup>3</sup>	P.E.	FACTOR DE DILUCION	T.M.B.	%Sn	T.M.F.
M-20-78	Posible	510,0	0,91	469,1	3,03	1,03	1.448,4	0,11	1,59
M-27-78	Posible	1.170,0	0,87	1.017,9	3,03	1,10	3.392,7	0,31	10,52
M-29-78	Posible	1.020,0	0,83	846,6	3,03	1,03	2.642,2	0,09	2,38
M-53-78	Posible	540,0	1,14	615,6	3,03	1,03	1.921,2	0,15	2,88
TOTAL							9.404,5	0,18	17,37

## CUADRO N° 5-5

## RESUMEN GENERAL DE RESERVAS SOLIDAS - VETA MARIA

CLASE	T.M.B.	% Sn	T.M.F.
Positivo < 1,00 % Sn	11.778,70	1,71	201,64
Positivo > 1,00 % Sn	20.933,70	0,43	90,73
Probable < 1,00 % Sn	25.184,70	2,20	553,43
Probable > 1,00 % Sn	30.900,90	0,21	65,34
Posible < 1,00 % Sn	27.239,90	2,13	579,67
Posible > 1,00 % Sn	9.404,40	0,18	17,37
<b>T O T A L</b>	<b>125.442,30</b>	<b>1,20</b>	<b>1.508,18</b>



**BIBLIOTECA FICT  
ESPOL**



**BIBLIOTECA**  
**FACULTAD DE ING.  
EN CIENCIAS DE LA TIERRA**

CUADRO N° 5-6  
RESERVAS DEMOSTRADAS (Sólido) - VETA MARIA

BLOQUE	CLASE	T.M.B.	% Sn	T.M.F.
M-03-78	Positiva	3.565,0	2,38	84,85
M-04-78	Positiva	4.232,4	1,20	50,79
M-10-A-78	Positiva	1.865,0	1,07	19,96
M-12-A-78	Positiva	976,8	1,33	12,99
M-13-A-78	Positiva	1.139,5	2,90	33,05
<b>TOTAL</b>		<b>11.778,7</b>	<b>1,71</b>	<b>201,64</b>
M-10-B-78	Probable	1.640,00	1,07	17,55
M-12-B-78	Probable	520,5	1,33	6,92
M-13-B-78	Probable	2.222,00	2,90	64,44
<b>TOTAL</b>		<b>4.382,56</b>	<b>2,03</b>	<b>88,91</b>



CUADRO N° 5-7

RESUMEN DE ANALISIS DE TAMIZACION DE POZOS DESMONTE MILLIGAN (Grande)

TAMAÑO DE GRANO (pulgada)	PESO POR TAMAÑO DE GRANO Kg	% Sn	CONTENIDO FINO Kg
+ 2	24.656,00	0,38	92,9132
+ 1	5.962,80	0,70	41,7111
+ 1/2	2.247,10	0,87	19,6136
- 1/2	7.883,50	0,89	70,5349
TOTAL	40.749,40	0,55	224.7728

CALCULO DE VOLUMEN Y T.M.B. DESMONTE MILLIGAN

A <sub>1</sub> m <sup>2</sup>	A <sub>2</sub> m <sup>2</sup>	$\frac{A_1 + A_2}{2m^2}$	Distancia h(m)	Volumen -15% m <sup>3</sup>	Volumen m <sup>3</sup>	P.E.	T.M.B.
0	26	13,0	9,0	99,5	117,0	2,73	271,6
26	59,6	42,8	10,4	378,3	445,1	2,73	1.032,8
59,6	119,2	89,4	9,0	683,9	804,6	2,73	1.867,0
119,2	206,4	162,8	10,8	1.494,5	1.758,2	2,73	4.080,0
206,4	168,8	187,6	9,2	1.467,0	1.725,9	2,73	4.004,9
168,8	152,8	160,8	9,8	1.339,4	1.575,8	2,73	3.656,6
152,8	109,6	131,2	10,8	1.204,5	1.417,0	2,73	3.288,3
109,6	0	54,8	10,0	465,8	548,0	2,73	1.271,6
TOTAL				7.132,9	8.391,6	2,73	19.472,8

CUADRO N<sup>o</sup> 5-8

## CALCULO DE LEY MEDIA DESMONTE MILLIGAN

POZO	PESO Kg.	% Sn	Contenido Fino Kg.
MA-1	1.427,80	0,45	6,4541
MB-1	1.824,00	0,61	11,1650
MC-1	2.606,90	0,22	5,8025
MC-2	2.113,80	0,38	7,9833
MD-1	2.690,40	0,28	7,3988
MD-2	3.576,30	0,83	29,5728
MD-3	1.841,80	0,61	11,3123
ME-1	1.961,00	0,61	12,0549
ME-2	3.101,10	1,56	48,2550
ME-3	1.665,80	0,62	10,4016
MF-1	1.878,20	0,31	5,8950
MF-2	2.800,60	0,40	11,3093
C	1.546,20	0,15	2,3949
E	1.019,30	1,13	11,5087
H	588,40	0,58	3,4360
R	1.209,10	0,23	2,8339
D	1.374,00	0,78	10,6990
F	869,10	1,12	0,7209
I	861,50	0,23	2,0042
G	977,40	0,04	0,4092
A	915,50	0,58	5,2786
Q	1.829,60	0,16	2,8634
T	2.071,60	0,29	6,0194
<b>TOTAL</b>	<b>40.749,40</b>	<b>0,55</b>	<b>2<sup>2</sup>4,7728</b>

## CUADRO N° 5-9

## RESERVAS DESMONTES MILLIGAN GRANDE Y CHICO

T.M.B.		% Sn	T.M.F.
Milligan Grande	19.473	0,55	107,10
Milligan Chico	1.939	0,22	4,27

CUADRO N° 5-10

RESUMEN DE ANALISIS DE TAMIZACION DE POZOS DESMONTE PORVENIR

TAMAÑO DE GRANO (pulgadas)	PESO POR TAMAÑO DE GRANO Kg	% Sn	CONTENIDO FINO
+ 2"	9.020,30	0,50	45,4734
+ 1"	3.570,10	0,72	25,8084
+ 1/2"	1.652,60	0,68	11,2740
- 1/2"	7.295,10	0,72	52,4971
TOTAL	21.538,10	0,63	135.0529

CALCULO DE VOLUMEN Y TMB. DESMONTE PORVENIR

SECTOR	A <sub>1</sub> (m <sup>2</sup> )	A <sub>2</sub> (m <sup>2</sup> )	$\frac{A_1 + A_2}{2}$	h (m)	Volumen (m <sup>3</sup> )	Volumen - 15%	P.E.	TMB
A	0	70,6	35,3	2,43	85,8	72,9	2,8	204,1
B	70,6	132,6	101,6	14,45	1.468,1	1.247,9	2,8	3.494,1
C	132,6	104,4	118,5	12,40	1.469,4	1.249,0	2,8	3.497,2
D	104,4	0	52,2	11,04	576,3	489,9	2,8	1.371,7
TOTAL					3.599,6	3.059,7	2,8	8.567,1

## CUADRO N° 5-11

## CALCULO DE LA LEY MEDIA DESMONTE PORVENIR

POZO	Kg Brutos	% Sn	Kg finos
A-1	925,50	0,70	6,4445
A-2	1.761,50	0.46	8,0440
A-3	905,00	0,56	5,0775
A-4	612,00	0,18	1,0790
B-1	4.372,00	0,42	18,3495
B-2	2.899,60	1,03	30,1174
B-3	3.168,30	0,49	15,5517
C-1	3.680,10	0,83	30,4374
C-2	2.103,20	0,72	15,2330
C-3	1.110,90	0,42	4,7189
	21.538,10	0,63	135,0529

## RESERVAS DESMONTE PORVENIR

T.M.B.	% Sn	T.M.F.
8.567	0.63	53,97

BIBLIOTECA

FACULTAD DE ING.  
EN CIENCIAS DE LA TIERRA



CALCULO DE LEY MEDIA - RELAVES INGENIO

SECTOR	Nº POZO	TOTAL PROF. (m)	PROFUNDIDAD PARCIAL m.	% Sn	% Sn y PROF. PARCIAL	% Sn POZO	% Sn SECTOR
III <sub>1</sub>	C-1	2,20	0 - 1,20	1,01	1,212	0,96	0,96
			1,20 - 2,20	0,90	0,900		
III	C-2	1,52	0 - 0,90	0,70	0,630	0,83	0,83
			0,90 - 1,52	1,01	0,626		
			0 - 1,00	0,90	0,900		
IV	C-3	1,70	1,00 - 1,70	1,01	0,707	0,94	1,02
			0 - 1,75	1,21	2,117		
	C-4	1,75	0 - 1,50	0,90	1,350	0,90	
			0 - 0,80	0,60	0,480		
I	C-6	1,70	0,80 - 1,70	0,70	0,630	0,65	1,22
			0 - 1,70	2,11	3,590		
	C-7	1,70	0 - 1,50	1,51	2,265	1,51	
			0 - 1,50	0,60	0,900		
II	C-8	1,50	0 - 1,40	0,70	0,980	0,70	0,80
			0 - 1,35	0,90	1,215		
V	C-9	1,50	0 - 1,90	0,70	1,330	0,70	0,80
			0 - 2,80	0,80	2,240		
	C-10	1,40	2,80 - 5,30	1,31	3,275	1,04	
			0 - 1,40	0,70	0,980		
C-11	1,35	1,40 - 3,40	0,80	1,600	0,91	0,91	
		3,40 - 4,40	1,41	1,410			
		0 - 1,10	0,70	0,770			
C-12	1,90	5,30	0 - 1,40	0,70	0,980	0,70	0,70
			1,40 - 3,40	0,80	1,600		
C-13	1,35	1,35	3,40 - 4,40	1,41	1,410	0,91	0,91
			0 - 1,10	0,70	0,770		
C-14	4,40	4,40	0 - 1,40	0,70	0,980	0,91	0,91
			1,40 - 3,40	0,80	1,600		
C-15	1,10	1,10	3,40 - 4,40	1,41	1,410	0,91	0,91
			0 - 1,10	0,70	0,770		

CUADRO N° 5-13  
RESERVAS RELAVES INGENIO

SECTOR	AREA PLANIMETRADA m <sup>2</sup>	PROMEDIO ALTURA (m)	VOLUMEN m <sup>3</sup>	P.E.	T.M.B.	% Sn	T.M.F.
I	203,76	1,73	352,50	2,76	972,90	1,22	11,90
II	88,56	1,24	109,81	2,63	288,80	0,80	2,31
III	128,56	1,30	167,13	2,77	462,95	0,83	3,84
III <sub>1</sub>	282,80	1,96	554,29	2,73	1.513,21	0,96	14,53
IV	210,88	2,32	489,24	2,76	1.350,30	1,02	13,80
V	432,88	2,34	1.012,94	2,78	2.815,97	0,91	25,62
TOTAL					7.404,13	0,97	72,00

RESERVAS COLAS INGENIO  
% 10 Castigo por humedad

T.M.B.	% Sn	T.M.F.
6.664	0,97	64,64

CUADRO N° 5-14

RESERVAS - TAQUEO VETA MARIA (CLASE POSITIVA)

TAQUEO	AREA PLANIMETRADA	ALTURA	VOLUMEN	P.E.	T.M.B.	T.M.B. - 20%	% Sn	T.M.F.
	$\frac{A_1 + A_2}{2} = (m^2)$	m	$m^3$			Por esponja- miento		
VETA MARIA	172,36	30	5.170,8	2,78	14,375	11.500	2,45	281,75

CUADRO N° 5-15  
RESERVAS PROSPECTIVAS

VETA	AREA m <sup>2</sup>	ANCHO PROMEDIO m	VOLUMEN m <sup>3</sup>	P.E.	T.M.F.
Veta María	37.302	0.97	36.183	3.03	109.634,00
Veta Lliki	108.000	0.80	86.400	3.03	261.792,00
Veta Zapato	36.500	0.80	29.200	3.03	88.476,00
Veta Amalia	117.000	0.57	66.690	3.03	202.071,00
TOTAL					661.973,00

FACULTAD DE ING.  
EN CIENCIAS DE LA TIERRA



BIBLIOTECA

BIBLIOTECA FIC  
ESPOL







## 6. ANALISIS ECONOMICO PRELIMINAR

### 6.1. GENERALIDADES

Este análisis es realizado con la finalidad de encontrar, mediante un balance entre los costos e ingresos la utilidad que nos arrojará la mina al cabo de los cuatro años de trabajo en que se explotarán las 52.323 TMB de mineral que están calculadas como reservas con tables, y si es justificada la inversión que se describe a continuación.

Se ha estimado en términos generales, haciendo referencia a plantas modulares con capacidad de tratamiento de 50 TMB por día, incluido el transporte e instalación, así como el equipo, maquinaria para mina y las construcciones mineras necesarias para iniciar los trabajos de explotación y desarrollo, una inversión total, expresándose como sigue:

	US\$
1. Inversión en mina	200.000
2. Construcciones y reacondicionamiento de caminos	20.000
3. Inversión en Planta	<u>350.000</u>
4. Sub total	570.000
5. Miscelánea 10%	<u>57.000</u>
Inversión total	627.000
Inversión ajustada	630.000 US\$

## 6.2. INGRESOS TOTALES

Se consideran como ingresos brutos los provenientes - de la venta de concentrado, debiendo restársele los descuentos por maquila (1), regalías, impuestos y aportes varios para obtener los ingresos netos.

Reservas contables	52.323	TMB
Ley de cabeza	1.24 %	Sn(2)
Contenido metálico	648.8	TMF
Recuperación	53,98%	Sn (2)
Producción fina	349,6	TMF
Ley de concentrado	38,21 %	Sn
Producción de concentrado	915,0	TMC

La cotización del estaño según el mercado internacional es de 6,5 US/LF, y es tomada para este análisis, por considerarse la más probable para los años de vida de la mina, aunque la tendencia en las cotizaciones es creciente se estima que su evolución será paralela al incremento de los costos.

El total bruto calculado en estas condiciones es el

- 
- (1) Maquila.- Transporte Ferroviario, muestreo, manipuleo, fletes marítimos, seguros y otros.
  - (2) Valor tomado del informe de análisis metalúrgico y de concentración, realizado en los laboratorios de la Universidad Boliviana técnica de Oruro, para muestras estanníferas de Kumurana (Enero 1.979).

siguiente:

$$349,6 \text{ TMF} \times 2.204 \text{ LF/TMF} \times 6,5 \text{ US/LF} = 5'008.370 \text{ US}$$

Total bruto Mina = 5'008.370 US

Ingreso local (menos 20% por Maquila) = 4'006.696 US

Ingreso neto (menos 45% por deducciones(3)) = 2'203.683 US

### 6.3. COSTOS ESTIMADOS

Se consideran dentro de este ítem todos los gastos que se realizan en el laboreo, tratamiento, transporte y comisiones comerciales del mineral, clasificándolos como se expresan a continuación:

Costo de explotación: en sólidos  
 en desmontes  
 en relaves

Costos de desarrollo

Costos distribuibles en mina

Costos de concentración

Costos indirectos y de administración

Costos de transporte

Costos de realización.



**BIBLIOTECA FICT  
 ESPOL**

(3) Deducciones.- Regalías, impuestos, aportes varios de acuerdo a liquidación BAMIN (Banco Minero).

Costos de explotación.- Comprenden los costos de explotación de sólidos, desmontes y relaves que llegan a un valor ponderado de 1,10 US/TMB, y cuyo resumen se expone:

Explotación de sólido	US/TMB
Mano de obra	0,553
Materiales y aire comprimido	<u>1,200</u>
Costo unitario	1,753

Explotación en desmontes	US/TMB
Mano de obra	0,519
Materiales	<u>0,098</u>
Costo unitario	0,617

Explotación en relaves	US/TMB
Mano de obra	0,142
Materiales	<u>0,015</u>
Costo unitario	0,157

El costo unitario ponderado se obtiene de ponderar cada costo unitario con su respectiva reserva, tal como lo indican las operaciones siguientes:

24.213 TMB x 1.753 US/TMB =	42.445,4	US
22.712 TMB x 0.617 US/TMB =	14.013,3	US
5.398 TMB x 0.157 US/TMB =	<u>847,5</u>	US
TOTAL	57.306,2	US

$$\text{Costo unitario ponderado} = \frac{57.306,2 \text{ US}}{52.323 \text{ TMB}} = 1.095 \text{ US/TMB}$$

$$\text{Costo unitario ponderado} = 1,10 \text{ US/TMB}$$

Costos de desarrollo.- Los trabajos de desarrollo se efectuarán durante el lapso de 4 años, en que se explotarán las reservas contables indicadas anteriormente y nos servirán para la positivización de nuevas reservas y por consiguiente prolongar el tiempo de vida de la mina.

Para esta etapa se contempla la ejecución de las siguientes labores:

LABOR	DIMENSION	COSTO MAT. Y AIRE COMPRIMIDO US/m	COSTO TOTAL US\$
Corridas	705 m.	28,76	20.980
Chimeneas	492 m.	10,68	5.239
Recortes	172 m.	29,76	5.118
Cuadros	192 m.	23,89	4.586
Desquinches	666 m.	5,21	3.469
TOTAL			39.392

Este total dividido para los 4 años de explotación da un valor mensual de 820,55 US\$.

El resumen de los costos unitarios por TMB se expresa a continuación:



	US/TMB
Mano de obra	0,512
Materiales y aire comprimido	<u>0,746</u>
	1,258

Costo unitario = 1,258 US/TMB

Costos distribuibles Mina.- Estos costos inciden tanto en los trabajos de explotación como en los de desarrollo.

	US/TMB
Enmaderación	0,321
Repuestos y otros insumos	0,346
Mantenimiento	0,396
Servicios varios	1,059
Extracción	<u>1,369</u>
	3,491

Costo unitario = 3,491 US/TMB

Costos de concentración y beneficio.- Son los gastos que se realizan desde la trituración del mineral, hasta la obtención del concentrado listo para su comercialización. El resumen de estos costos

Mano de obra	
Materiales y reactivos	<u>5,099</u>
	6,601



ESCUELA SUPERIOR DE INGENIEROS DE MINAS Y GEOLOGIA  
UNIVERSIDAD DE LA TIERRA  
FACULTAD DE ING.  
CIENCIAS DE LA TIERRA

Costo Unitario = 6,601 US/TMB

Costos indirectos y de administración.- Involucran los gastos por mantenimiento de campamentos y equipo de seguridad. Además los gastos de administración están destinados a cubrir los cargos por sueldos al personal que trabaja directamente en la administración de la mina y los gastos por materiales de oficina. El resumen de costos es:

	US/TMB
Gastos indirectos	0,160
Sueldos	1,231
Materiales de oficina	<u>0,124</u>
	1,515

Costo unitario = 1,515 US/TMB

Costo de transporte.- Incluye costo de transporte de la carga de la mina al ingenio, traslado de concentrados y materiales. Incluye además sueldos y jornales, combustibles, lubricantes y mantenimiento de vehículo.

El resumen es:

	US/TMB
Mano de obra	0,480
Insumos	<u>0,341</u>
	0,821

Costo unitario = 0,821 US/TMB

Costos de realización.- Se ha considerado únicamente el valor de los sacos metaleros cuyo valor individual es 0,270 US/TMB.

#### RESUMEN TOTAL DE COSTO DE PRODUCCION

COSTO	US/TMB
De explotación	1.100
De desarrollo	1.258
Distribuibiles mina	3.491
De concentración	6.601
Indirectos y de administración	1.515
De transporte	0.821
De realización	<u>0.270</u>
TOTAL	15.056

El costo de producción por tonelada métrica bruta es de: 15,056 US\$.

Para el tratamiento de todas las toneladas métricas - brutas calculadas en el presente estudio, se tiene un costo total equivalente a 787.775 US\$.

Costos ajustados 800.000 US\$

#### 6.3.1. Balance de costos e ingresos

Este balance se realiza con la finalidad de determinar la utilidad bruta que nos dejará la

mina luego de explotarse las 52.323 TMB de mineral.

Para llegar a este valor tenemos que restar de los ingresos netos (2'203.683 US\$) el valor correspondiente a los costos totales (800.000 US\$) tal como se lo expresa a continuación:

Ingresos netos	2'203.683	US
Costos totales	<u>800.000</u>	US
Utilidad bruta	1'403.683	US

#### 6.4. UTILIDAD BRUTA

Esta utilidad bruta de 1'403.683 US\$, nos permite obtener el valor presente de 1'112.369 US\$, calculados según el método del interés compuesto, al 10% de interés en un tiempo de 4 años de vida de la mina.

$$V_p = \frac{(1 + r)^n - 1}{r(1 + r)^n}$$

donde:

$V_p$  - es el valor presente

$r$  - es el tanto por ciento de interés

$n$  - es el número de años plazo (vida de la mina)

$$V_p = 350.920 \frac{(1 + 0.1)^4 - 1}{0.1 (1 + 0.1)^4}$$

$$V_p = 350.920 \frac{0.4641}{0.14641}$$

$$V_p = 1'112.369 \text{ US\$}$$

Cantidad (valor presente) que nos permite la consecución de un préstamo bancario para la financiación de la operación minera. Además hace justificable la inversión de los 630.000 US\$, la misma que incluye una planta modular de 50 TMB/día de capacidad de tratamiento para la explotación, tal como se ha descrito en el inicio de este capítulo.

BIBLIOTECA



FACULTAD DE ING.  
EN CIENCIAS DE LA TIERRA





BIBLIOTECA FICT  
ESPOL

## 7. APLICABILIDAD DEL ESTUDIO EN EL ECUADOR

Existiendo una disposición expresa de la Junta de Departamento de Ingeniería de Geología, Minas y Petróleos de la Escuela Superior Politécnica del Litoral, de que a las tesis realizadas en el extranjero se le agregue un capítulo de aplicabilidad a una región de la Geología del Ecuador, se ha procedido a la realización de este capítulo tratando de cumplir de esta manera con la anterior disposición.

El trabajo realizado en la Mina Kumurana (Bolivia) y expuesto en los capítulos anteriores, puede efectuárselo en cualquier otro lugar donde existan mineralizaciones de este tipo, en base a que siendo un trabajo práctico y bastante exacto se ha guiado en reglas y procedimientos que rigen a nivel mundial para estudios de esta naturaleza.

Sin embargo la falta total de trabajos sobre mineralizaciones de Sn en el Ecuador, nos llevará a tratar de determinar zonas con características favorables para la ocurrencia de estos minerales en diferentes regiones del País.

El Ecuador está considerado como un país que ocupa un lugar de transición entre los Andes Nórdicos o del Caribe y los Andes Centrales, formando parte del cinturón metalogénico Andino que atravieza al continente en sentido longi

tudinal.

Por otro lado, estudios de sísmica de refracción realizados por el Proyecto Internacional de Nariño (1973) demuestran que las estructuras básicas en la corteza y el manto superior debajo de Colombia y Ecuador son similares, que se correlacionan con modelos del Altiplano en Perú y Bolivia. Además, regionalmente encontramos ciertas coincidencias litológicas y tectónicas en las diferentes regiones morfoestructurales que presentan tanto Ecuador como Bolivia.

Para este análisis se considera más importante la relación existente entre la Cordillera Central o Real del Ecuador y la homónima de Bolivia, por las características que a continuación se describen.

La Cordillera Real Boliviana constituye la columna vertebral de los Andes de este país, se compone básicamente de rocas paleozoicas (pre-devónico) que son intruidas por cuerpos ígneos mesozoicos a terciarios de composición ácida (granitos-granodioritas).

Emplazados en la zona de contacto de estos batolitos y las rocas aflorantes al sur de esta cordillera encontramos los depósitos más valiosos de minerales, que pertenecen al famoso cinturón Boliviano del estaño.

La Cordillera Real Ecuatoriana, constituye de igual manera la columna vertebral de los Andes de nuestro país, está formada por rocas cristalinas pre-cretácicas fuertemente deformadas del basamento y sedimentos del Paleozoico. El flanco oriental de esta cordillera se halla afectada por un cinturón magmático mesozoico de composición ácida (granítica), compuesta por los batolitos de la Bonita al norte, Abitagua en la parte central y Zamora al Sur, convirtiéndose la zona austral en la más interesante para nuestro estudio por presentar los mejores afloramientos de rocas antiguas y los más valiosos depósitos de minerales conocidos en el país.

Es en esta zona austral donde la Cordillera Central cambia significativamente de rumbo y se divide en dos ramales, el primero que sigue aproximadamente el mismo rumbo general (N 10°E) constituyendo el anticlinorio de Zamora, y el segundo se desvía hacia el oeste constituyendo los anticlinorios de las cordilleras de Tahuín, y Amotape (en el Perú).

El volcanismo es otro de los factores que ha jugado un rol muy importante en esta faja andina, tenemos que el volcanismo pliocénico-holocénico ha tenido gran actividad en la parte central y norte del Ecuador, hecho que lo demuestra la potente capa depositada en la cuenca interandina y



en los flancos internos y en parte externa de las cordilleras, no así en la parte sur donde este volcanismo casi no existe dejando al descubierto rocas más antiguas en las que se logran efectuar directamente las observaciones. En esta zona precisamente se encuentran todos los distritos y yacimientos de minerales conocidos en el sur del país tales como: el distrito de Portovelo, Los prospectos de Fierro Urco, Urito Huaser, Molleturo, San Fernando, Sigsig, etc.

Encontradas estas condiciones de coincidencia con la zona del cinturón estannífero de Bolivia hemos centrado nuestra atención a la indagación de posibles mineralizaciones de Sn en esta región ecuatoriana, obteniéndose como resultado las siguientes informaciones: un reporte hecho por el programa de las Naciones Unidas para el desarrollo, de una anomalía mineralógica de casiterita y scheelita al este de Saraguro, considerada como la primera ocurrencia de que se ha tenido noticia de este tipo de mineralización en el Ecuador.

También se hace mención de la ocurrencia de casiterita - scheelita en el mapa metalogénico del Ecuador (1980), ligado a un cuerpo mineralizado de tipo stockwork en el área de Sigsig.



FACULTAD DE ING.  
EN CIENCIAS DE LA TIERRA

De estas dos ocurrencias de Sn, W por ser las únicas reportadas en el Ecuador daremos a continuación algunas de sus principales características.

#### ANOMALIA DE SARAGURO

Esta anomalía se ubica en las coordenadas geográficas  $79^{\circ} 02' 00''$  long. W.; y  $03^{\circ} 40' 00''$  lat. S. Al este del pueblo de Saraguro, en la provincia de Loja. Ha sido delimitada en un área de  $1 \text{ Km}^2$  aproximadamente en las cabeceras del río Aguarnupa, dándole una forma ovoide y situándose en rocas metamórficas del tipo paragneis y ortogneis mezclados, de fuerte buzamiento con rumbo regional aproximado Nor-noroeste. Las áreas occidentales se hallan parcialmente ocultas por una gruesa serie volcánica de tobas riolíticas que buzan suavemente (Naciones Unidas, 1973), también en estas áreas inmediatas se han encontrado cuerpos muy grandes de cuarzo que se interpretan como vetas discontinuas más o menos paralelas a la dirección de la esquistocidad.

Según informes de la Misión Geológica Minera de España (1977) al norte del área de la anomalía se han encontrado granitos de mica con turmalina, en las cuales son evidentes los fenómenos de greisenización. Estos greisens constituyen de esta manera la única evidencia observada que puede tener relación directa con la mineralización de casiterita-



y scheelita.

Por otro lado, cabe mencionar que aún no se ha encontrado la roca fuente de casiterita, y las concentraciones de mineral han sido pequeñas con relación al total de sedimentos lavados, lo que indica que no es económicamente rentable hasta que por estudios posteriores se logre ubicar la roca fuente del mineral.

#### ANOMALIA DE SIGSIG

Las mineralizaciones de Sn, en el área de Sigsig se ubica en las coordenadas geográficas  $78^{\circ}40'00''W$ ;  $03^{\circ}01'39''S$ , pertenece al tipo hidrotermal; de mineralización polimetálica. Está representado por un lente de rumbo NE y buzamiento de  $80^{\circ}SW$ , localizado en gneises y esquistos fuertemente silicificados. Lo más importante de este yacimiento radica en que recientemente fue localizado un cuerpo mineralizado de tipo stockwork en la parte oriental de este depósito con mineralizaciones de casiterita y scheelita.

Aún no se han realizado estudios detallados, teniendo como única información que la mineralización está presente en rocas metamórficas posiblemente relacionada con un granito ácido greisenizado.

Estudios posteriores nos permitirán conocer la verdadera magnitud y valor en cuanto se refiere a la ocurrencia de estos minerales raros en el Ecuador, la cariterita y la scheelita.

## CONCLUSIONES

- Tanto la cordillera Real Boliviana como la homónima en el Ecuador están constituidas por rocas Paleozoicas e intruidas por cuerpos ígneos de composición ácida. En las zonas de contacto entre estas rocas es donde se presentan los principales depósitos minerales de ambos países.
- Regionalmente se puede observar que los depósitos minerales de los Andes están relacionados genéticamente a magmas calco-alcalinos, que fueron generados por la fusión parcial a lo largo del margen superior (Zona de Benioff) de una placa oceánica que se subduce a profundidades de más de 100 Km. (Dewey and Bird 1970).
- Las mineralizaciones de Sn y W en el Ecuador están situadas en rocas metamórficas y relacionadas con granitos greisenizados, sucediendo este hecho para ambos sitios de ocurrencia (Saraguro y Sigsig).
- La roca fuente que contiene la casiterita y scheelita, en

las anomalías de Saraguro y Sigsig aún no han sido detectadas; se recomienda por tanto realizar estudios geológicos (mapeo) a detalle, estudios geoquímicos de suelos, y un programa de zanjeo tal como lo recomienda Naciones Unidas para el área de Saraguro.

- Tomando en consideración las características de similitud entre los yacimientos de Portovelo y Sigsig como: El origen hidrotermal de temperatura alta a media, y el tipo de mineralización polimetálica con minerales similares, nos induciría a pensar que con trabajos más a detalle en el área de Sigsig podríamos determinar importantes depósitos de minerales en lo que a volumen se refiere (iguales a los de Portovelo), y por otro lado en vista de que las mineralizaciones de Sn, W ocurren en rocas metamórficas, sería conveniente realizar estudios exploratorios en la parte sur de Portovelo ya que en esta zona afloran rocas metamórficas y bien podrían contener mineralizaciones de Sn, W como ocurre en Sigsig.
- Las mineralizaciones de estaño, y wolframio se manifiestan relacionadas con batolitos cuya edad geológica puede variar ampliamente, siendo esta muy antigua o bastante reciente como ocurre con el yacimiento de Kumurana; por estas razones podemos explorar esta clase de minera

les en toda la serie de batolitos y stocks que afloran a lo largo de la cordillera Real Ecuatoriana y cuyas edades varían desde los  $168 \pm 4$  millones de años, hasta los  $23 \pm 8$  millones de años, según dataciones hechas por Snelling en algunos de estos batolitos el año 1972.

ZONAS GEOTECTONICAS DEL ECUADOR Y MINERALIZACIONES  
DE CASITERITA Y SCHEELITA REPORTADAS

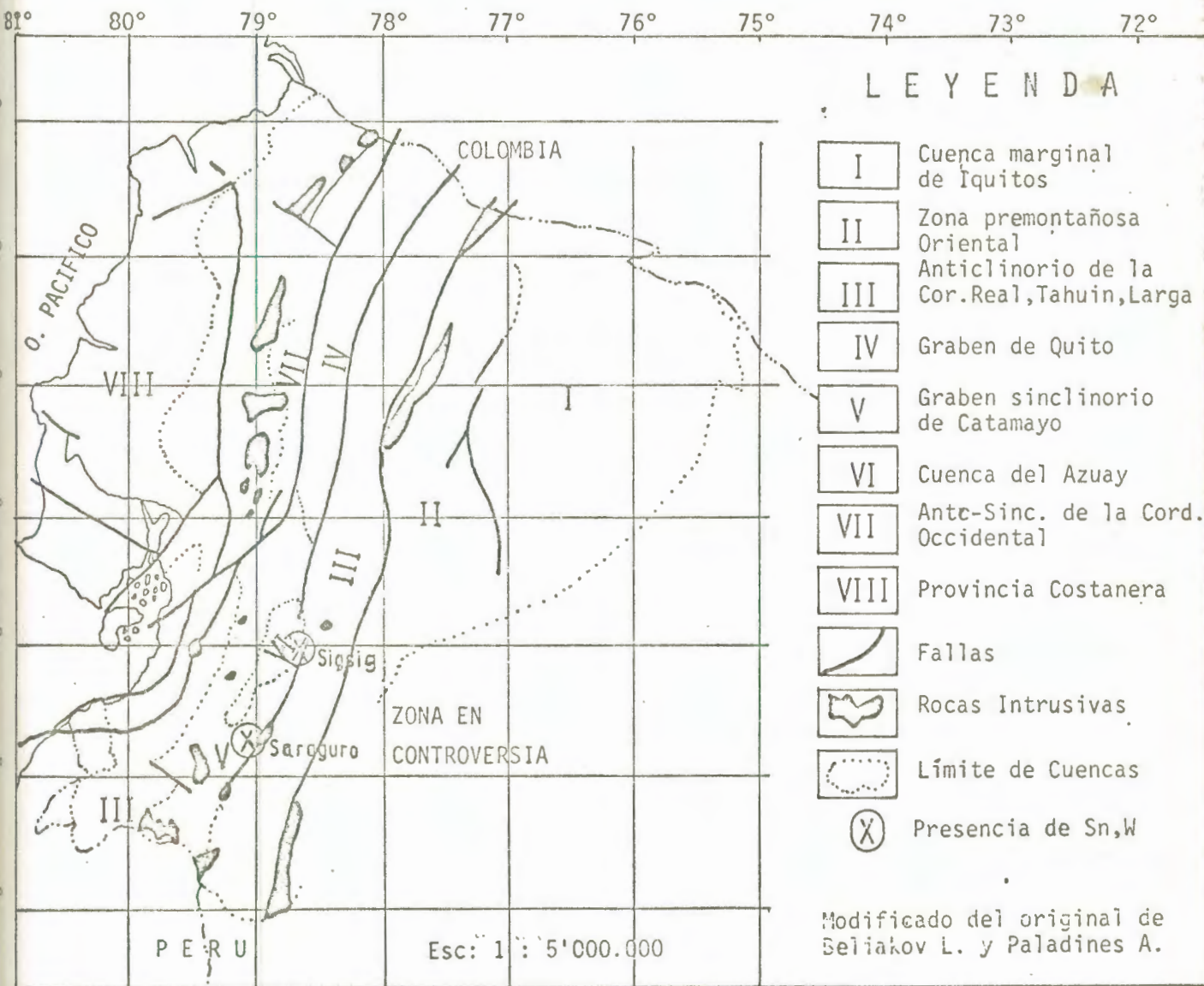


Fig. 9.



## 8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- La Mina Kumurana se halla emplazada en un intrusivo granodiorítico, de edad terciaria, que aflora cortando rocas sedimentarias del Paleozoico.
- Dadas las características de formación de los minerales se ha podido definir el origen hidrotermal del yacimiento, clasificándolo en el rango de meso a epitermal.
- Las vetas de este yacimiento se hallan ubicadas en el ápice del stock, según lo determinan las perforaciones a diamantina.
- Las determinaciones radiométricas dan una edad de alrededor de 21 m.a. para el intrusivo, y su mineralización al igual que la de todas las importantes de la zona entre 13 y 14 m.a.
- En este yacimiento, la casiterita constituye el único mineral de mena, el cuarzo, óxidos de hierro y minerales sulfurados como: pirrotina, pirita, arsenopirita, calcopirita, marcasita, y estannina constituyen la ganga, los restantes minerales presentes, únicamente ocurren como accesorios.
- Las reservas contables calculadas en toneladas métricas -

brutas ascienden a 52.323, las mismas que trabajadas a un ritmo de 1.100 TMB por mes, dan una vida media de 4 años para la mina.

- El total de mineral a ser explotado nos permitirá un ingreso bruto de 5'008.370 dólares americanos, cotizando la libra fina de estaño a un precio de 6.5 US\$, que con un costo de producción que asciende a 800.000 US\$ nos dará una utilidad bruta de 1'403.683 dólares americanos.
- El desarrollo de las vetas: Amalia, Lliki, Zapato, y las otras menores permitirán incrementar el tiempo de vida de la mina, ya que se lograría un incremento de reservas posiblemente en una cantidad mayor a las calculadas en la veta María.
- Se recomienda desarrollar la mina mediante labores subterráneas en las vetas Amalia, Lliki, Zapato, ya que presentan las mejores perspectivas para convertirse en las siguientes a explotarse, estas labores nos servirían tanto para el desarrollo como para la explotación del mineral de estas vetas.
- Realizar perforaciones a diamantina y socavones pequeños en todas las estructuras consideradas como secundarias en este estudio, para que sea determinado el verdadero potencial y de esta manera pensar en su futura ex-

plotación.

- Para iniciar la producción del mineral se recomienda instalar una planta de tratamiento con capacidad de trabajo de 50 TMB/día; pero estas instalaciones deben estar proyectadas para que luego de los primeros 4 años de trabajo pueda ser ampliada a una planta con capacidad de 100 TMB/día, tomando en consideración que el incremento de reservas sería muy considerable.
- La instalación de la planta de tratamiento se recomienda realizarlo en el sitio que actualmente se hallan las ruinas de las anteriores construcciones que pertenecían al campamento, debido a que existe el espacio suficiente para dicha instalación y la construcción de un nuevo camamento para los trabajadores, además la planta quedaría - de esta manera a orillas del río Juckucha al que deberán arrojarse los desechos previo su tratamiento.
- El agua, para ser utilizada, tanto en el tratamiento del mineral como para el consumo humano deberá ser tomada y canalizada desde la laguna Santa Catalina, análisis de muestras tomadas de este líquido dieron resultados positivos para su utilización, es decir que no presenta elementos nocivos para la salud. Otro de los factores principales para su utilización será el que tendremos un cau

dal constante durante todo el año ya que se encuentra represada en el sitio de desfogue de esta laguna.

- En vista de la posible gran cantidad de sedimentos fluviales con contenido mineral en el río Juckucha, se recomienda realizar estudios de estos sedimentos con el objeto de corroborar la existencia de estaño en cantidades suficientes para emprender una explotación del mineral por medio de dragado, tal como se lo realiza en otros ríos de la región de Potosí.

ANEXO A  
CALCULO DE PESOS ESPECIFICOS



**BIBLIOTECA FICT  
ESPOL**

**BIBLIOTECA**



**FACULTAD DE I. G.  
EN CIENCIAS DE LA TIERRA**



## CALCULO DE PESOS ESPECIFICOS

## VETA MARIA

<u>Nº DE MUESTRA</u>	<u>P.E.</u>	<u>PROMEDIO PARCIAL</u>
B-56	3.13	
B-59	3.75	
B-17	5.08	3.51
B-35	2.22	
B-23	3.80	
B-122	3.08	
160	2.67	
226	3.10	3.26
230	4.00	
C-14	3.12	
C-16	2.70	2.96
C-15	3.05	
P-1	3.00	
P-2	3.18	3.09
E-3	2.62	2.31
E-14	2.00	
	PROMEDIO	<u>3.03 gr/cm<sup>3</sup></u>

## TAQUEOS

<u>Nº DE MUESTRA</u>	<u>P.E.</u>	
000185	2.9	
000186	2.9	
000187	2.7	
000188	2.6	
000189	2.8	
PROMEDIO	<u>2.78</u>	gr/cm <sup>3</sup>

Relaves

<u>Nº de Muestra</u>	<u>P.E.</u>
1202	2.73
1204	2.77
1207	2.76
1212	2.76
1214	2.63
1221	2.78
	<hr/>
	2.74 gr/cm <sup>3</sup>

Desmonte Milligan

<u>Nº de Muestra</u>	<u>P.E.</u>
21920	2.80
21953	2.66
21983	2.74
	<hr/>
Promedio	2.73 gr/cm <sup>3</sup>

Desmonte Porvenir

<u>Nº de Muestra</u>	<u>P.E.</u>
1168	2.86
1254	2.75
	<hr/>
Promedio	2.81 gr/cm <sup>3</sup>

ANEXO B

ANALISIS QUIMICOS

**BIBLIOTECA**



**FACULTAD DE ING.  
EN CIENCIAS DE LA TIERRA**

SERVICIO GEOLOGICO DE BOLIVIA

Fecha de Recepción: Sept-4-78

Analista:

INFORME DE LABORATORIO - ANALISIS POR:

Fecha de Entrega: Sept-5-78

Pedido por:

Interesado: I. MINERIA CHICA - Mina Kumurana

Orden de Trabajo No. 168/78

No. LAB	No. Campo	%Sn	Nº LAB	Nº CAMPO	%Sn	Nº LAB	Nº CAMPO	%Sn	Nº LAB	Nº CAMPO	%Sn
5950	001151	0.6	5975	001176	0.2	6000	001201	1.0	6025	001226	0.6
5951	001152	0.6	5976	001177	1.1	6001	001202	0.9	6026	001227	1.2
5952	001153	1.1	5977	001178	0.9	6002	001203	0.7	6027	001228	2.2
5953	001154	0.8	5978	001179	0.1	6003	001204	1.0	6028	001229	1.3
5954	001155	0.5	5979	001180	0.1	6004	001205	0.9	6029	001230	1.3
5955	001156	1.8	5980	001181	0.4	6005	001206	1.0	6030	001231	1.7
5956	001157	0.9	5981	001182	0.5	6006	001207	1.2	6031	001232	0.7
5957	001158	1.1	5982	001183	0.1	6007	001208	0.9	6032	001233	0.6
5958	001159	0.3	5983	001184	0.1	6008	001209	0.6	6033	001234	0.8
5959	001160	0.4	5984	001185	0.2	6009	001210	0.7	6034	001235	0.4
5960	001161	0.5	5985	001186	0.3	6010	001211	2.1	6035	001236	0.4
5961	001162	0.3	5986	001187	0.6	6011	001212	1.5	6036	001237	0.7
5962	001163	0.5	5987	001188	0.7	6012	001213	0.6	6037	001238	0.9
5963	001164	0.3	5988	001189	0.3	6013	001214	0.7	6038	001239	0.3
5964	001165	0.8	5989	001190	0.1	6014	001215	0.9	6039	001240	0.7
5965	001166	1.1	5990	001191	0.7	6015	001216	0.7	6040	001241	0.5
5966	001167	0.2	5991	001192	0.7	6016	001217	0.8	6041	001242	0.6
5967	001168	0.6	5992	001193	0.7	6017	001218	1.3	6042	001243	0.3
5968	001169	1.3	5993	001194	0.4	6018	001219	0.7	6043	001244	0.3
5969	001170	1.0	5994	001195	0.1	6019	001220	0.8	6044	001245	0.4
5970	001171	0.6	5995	001196	0.5	6020	001221	1.4	6045	001246	0.4
5971	001172	0.5	5996	001197	0.5	6021	001222	0.7	6046	001247	0.7
5972	001173	0.5	5997	001198	0.3	6022	001223	0.5	6047	001248	0.6
173	001174	1.5	5998	001199	0.3	6023	001224	0.4	6048	001249	0.6
	001175	0.5	5999	001200	0.6	6024	001225	0.4	6049	001250	0.9

BIBLIOTECA FICHA  
ESPOL



SERVICIO GEOLOGICO DE BOLIVIA

Fecha de Recepción Sept-4-78

Analista: \_\_\_\_\_

INFORME DE LABORATORIO - ANALISIS POR: \_\_\_\_\_

Fecha de Entrega Sept-5-78

Pedido por: \_\_\_\_\_

Interesado: I. MINERIA CHICA - Mina Kumurana

Orden de Trabajo No. 168/78

No. LAB	No. Campo	%Sn	Nº LAB	Nº CAMPO	%Sn	Nº LAB	Nº CAMPO	%Sn	Nº LAB	Nº CAMPO	%Sn
6050	001251	0.6	6075	001276	1.6	6100	002401	0.9	6125	002426	0.7
6051	001252	0.4	6076	001277	0.4	6101	002402	1.8	6126	002427	0.7
6052	001253	0.6	6077	001278	1.3	6102	002403	1.9	6127	002428	0.7
6053	001254	0.4	6078	001279	1.3	6103	002404	1.3	6128	002429	0.4
6054	001255	0.4	6079	001280	1.5	6104	002405	1.5	6129	002430	0.6
6055	001256	0.3	6080	001281	0.3	6105	002406	0.9	6130	002431	1.0
6056	001257	0.3	6081	001282	0.3	6106	002407	1.4	6131	002432	1.0
6057	001258	1.4	6082	001283	1.1	6107	002408	1.6	6132	002433	0.6
6058	001259	1.9	6083	001284	1.1	6108	002409	2.4	6133	002434	0.3
6059	001260	1.2	6084	001285	0.4	6109	002410	1.3	6134	002435	0.7
6060	001261	0.3	6085	001286	0.4	6110	002411	2.9	6135	002436	0.7
6061	001262	0.4	6086	001287	0.1	6111	002412	2.5	6136	002437	0.4
6062	001263	0.6	6087	001288	0.2	6112	002413	0.8	6137	002438	0.4
6063	001264	0.9	6088	001289	0.3	6113	002414	2.3	6138	002439	0.7
6064	001265	1.0	6089	001290	2.4	6114	002415	1.4	6139	002440	1.2
6065	001266	0.9	6090	001291	1.3	6115	002416	1.4	6140	002451	0.6
6066	001267	2.4	6091	001292	1.4	6116	002417	0.8	6141	002452	0.6
6067	001268	1.4	6092	001293	0.2	6117	002418	1.4	6142	002453	0.9
6068	001269	0.6	6093	001294	0.7	6118	002419	1.8	6143	002454	0.7
6069	001270	1.6	6094	001295	1.2	6119	002420	1.8	6144	002455	0.4
6070	001271	1.9	6095	001296	1.0	6120	002421	0.4	6145	002456	0.9
6071	001272	0.2	6096	001297	0.5	6121	002422	1.4	6146	002457	0.6
6072	001273	1.3	6097	001298	1.3	6122	002423	0.8	6147	002458	0.8
6073	001274	0.6	6098	001299	0.8	6123	002424	1.0	6148	002459	0.6
	001275	0.9	6099	001300	0.7	6124	002425	0.3	6149	002460	0.7



SERVICIO GEOLOGICO DE BOLIVIA

Fecha de Recepción: Sept-4-78

Analista: .....

FORMA DE LABORATORIO - ANALISIS POR .....

Fecha de Entrega: Sept-5-78

Pedido por: .....

Interesado: I. MINERIA CHICA-Mina Kumurana

Orden de Trabajo No. 168/78

No. LAB	No. Campo	%Sn	Nº LAB	Nº CAMPO	%Sn	Nº LAB	Nº CAMPO	%Sn	Nº LAB	Nº CAMPO	%Sn
6150	002461	0.5	6173	021922	0.3	6200	021947	0.4	6226	021973	0.5
6151	002462	1.1	6176	021923	0.4	6201	021948	0.3	6227	021974	0.2
6152	002463	0.6	6177	021924	0.1	6202	021949	0.5	6228	021975	0.4
6153	002464	0.5	6178	021925	0.1	6203	021950	0.7	6229	021976	0.9
6154	002465	0.6	6179	021926	0.3	6204	021951	1.0	6230	021977	0.3
6155	021902	0.3	6180	021927	0.4	6206	021953	0.8	6231	021978	0.3
6156	021903	0.1	6181	021928	1.0	6207	021954	1.6	6232	021979	0.5
6157	021904	0.4	6182	021929	0.7	6208	021955	1.1	6233	021980	0.5
6158	021905	0.5	6183	021930	0.8	6209	021956	0.3	6234	021981	0.6
6159	021906	0.4	6184	021931	0.5	6210	021957	0.3	6235	021982	0.2
6160	021907	0.5	6185	021932	0.1	6211	021958	0.5	6236	021983	0.6
6161	021908	0.6	6186	021933	0.7	6212	021959	0.5	6237	021984	0.9
6162	021909	Tr. *	6187	021934	0.9	6213	021960	0.1	6238	021985	0.9
6163	021910	Tr. *	6188	021935	0.1	6214	021961	0.3	6239	021986	0.3
6164	021911	0.2	6189	021936	0.7	6215	021962	0.3	6240	021987	0.5
6165	021912	0.4	6190	021937	0.8	6216	021963	0.2	6241	021988	0.4
6166	021913	0.1	6191	021938	0.9	6217	021964	0.1	6242	021989	0.8
6167	021914	1.0	6192	021939	0.9	6218	021965	0.1	6243	021990	0.3
6168	021915	0.7	6193	021940	0.7	6219	021966	0.1	6244	021991	0.2
6169	021916	0.1	6194	021941	0.1	6220	021967	0.1	6245	021992	0.3
6170	021917	0.5	6195	021942	0.4	6221	021968	0.2	6246	021993	0.4
6171	021918	0.8	6196	021943	1.0	6222	021969	1.3	6247	021994	0.3
6172	021919	1.8	6197	021944	1.0	6223	021970	0.8	6248	021995	0.4
6173	021920	0.8	6198	021945	0.4	6224	021971	0.8	6249	021996	0.5
6174	021921	0.2	6199	021946	0.5	6225	021972	0.6	6250	021997	0.4





SERVICIO GEOLOGICO DE BOLIVIA

Fecha de Recepción 27-Octub-78

Analista: Adrian Saravia

INFORME DE LABORATORIO - ANALISIS POR: Química

Fecha de Entrega 4-Noviembr-78

Pesado por: "

Interesado: L. MINERIA QUÍMICA - MINA MIRIBAYA

Orden de Trabajo No. 223/78

No. LAB	No. Campo	Gnt	No. LAB	No. Campo	Gnt	No. LAB	No. Campo	Gnt
8520	00101	0.1	8545	00126	1.3	8570	00151	0.8
8521	00102	0.2	8546	00127	2.1	8571	00152	1.4
8522	00103	0.6	8547	00128	1.2	8572	00153	0.2
8523	00104	0.2	8548	00129	0.3	8573	00154	0.4
8524	00105	0.1	8549	00130	5.1	8574	00155	0.4
8525	00106	0.1	8550	00131	2.2	8575	00156	0.1
8526	00107	0.3	8551	00132	2.1	8576	00157	0.2
8527	00108	0.4	8552	00133	0.1	8577	00160	0.7
8528	00109	0.2	8553	00134	0.4	8578	00161	0.5
8529	00110	0.2	8554	00135	0.2	8579	00162	1.2
8530	00111	0.3	8555	00136	0.2	8580	00163	1.3
8531	00112	0.3	8556	00137	0.2	8581	00164	0.2
8532	00113	0.1	8557	00138	0.2	8582	00165	0.1
8533	00114	0.2	8558	00139	0.2	8583	00166	1.2
8534	00115	0.4	8559	00140	0.4	8584	00167	1.6
8535	00116	0.5	8560	00141	0.1	8585	00168	1.5
8536	00117	1.1	8561	00142	0.2	8586	00169	0.1
8537	00118	0.6	8562	00143	0.4	8587	00170	0.5
8538	00119	2.0	8563	00144	0.6	8588	00171	0.5
8539	00120	1.4	8564	00145	0.1	8589	00172	1.2
8540	00121	0.1	8565	00146	0.5	8590	00173	1.6
8541	00122	0.2	8566	00147	0.1	8591	00174	0.7
8542	00123	0.9	8567	00148	0.7	8592	00177	0.4
8543	00124	0.2	8568	00149	0.2	8593	00178	0.2
8544	00125	0.3	8569	00150	0.3	8594	00179	0.3

BIBLIOTECA FCI  
ESPOL



*Handwritten signatures and initials, including 'Zil' and 'McCall'.*

3 de Octubre



SERVICIO GEOLOGICO DE BOLIVIA

Fecha de Recepción 27-Octub-78

Analista Marian Saravia

INFORME DE LABORATORIO - ANALISIS POR Química

Fecha de Entrega 4-Noviembre-78

Pesado por: .....

Interesado: L. MINERIA, QUIMICA, MINA VIMA, ANA

Orden de Trabajo No. 223/78

No. LAB	No. Campo	Sn	No. LAB	No. Campo	Sn
3595	00130	1.3	3645	00064	1.1
3596	00131	1.4	3646	00065	2.4
3597	00132	1.0	3647	00069	1.3
3598	00133	1.2	3648	00069	0.2
3599	00134	3.3	3649	00070	0.1
3600	00474	1.0	3650	00071	0.3
3601	00475	0.1	3651	00072	0.6
3602	00476	1.2	3652	00073	0.2
3603	00477	0.2	3653	00074	0.1
3604	00478	0.1	3654	00075	0.7
3605	00479	0.2			
3606	00480	0.2			
3607	00491	0.1			
3608	00492	0.1			
3609	00493	0.2			
3610	00424	0.2			
3611	00495	0.1			
3612	00496	5.0			
3613	00497	2.1			
3614	00498	1.0			
3615	00499	2.0			
3616	00491	1.5			
3617	00492	1.2			
3618	00494	1.9			
3619	00495	2.1			

Jefe Div. de Analisis Químico  
*M. Saravia*  
 Jefe Div. de Analisis Químico





A N E X O    C

ANALISIS PETROGRAFICOS

N° LAB: 9025

N° Campo: 0080

IGN: 950

Interesado: PROYECTO I.M.CH.

Procedencia: MINA KUMURANA, Prov. Linares-Potosí

Fecha: La Paz, Noviembre 17 de 1978

ANALISIS PETROGRAFICO (P<sub>1</sub>)

DESCRIPCION MACROSCOPICA: Fragmento de una roca plutónica de color gris claro y aspecto moteado.

Presenta fenocristales feldespáticos de 2-3 mm. de largo, excepcionalmente hasta de 5 mm., cuarzo anhedral, en individuos de 1 mm. y abundantes escamas de biotita de 1-3 mm. de diámetro.

El espécimen tiene una pátina anaranjada, causada por oxidación, en uno de sus extremos.

DESCRIPCION MICROSCOPICA:

a) Cuarzo: El cuarzo se compone principalmente de fenocristales anhedrales, de 950-1700 micrones de diámetro que adoptan formas cuneiformes, debido a que se acondicionan al contorno de los feldespatos circundantes.

El cuarzo tiene extinción recta, fracturas ocasionales e inclusiones de apatita euhedral. En menor proporción se observan individuos más pequeños, de 300-500 micrones de diámetro, del mismo hábito cristalino que los anteriores, que ocupan pequeños intersticios.

b) Ortosa: La ortosa es relativamente frecuente en la roca. Comprende mayormente fenocristales euhedrales y/o subhedrales, de 900-3000 micrones de largo, caracterizados por bordes irregulares y clivaje prismático imperfecto.

La macla de carsbad, de simple contacto está difundida en la mayoría de los individuos observados.

Son corrientes las exsoluciones micropertíticas, de desarrollo irregular, pero no se han observado casos de inclusiones pertíticas como sucede en la muestra 0086, de la misma roca y tampoco existen intercrecimientos gráficos con el cuarzo, que rara vez está incluido en la estructura de este feldespato.



Por lo general la ortosa microperítica está ligeramente arcillizada en la superficie de sus individuos cristalinos.

c) Plagioclasa: Es el principal constituyente mineral de la roca.

Se halla compuesto por fenocristales autómorfos, generalmente euhedrales, aunque también han sido observados individuos subhedrales. Estos cristales tienen usualmente entre 900-2500 micrones de largo. Empero pueden encontrarse también individuos diseminados de solo 300-500 micrones, que pertenecen siempre al tipo automorfo.

La plagioclasa está corrientemente maclada según las leyes combinadas de albita-carlsbad, que se complementan con periclina y baveno, desarrolladas en sentido transversal a las anteriores.

Las maclas de aclina, ala y mannebach, son menos frecuentes.

La estructura zonar está pobremente desarrollada y es de tipo oscilatorio. La composición del mineral varía generalmente desde An 34 a An40 (andesina).

Comúnmente los individuos de plagioclasa contienen inclusiones microcristalinas de apatita y magnetita y por lo general están arcillizados someramente en superficie.

d) Biotita: Es el principal mineral máfico de la plutonita. Comprende sobre todo laminillas euhedrales, de 1000-2000 micrones de longitud, y un menor número de escamas microcristalinas, de 250-500 micrones.

En ambos casos los individuos de esta mica se hallan levemente corroidos en los bordes, y más frecuentemente cloritizados, con sustitución de pennina secundaria, que se localiza preferentemente en los planos del clivaje basal.

El pleocroismo de la mica es conspicuo, varía generalmente desde castaño oscuro, o castaño rojizo (cuando esta nubificada) según la dirección óptica Z hasta amarillo ocre o castaño amarillento según X. Habitualmente la biotita contiene inclusiones microcristalinas de apatita euhedral prismética alojada en los planos de clivaje de las escamas, así como también magnetita subhedral, en individuos de 80-120 micrones de diámetro, y prismas euhedrales de circón rosado pálido, que originan halos pleocroicos en la mica.





La esfena es menos frecuente. Posee comúnmente individuos subhedrales cuneiformes de 150-200 micrones de largo, que tienen un color rosado salmón, y se alteran superficialmente a leucoxeno secundario, acompañado de óxidos de hierro en los bordes de los cristales de esfena.

La apatita también se encuentra diseminada en fenocristales de feldspatos (sobre todo en la ortosa), bajo la forma de microcristales aciculares, incoloros.

e) Hornblenda: La hornblenda es muy poco abundante. Está conformada por prismas subhedrales, de 400-500 micrones de largo, que ocurren asociados a las escamas de biotita.

La hornblenda tiene clivaje prismático bueno, entrecruzado en cortes basales, y rara vez macla simple según (010).

Su pleocroísmo es marcado (Z=castaño claro; X=amarillo pálido).

2.- TEXTURA Y ESTRUCTURA: La roca tiene textura hipidiomórfica holocristalina.

3.- COMPOSICION PORCENTUAL OBSERVADA:

Cuarzo	15.6 %
Ortosa y pertita	24.1 %
Plagioclasa	41.3 %
Biotita (y clorita)	14.7 %
Hornblenda	2.6 %
Apatita	0.5 %
Circón	0.2 %
Esfena	0.3 %
Magnetita	0.7 %
T o t a l	100.0 %

4.- Nombre de la roca: GRANODIORITA BIOTITICA

Analizado por: Ing. Waldo Avila S.

rac/





N° LAB: 9026

N° Campo: 00086

LCN: 949

Interesado: PROYECTO I.M.CH.

Procedencia: MINA KUMURANA -Prov. Linares-Potosí

Fecha: La Paz, Noviembre 16 de 1978

ANALISIS PETROGRAFICO (P<sub>1</sub>)

=====

DESCRIPCION MACROSCOPICA: Fragmento de una roca plutónica de gra-  
===== no medio y color gris claro, que está -  
caracterizada por el desarrollo de una textura hipidiomórfica ho-  
locristalina, con individuos feldespáticos de 2-5 mm. de longitud,  
abundantes escamas de biotita negra de 1-2 mm. y cuarzo anhedral.

## DESCRIPCION MICROSCOPICA:

=====

a) Cuarzo: El cuarzo constituye generalmente fenocristales anhe-  
drales de 900-1200 micrones de diámetro, e individuos  
del mismo hábito, pero de menor tamaño, que cristalizan en los es-  
pacios libres dejados por los feldespatos, acondicionando su for-  
ma a la de aquéllos.

Posee extinción recta y bordes irregulares, rara vez afectados por  
corrosión magmática.

Es frecuente observar que contiene inclusiones microcristalinas de  
biotita y apatita. En menor proporción constituye bordes quelifí-  
ticos en fenocristales de ortosa.

El porcentaje total de cuarzo es importante.

b) Ortosa: La ortosa ocurre en la roca bajo la forma de prismas -  
subhedrales a euhedrales, de longitud variable entre -  
600 a más de 2700 micrones de longitud, siendo comúnmente de tama-  
ño fenocristalino (por encima de 1000 micrones).

El mineral presenta bordes ligeramente dentados, que eventualmente,  
que eventualmente se engranan al cuarzo.

La macla de carsbad de simple contacto se encuentra bastante difundida. Empero  
el clivaje prismático no se observa claramente, debido a la alteración arcillo-  
sa superficial que afecto a la mayoría de los individuos observados.

Son frecuentes las exclusiones porfíricas alineadas según (010),  
algunas de ellas de gran tamaño (100-150 micrones de longitud), que



ostentan la macla de la albita.

Las inclusiones de biotita son ocasionales lo mismo que las de cuarzo anhedral. No se ha apreciado la presencia de texturas gráficas, sin embargo.

c) Plagioclasa: La plagioclasa es el principal constituyente mineral de la plutonita. Comprende mayormente fenocristales de hábito automorfo euhedral, de 1000-3000 micrones de longitud, y en menor proporción individuos subhedrales, de contorno ligeramente irregular, que pueden ser fenocristales o también individuos de menor tamaño (entre 400-700 micrones de largo). Por lo general este feldespato está geminado en forma de macla, siendo común la macla combinada de albita-carlsbad, a las que se superponen las maclas de la periclina y baveno..

Las maclas de mannebach, ala, aclina y esterel son muy raras. Corrientemente los cristales poseen una estructura zonar debilmente desarrollada, de tipo inverso, cuya composición varia desde An33 (andesina ácida) en el núcleo a An39 (andesina media) en el borde.

Frecuentemente los individuos de plagioclasa están ligeramente arcillizados en superficie, y en otros casos se aprecia una sericitización incipiente.

d) Biotita: Es el principal mineral ferromagnesiano existente en la roca. Se compone de laminillas euhedrales, generalmente fenocristalinas (entre 950-1300 micrones de largo), así como de escamas aisladas de menor tamaño (300-500 micrones).

Comúnmente la biotita está ligeramente corroida en el borde de sus laminillas y cloritizada (pennina) en el núcleo.

El pleocroismo es fuerte (Z=castaño rojizo; X=amarillo ocre)

Por lo general la cloritización se desarrolla a lo largo de los planos de clivaje basal, sitio donde se aprecia el reemplazamiento de la mica por pennina secundaria, que se caracteriza por sus tonos pleocroicos verdosos (Z=amarillo verdoso; X=verde de hierba), con colores de interferencia azulados, típicos de esta clorita.

La biotita contiene numerosas inclusiones microcristalinas de apatita euhedral, muy frecuente en cortes basales hexagonales, así como





de circón euhedral, que causa la formación de halos pleocroicos en la mica.

También se distinguen microcristales subhedrales de magnetita, de 90-150 micrones de diámetro, que están ligeramente corroidos en los bordes, y finalmente individuos euhedrales de esfena de hábito cuneiforme y coloración rosado pálido, que ostentan una alteración superficial a leucoxeno secundario.

e) Hornblenda: La hornblenda es accesoria. Presenta prismas subhedrales, muy corroidos en los bordes, íntimamente asociados a laminillas de biotita.

Este anfíbol se caracteriza por exhibir comúnmente cortes según el pinacoide basal, que poseen clivaje bueno y entrecruzado en ángulos de 124° y 56°, respectivamente.

El pleocroismo es conspicuo (Z=castaño claro; X=amarillo pálido). Comúnmente los individuos de hornblenda tienen pequeño tamaño (300-400 micrones), presentan esporádicamente inclusiones microcristalinas de apatita euhedral, magnetita y exsoluciones de biotita. Su porcentaje total es reducido.

2.-TEXTURA Y ESTRUCTURA: La roca tiene textura hipidiomórfica holocristalina.

No se observan estructuras importantes.

3.- COMPOSICION PORCENTUAL OBSERVADA:

Cuarzo	17.4 %
Ortosa y pertita	28.3 %
Plagioclasa	40.4 %
Biotita (y clorita)	9.7 %
Hornblenda	2.1 %
Apatita	0.7 %
Circón	0.2 %
Esfena	0.9 %
Magnetita	<u>0.3 %</u>
T o t a l	100.0 %

4.- Nombre de la roca: GRANODIORITA BIOTITICA

rac/

Analizado por:

Ing. Waldo Avila S.



Interesado: Proyecto I.M.CH.  
Ubica: Cucho Ingenio - Mina Kumurana  
Fecha: La Paz, Noviembre 20 de 1978

N° Lab: 9023  
N° Campo: 0066  
LGN: 952

ANALISIS PETROGRAFICO (P1)

DESCRIPCION MACROSCOPICA: Fragmento de una roca plutónica holocristalina, muy alterada, de color gris verdoso y textura hipidiomórfica.

Se observan fenocristales feldespáticos alterados de 2-3 mm de largo, abundante cuarzo anhedral y escamas de biotita cloritizada, de 1-2 mm. de diámetro.

DESCRIPCION MICROSCOPICA:

a) Cuarzo: El cuarzo está constituido principalmente por fenocristales anhedrales de formas irregulares, generalmente angulosas, debido a que se acondicionan a los espacios libres dejados por los feldespatos, que cristalizaron con anterioridad.

El cuarzo posee extinción recta y carece de rasgos de corrosión magmática. Sus individuos fenocristalinos tienen entre 900-1300 micrones de largo, empero se observan también cristales de menor tamaño (entre 300-500 micrones) de similar hábito que los anteriores.

b) Feldespatos sericitizados: El contenido total de feldespatos ha sufrido un intenso proceso de sericitización que ha destruido completamente la estructura cristalina de estos tectosilicatos.

Generalmente se aprecian reemplazamientos pseudomórficos por agregados radiales microescamosos de sericita secundaria, originada por metasomatismo hidrotermal.

A veces se observan contornos euhedrales bien preservados y vestigios de los planos de macla de albita y carlsbad, que permiten inferir la existencia original de plagioclasa. Otras veces la sustitución es masiva, no siendo posible diferenciar si se trataba de feldespato potásico o de plagioclasa. Rasgo que di-



ficulta la clasificación de la roca.

Generalmente los fenocristales feldespáticos que fueron sericitizados tienen 900-2500 micrones de largo. Los microcristales son muy raros y cuando están presentes se reconocen por su contorno euhedral preservado, puesto que también han sido totalmente sericitizados.

c) Biotita: La biotita es el principal mineral ferromagnesiano de la roca. Se compone de laminillas euhedrales, generalmente fenocristalinas (entre 1000-2000 micrones de largo) que se hallan cloritizadas completamente, con sustitución pseudomórfica por agregados escamosos de pennina secundaria, que se identifica por su pleocroísmo verdoso (Z= amarillo verdoso; X= verde claro) y colores de interferencia azulados.

Comúnmente se preserva el contorno regular de las laminillas de biotita, así como el clivaje basal.

La biotita cloritizada contiene un gran número de inclusiones microcristalinas de magnetita subhedral, diseminada en el núcleo de las escamas, también apatita euhedral o subhedral, circón euhedral, de color rosado pálido, que produce halos pleocroicos, eventualmente esfena euhedral de color rosado salmón, ligeramente alterada a leucoxeno, que tiene una mínima diseminación y finalmente casiterita euhedral o subhedral de color pardo oscuro, que corresponde al tipo "needle tin".

La casiterita tiene un elevado relieve óptico, fuerte birrefringencia y colores de interferencia castaño rojizos. Debe su origen a la alteración hidrotermal de la roca producida por soluciones post-magmáticas (epigenéticas).

Generalmente los microcristales de casiterita tienen entre 20-50 micrones de diámetro.

Su concentración total es reducida. Se concentran en las escamas de biotita cloritizada, con una ligera orientación según el clivaje basal de la mica.

d) Apatita: Este accesorio se halla diseminado en la roca, aunque se concentra también en las escamas de biotita como inclusión microcristalina.





Se compone generalmente de individuos prismáticos, euhedrales o subhedrales, de 90-300 micrones de largo, que son incoloros (en nicoles paralelos). Poseen clivaje imperfecto según (001) y eventualmente corrosión magmática de sus bordes. Su porcentaje total es reducido.

2.- TEXTURA Y ESTRUCTURA: La roca tiene textura hipidiomórfica holocristalina.

Carece de estructuras importantes.

3.- COMPOSICION PORCENTUAL OBSERVADA:

Cuarzo	15.6%
Feldespatos sericitizados	68.4%
Biotita cloritizada	14.2%
Apatita	0.8%
Circón	0.1%
Magnetita	0.4%
Esfena	0.3%
Casiterita	0.2%
Total	<u>100.0%</u>

4.- Nombre de la roca : Debido a la considerable alteración sericitica sufrida por los feldespatos no es posible diferenciar las proporciones de feldespato potásico y plagioclasa de la roca original.

De tal manera que la composición de la plutonita resta como un problema pendiente. Empero por analogía con las muestras 0080 y 0086 se infiere que se trata posiblemente de una GRANODIORITA BIOTITICA(Sericitizada).

Analizado por Ing. Waldo Avila S.



N° DE LAB: 9027 N° CAMPO: 00502

LGN: 953

Interesado: PROYECTO I.M.CH.

Procedencia: Mina Kumurana (C.Ingenio) Prov.Linares-Potosí.

Fecha: La Paz, Noviembre 20 de 1978

ANALISIS PETROGRAFICO (P<sub>1</sub>)

DESCRIPCION MACROSCOPICA: Fragmento de una roca plutónica intensamente alterada, de color blanco con tinte castaño rojizo de oxidación. Presenta textura hipidiomórfica. Se aprecian fenocristales feldespáticos alterados de 1-2 mm. de largo, cuarzo anhedral y vestigios de escamas de biotita oxidada... El espécimen tiene una pátina castaño rojiza en uno de sus extremos.

DESCRIPCION MICROSCOPICA:

a) Cuarzo: El cuarzo posee principalmente fenocristales anhedrales de 900-1200 micrones de longitud que se distinguen por su contorno anguloso debido a que acondicionan su forma al relieve prismático de los feldespatos circundantes.

El cuarzo posee extinción recta y carece de rasgos de corrosión magmática.

En menor proporción se observan cristales del mismo hábito que los anteriores pero de menores dimensiones, que ocupan posiciones intersticiales en la trama feldespática.

b) Feldespatos (indeterminados): Se aprecia un considerable número de fenocristales automorfos de feldespatos indeterminados que han sufrido un proceso de arcillización avanzada, habiéndose destruido completamente la estructura cristalina, de tal manera que no es posible diferenciar el feldespato potásico de la plagioclasa original.

La existencia de los feldespatos se infiere por el contorno euhedral de los reemplazamientos, así como por vestigios de los planos de macula de albita y carlsbad, que han sido sustituidos por arcillas indeterminadas (probablemente arcillas del grupo del caolín, cuya identificación requiere el empleo de la difracción de rayos X).



Generalmente los fenocristales tienen 1000-2000 micrones de longitud, pero existe también un porcentaje reducido de cristales mas pequeños (de 500-700 micrones).

El tipo de alteración arcillítica avanzada ha sido conceptualizado por Sillitoe (1973). Como característico de la alteración hidrotermal de yacimientos subvolcánicos.

c) Biotita: La biotita es el principal mineral ferromagnésico de la roca. Se compone principalmente de laminillas euhedrales fenocristalinas, totalmente alteradas por cloritización deutérica (con reemplazamiento de pennina secundaria) y oxidación a goethita, siendo los reemplazamientos de tiposeudomórfico, con preservación del contorno euhedral y el clivaje basal de la mica.

Generalmente las escamas de biotita contienen inclusiones microcristalinas de apatita subhedral, magnetita, euhedral o subhedral, circón euhedral, en individuos de 15-30 micrones de largo, así como también casiterita euhedral de color castaño oscuro (tipo "needle tin"), cuyos individuos de 20-35 micrones han sido intrudidos a la roca por soluciones hidrotermales.

En lo que respecta al contenido de  $FeO$  y  $Fe_2O_3$  de la biotita se aprecia una lixiviación gradual de estos óxidos que está relacionado con el tipo de alteración a que ha sido sometida la mica. Hay escamas oxidadas a hematita en forma pseudomórfica, que se encuentran bien preservadas en lo que a su estructura cristalina respecta.

En otros casos se aprecia la formación de goethita que acompaña al proceso de cloritización del núcleo.

Finalmente se observa una lixiviación completa, cuando la biotita cloritizada ha sido afectada también por el proceso de arcillización de los feldespatos.

2.- TEXTURA Y ESTRUCTURA: La roca tiene una textura original del tipo hipidiomórfico holocristalino.

No se observan estructuras importantes.



3.- COMPOSICION PORCENTUAL OBSERVADA:

Cuarzo	12.6 %
Feldespatos arcillizados	72.2 %
Biotita alterada	10.4 %
Apatita	0.5 %
Circón	0.1 %
Magnetita	0.4 %
Casiterita	0.2 %
Oxidos de Fe (secundarios)	<u>3.6 %</u>
T o t a l	100.0 %

4.- Nombre de la roca: Debido a la alteración total de los feldespatos no es posible diferenciar la proporción de feldespato potásico respecto de la plagioclasa, que han sufrido una destrucción total. Por este motivo no es posible determinar la composición original de la roca. Sin embargo por analogía con las muestras 0086 y 0080 se supone que puede corresponder tal vez a una GRANODIORITA BIOTITICA (Arcillizada).

Analizado por: Inq. Waldo Avila S.

rac/

ANEXO D

ANALISIS MINERAGRAFICOS





Interesado: INVENTARIACION DE LA MINERIA CHICA

N°Lab: 8996

Ubicación: Mina Kumurana-Iniares-Potosí

N°Campo: 002491

Fecha: La Paz, 5 de Diciembre de 1978

LGP: 183

ANALISIS MINERAGRAFICO

La superficie pulida de la muestra presenta la siguiente composición mineralógica y porcentajes aproximados:

Cuarzo	$\text{SiO}_2$	65-70%
Pirita	$\text{FeS}_2$	3- 5%
Hematita	$\text{Fe}_2\text{O}_3$	3- 5%
Oxidos de hierro hidratados		18-20%

La muestra está compuesta por cuarzo asociado a cantidades menores de pirita y óxidos de hierro.

El cuarzo es el componente mayoritario; en general se presenta en agregados xenomórficos masivos; también se hallan cristales subhedrales asociados a pirita. La pirita se encuentra en cristales arhedrales en proceso de alteración a óxidos de hierro hidratados, y en cristales subhedrales dispersos en el cuarzo. La hematita se aprecia en agregados anhedrales, asociados a pirita y óxidos de hierro hidratados, se considera originada por alteración de pirita.

Los óxidos de hierro se hallan en los bordes de individuos de pirita y en vetillas rodeando a cristales de cuarzo.

De acuerdo a las relaciones observadas entre los minerales presentes en la sección se deducen dos fases de mineralización; la primera está representada por cuarzo, la segunda corresponde a la pirita.

Los óxidos de hierro son productos secundarios formando por alteración de pirita.

Analizado por : ELSA DE VACA

S.C.

INTERESADO: I.M.CH.

N° Lab: 8997

UBICACION : MTNA KUMURANA - LINARES POTOSI

N° Campo: 000076

FECHA: La Paz, 5 de Diciembre de 1978

LGP: 184

ANALISIS MINERAGRAFICO

La muestra en sección pulida presenta la siguiente composición mineralógica y porcentajes aproximados:

Cuarzo	$\text{SiO}_2$	75 - 80 %
Casiterita	$\text{SnO}_2$	<< 1 %
Hematita	$\text{Fe}_2\text{O}_3$	5 - 7 %
Pirita	$\text{FeS}_2$	<< 1 %
Pirrotina	$\text{Fe}_{1-x}\text{S}$	<< 1 %
Oxidos de hierro hidratados		10 - 13 %

La muestra esta formada en su mayor parte por cuarzo asociado a oxidos de hierro.

El cuarzo se encuentra en agregados de cristales subhedrales y anhedrales invadidos por hematita y oxidos de hierro hidratados. La pirita solo se manifiesta en escasos cristales de 5-15 micrones de diametro incluidos en el cuarzo y hematita.

La hematita y oxidos de hierro hidratados, son bastante abundantes, se consideran minerales secundarios formados por alteración de sulfuros tales como pirrotina y pirita-marcasita; podrían originarse también a partir de hematita primaria, pero no se observan evidencias de ello en la sección. Se hallan asociados y estan reemplazando al cuarzo; la hematita presenta textura coliforme. La pirrotina es un mineral muy escaso, se encuentra solo como inclusion en el cuarzo.

La casiterita se halla en cristales subhedrales a anhedrales asociados a cuarzo y rodeados de hematita y oxidos de hierro hidratados, las dimensiones son aproximadamente de 300-500 micrones de diametro.

Teniendo en cuenta la situación mineralógica de cada mineral y sus relaciones, se estiman dos fases de mineralización; la primera esta representada por cuarzo y casiterita, la segunda fase corresponde a los sulfuros, en este caso no se hallan muy bien representados, pero se considera a la pirrotina originada en primer lugar, luego a la pirita. La hematita y oxidos de hierro hidratados son productos secundarios

*Elsa de Vaca*  
Analizado por: ELSA DE VACA



Interesado: INVENTARIACION DE LA MINERIA CHICA N°LAB: 8988

Ubicación: Mina Kumurana-Linares-Potosí N°CAMPO: 00077

Fecha: La Paz, 8 de Diciembre de 1978 LGP: 186

ANALISIS MINEROGRAFICO

Composición mineralógica y porcentajes aproximados obtenidos a partir de la superficie pulida:

Cuarzo	$\text{SiO}_2$	65-70%
Pirita	$\text{FeS}_2$	5- 7%
Casiterita	$\text{SnO}_2$	< 1%
Oxidos hidratados de hierro		20-23%

El cuarzo representa el componente mineralógico más abundante, asociado al mismo ocurren cantidades apreciables de feldespatos alterados con escasa casiterita; el cuarzo en general es xenomórfico, aunque se han observado algunos cristales euhedrales incluidos en pirita.

La pirita se manifiesta en agregados cristalinos anhedrales rodeados por óxidos de hierro y en pequeños individuos alojados en cuarzo.

La casiterita se presenta en cristales anhedrales de 50a 400 micrones asociados a cuarzo y feldespatos.

Los óxidos hidratados de hierro son compuestos secundarios originales posiblemente por alteración de pirita, se presentan en los bordes de agregados de pirita; rodeando cristales de cuarzo y feldespatos.

Teniendo en cuenta las relaciones observadas en los minerales presentes en la sección, se estiman las siguientes fases de mineralización:

Fase I : Cuarzo  
Casiterita

Fase II : Pirita

Los óxidos de hierro podrian corresponder a una alteración de la pirita (Estado de oxidación secundaria).

Analizado por: ELSA DE VACA

INTERESADO: I.M.CH.

N°Lab: 9001

UBICACION: MINA KUMURANA - LINARES POTOSI

N°Campo: 000158

FECHA: La Paz, 4 de Diciembre de 1978

LGP: 188

ANALISIS MINERAGRAFICO

La superficie pulida de la muestra presenta la siguiente composición mineralógica y porcentajes aproximados:

Cuarzo	$\text{SiO}_2$	40 - 43 %
Pirita	$\text{FeS}_2$	50 - 55 %
Marcasita	$\text{FeS}_2$	< 1 %
Pirrotina	$\text{Fe}_{1-x}\text{S}$	< 1 %
Calcopirita	$\text{FeCuS}_2$	< 1 %
Casiterita	$\text{SnO}_2$	1 - 2 %
Wolframita	$\text{WO}_4(\text{FeMn})$	1 %
Jamesonita	$\text{Pb}_4\text{FeSb}_6\text{S}_{14}$	< 1 %
Estannina	$\text{Cu}_2\text{FeSnS}_4$	< 1 %
Arsenopirita	$\text{AsFeS}$	< 1 %

El cuarzo es bastante abundante en la sección, en general es xenomorfo aunque se observan individuos anhedrales asociados a pirita. Se halla reemplazando a wolframita y casiterita, lo cual nos indica que es posterior en la secuencia de formación. La pirita, es el componente mayoritario, se presenta en agregados cristalinos masivos y también en vetillas a través de cuarzo, wolframita y casiterita. Contiene pequeños cristales anhedrales de marcasita ubicados en fracturas. Se halla reemplazando al cuarzo y wolframita.

La pirrotina solo ocurre en individuos anhedrales incluidos en el cuarzo.

La calcopirita se presenta en dos cristales de 5-10 micrones en el borde de un cristal de pirrotina incluido en cuarzo.

La arsenopirita se presenta en individuos anhedrales incluidos en el cuarzo.



La casiterita se presenta en una especie de veta a través del cuarzo asociados a wolframita, estannina, pirita y jamesonita en su mayor parte esta en agregados cristalinos de grano grueso pero se hallan también individuos de grano medio y fino diseminados en el cuarzo.

La estannina ocurre íntimamente asociada a casiterita en vetillas a través de la misma y en los bordes de cristales de wolframita. La wolframita se encuentra en cristales xenomorfoicos asociados principalmente a cuarzo y casiterita. Presenta inclusiones anhedrales de pirrotina. Se observan vetillas de pirita-marcasita rellenas de fracturas y bordando cristales de la misma. Esta reemplazada por el cuarzo.

La jamesonita es un mineral escaso en la sección, esta asociado a casiterita y wolframita, se localiza en los bordes y fracturas. Teniendo en cuenta las observaciones efectuadas en los minerales presentes es posible estimar las siguientes fases de mineralización

FASE I Wolframita  
Casiterita  
Cuarzo

FASE II Arsenopirita  
Pirrotina  
Estannina  
Pirita  
Jamesonita  
Marcasita

*Elsa de Vaca*

Analizado por: ELSA DE VACA

c.r.

INTERESADO: I.M.CH.

N° Lab: 9002

UBICACION : MINA KUMURANA - LINARES POTOSI

N° Campo: 000159

FECHA: La Paz, 5 de Diciembre de 1978

LGP: 189

ANALISIS MINERAGRAFICO

La sección pulida de la muestra presenta la siguiente composición mineralógica y porcentajes aproximados:

Cuarzo	$\text{SiO}_2$	45 - 48 %
Pirita	$\text{FeS}_2$	40 - 42 %
Marcasita	$\text{FeS}_2$	7 - 10 %
Pirrotina	$\text{Fe}_{1-x}\text{S}$	< 1 %
Calcopirita	$\text{CuFeS}_2$	< 1 %
Estannina	$\text{Cu}_2\text{FeSnS}_4$	< 1 %
Arsenopirita	$\text{AsFeS}$	< 1 %
Esfalerita	$\text{ZnS}$	< 1 %
Jamesonita	$\text{Pb}_4\text{FeSb}_6\text{S}_{14}$	< 1 %

La pirita es el componente mayoritario, esta íntimamente asociada a marcasita y cuarzo, se presenta conformado agregados xenomorfoicos de aspecto masivo. La marcasita se localiza en fracturas y contornos cristalinos.

La calcopirita es un mineral escaso en la sección, se asocia a estannina y presenta ex-soluciones de esfalerita en formas de es trellitas. Se halla en cristales anhedrales y es invadida por marcasita.

La estannina solo ocurre en unos pocos cristales anhedrales rodeados por esfalerita y como pequeñas acumulaciones en los bordes de individuos de calcopirita.

La esfalerita se manifiesta como mineral de ex-solución en calco pirita y asociados a estannina, en cantidades ínfimas.

La pirrotina esta presente en cristales subhedrales a anhedrales de 50 a 150 micrones de diametro incluidos en el cuarzo.

La arsenopirita se aprecia en un reducido número de cristales subhedrales dispersos en el cuarzo.

La jamesonita se distingue en dos individuos anhedrales de escasas dimensiones alojados en el cuarzo.

El cuarzo es general xenomorfo, pero también se hallan cristales anhedrales incluidos dentro de la pirita. Esta reemplazado por los sulfuros, de donde se deduce que se ha formado con anterioridad.

Observando las relaciones entre los minerales presentes en la sección se estiman las siguientes fases de mineralización:

FASE I Cuarzo

FASE II Arsenopirita

Pirrotina

Calcopirita (con ex-soluciones de esfalerita)

Estannina

Esfalerita

Pirita

Jamesonita

Marcasita

*Enclaves*  
Analizado por: FLSA DE VACA

c.r.





Interesado: INVENTARIACION DE LA MEDITA CHICA  
 Ubicación: Mina Kumurana  
 Fecha: 1- 12 -78

N°Lab: 9003  
 N°Campo: 000081  
 LCP: 190

ANALISIS MINERAGRAFICO

La superficie pulida de la muestra presenta la siguiente composición mineralógica y porcentajes aproximados:

Cuarzo	SiO <sub>2</sub>	10-12%
Arsenopirita	FeAsS	75-80%
Calcopirita	CuFeS <sub>2</sub>	3-5 %
Esfalerita	ZnS	<< 1 %
Estannina	Cu <sub>2</sub> FeSnS <sub>4</sub>	1-2 %
Pirrotina	Fe <sub>1-x</sub> S	<< 1 %
Pirita	FeS <sub>2</sub>	1 %
Marcasita	FeS <sub>2</sub>	<< 1 %
Galena	PbS	<< 1 %
Casiterita	SnO <sub>2</sub>	<< 1 %

La muestra está formada principalmente por arsenopirita y cuarzo los demás minerales ocurren en cantidades menores.

El cuarzo es de aspecto masivo, se caracteriza por sus formas euhedrales a subhedrales, y se asocia a los sulfuros que son posteriores al mismo. La arsenopirita constituye el componente mayoritario, se aprecia en agregados de cristales subhedrales a anhedrales asociados a cuarzo y sulfuros. La calcopirita se presenta en cristales xenomórficos, contiene minerales de ex-solución: tales como: esfalerita en forma de diminutas estrellas y en menor cantidad pirrotina en cristales alargados de 5-10 micrones. Está reemplazando a arsenopirita y cuarzo; lo cual nos indica que es posterior en la secuencia paragenética.

La estannina se halla en individuos cristalinos anhedrales asociados a casiterita, esfalerita, arsenopirita, pirita y cuarzo.

Presenta abundantes ex-soluciones de calcopirita en forma de puntas o motas dándole un aspecto moteado. Esta bordeando cristales de casiterita, reemplazando a calcopirita e invadiendo cristales euhedrales de cuarzo.



La esfalerita se aprecia como pequeñas acumulaciones en los bordes de cristales de estannina y como mineral de ex-solución en calcopirita.

La pirrotina se manifiesta solo en escasos cristales de 10-30 micrones de diámetro incluidos en el cuarzo y como ex-soluciones en calcopirita.

La pirita está escasamente representada en la sección, se encuentra ubicada en el contacto entre cuarzo y arsenopirita y como vetillas a través de calcopirita y estannina. Esta invadiendo por los bordes a individuos de cuarzo, arsenopirita y calcopirita. Contiene diminutos cristales de marcasita a lo largo de fracturas.

La galena ocurre solo en dos cristales anhedrales de 30 y 250 micrones de diámetro, incluidos en el cuarzo; debido a su escasa cantidad y ubicación no se puede determinar su relación con respecto a los otros sulfuros.

La casiterita se presenta en individuos cristalinos anhedrales de (20-150 micrones) muy fracturados reemplazados por estannina asociada a cuarzo y sulfuros.

De acuerdo a la situación mineralógica de cada compuesto y sus relaciones, se estiman dos fases de mineralización en orden siguiente:

- |         |   |
|---------|---|
| Fase I  | Cuarzo (con inclusiones de pirrotina)                                 |
|         | Casiterita  |
| Fase II | Arsenopirita  |
|         | Calcopirita (con esfalerita, pirrotina como minerales de ex-solución) |
|         | Estannina (con calcopirita como mineral de ex-solución)               |
|         | Esfalerita  |
|         | Pirita  |
|         | Marcasita   |

*E. de Vaca*

Analizado por: ELSA DE VACA

INTERESADO: T.M.CH.

N°Lab: 9004

UBICACION : MINA KUMURANA - LINAPES POTOSI

N°Campo: 000082

FECHA: La Paz, 5 de Diciembre de 1978

LGP: 191

ANALISIS MINERAGRAFICO

La superficie pulida de la muestra presenta la siguiente composición mineralógica y porcentajes aproximados:

Cuarzo	$\text{SiO}_2$	50 - 54 %
Pirita	$\text{FeS}_2$	40 - 45 %
Pirrotina	$\text{Fe}_{1-x}\text{S}$	< 1 %
Arsenopirita	$\text{AsFeS}$	< 1 %
Calcopirita	$\text{CuFeS}_2$	< 1 %
Esfalerita	$\text{ZnS}$	< 1 %
Casiterita	$\text{SnO}_2$	< 1 %
Oxidos de hierro hidratados		1 %
Estannina	$\text{Cu}_2\text{FeSnS}_4$	< 1 %

La muestra esta constituida principalmente por cuarzo y pirita los demas minerales ocurren en cantidades ínfimas.

La arsenopirita se aprecia en individuos subhedrales a anhedrales de escasas dimensiones alojados en el cuarzo.

La pirrotina es un mineral que se presenta esporádicamente como inclusiones subhedrales en el cuarzo de 10 a 150 micrones de diametro.

La calcopirita ocurre en cristales anhedrales asociados íntimamente a casiterita y estannina, estan muy fracturados y presentan ex-soluciones de esfalerita en forma de diminutas estrellas.

La estannina se ubica en los bordes de cristales de calcopirita y en los contactos entre casiterita y cuarzo, se halla invadiendo a los mismos.

La pirita es uno de los componentes mayoritarios, se encuentra en agregados xenomorfoicos unívicos, bastante fracturados y esta reemplazando al cuarzo.

La casiterita se halla escasamente representada en la sección, ocurre en individuos cristalinos anhedrales, de 500-400 micrones de diametro, alojados dentro de la calcopirita, siendo reemplazado por estannina y calcopirita.

El cuarzo se presenta en agregados de cristales subhedrales a anhedrales, fracturados e invadidos por pirita y calcopirita. Los oxidos de hierro hidratados son productos de alteración de sulfuros, se encuentran bordeando cristales de pirita, calcopirita y recubriendo al cuarzo.

De acuerdo a las relaciones observadas entre los minerales presentes en la sección es posible estimar las siguientes secuencias de mineralización:

FASE I    Cuarzo  
          Casiterita

FASE II    Arsenopirita  
          Pirrotina  
          Calcopirita (con esfalerita como ex-solución)  
          Estannina  
          Pirita

*Elsa de Vaca*  
Analizado por: ELSA DE VACA

Interesado: INVENTARIACION DE LA MINERIA CHICA

N° LAB: 9005

Ubicación: Mina Kumurana-Linares-Potosí

N° CAMPO: 000083

Fecha: La Paz, 12 de Diciembre de 1978

LGP: 192

ANALISIS MINERAGRAFICO

Composición mineralógica v porcentajes aproximados obtenidos a partir de la superficie pulida:

Roca		70-75%
Calcopirita	$\text{CuFeS}_2$	<< 1%
Pirrotina	$\text{Fe}_{1-x}\text{S}$	7-10%
Esfalerita	$\text{ZnS}$	<< 1%
Estannina	$\text{Cu}_2\text{FeSnS}_4$	< 1%
Marcasita	$\text{FeS}_2$	< 1%
Siderita	$\text{CO}_3\text{Fe}$	3- 5%
Oxidos de hierro hidrata-		8-10%
dos		

La muestra está formada por una roca de grano grueso constituida por cuarzo, feldespatos alterados y filosilicatos. Contiene diversos sulfuros diseminados en la misma.

La pirrotina es el más abundante de los sulfuros, se encuentra en individuos anhedrales asociados a estannina, esfalerita y calcopirita; reemplazados parcialmente por siderita.

La pirita y marcasita podrian provenir por alteración de pirrotina ubicándose en los bordes v fracturas.

La estannina v esfalerita ocurren asociados íntimamente, en cristales anhedrales asociados a pirrotina reemplazándola a esta.

La calcopirita ocurre en pequeñas cantidades en la sección, se presenta en pequeños cristales anhedrales asociados a pirrotina.

La siderita se presenta en vetillas a través de la roca, e invadiendo a pirrotina.



Los óxidos de hierro hidratados son compuestos secundarios formados posiblemente por alteración de siderita, se encuentran recubriendo y enmascarando a cuarzo y feldespatos.

Teniendo en cuenta la situación mineralógica de cada componente y sus relaciones, se estiman dos fases de mineralización con la siguiente secuencia:

Fase I: Sulfuros  
Pirrotina  
Calcopirita  
Estannina - Esfalerita (?)

Fase II: Carbonatos  
Siderita

*En el dorso*  
Analizado por : ELSA DE VACA

S.C.

Interesado: INVENTARIACION DE LA MINERIA CHICA  
 Ubicación: Mina Kumurana-Linares-Potosí  
 Fecha: La Paz, 12 de Diciembre de 1978

Nº LAB: 9011  
 Nº CAMPO: 000506  
 LGP: 198

ANALISIS MINERAGRAFICO

Composición mineralógica y porcentajes aproximados obtenidos a partir de la superficie pulida:

Cuarzo	SiO <sub>2</sub>	55-60%
Pirita	FeS <sub>2</sub>	35-40%
Covelina	CuS	< 1%

La muestra está constituida principalmente por cuarzo asociado a pirita y a un mineral transparente de color verde claro no identificado en luz reflejada.

La pirita ocurre en individuos anhedrales conformando agregados, están reemplazados por el mineral transparente.

El cuarzo es abundante, se presenta en cristales subhedrales y anhedrales, fracturados e invadidos por el mineral transparente.

La covelina se encuentra en cantidades menores, ubicados en el mineral desconocido.

De acuerdo a la situación mineralógica de cada compuesto y sus relaciones se deducen las siguientes fases de mineralización:

Fase I	Cuarzo
Fase II	Pirita
Fase III	Mineral (?)

Analizado por: ELSA DE VACA

INTERESADO: I.M.CH.

N° Lab: 9016

UBICACION : MINA KUMURANA - LINARES POTOSI

N° Campo: 000194

FECHA: La Paz, 4 de Diciembre de 1978

LGP: 205

ANALISIS MINERAGRAFICO

Cuarzo	SiO <sub>2</sub>	97 - 98 %
Casiterita	SnO <sub>2</sub>	<< 1 %
Estannina	Cu <sub>2</sub> FeSnS <sub>4</sub>	<< 1 %
Pirrotina	FeS	<< 1 %
Esfalerita	ZnS	<< 1 %
Bismutina	Bi <sub>2</sub> S <sub>3</sub>	<< 1 %
Arsenopirita	AsFeS	<< 1 %
Marcasita	FeS <sub>2</sub>	<< 1 %
Pirita	FeS <sub>2</sub>	1 %

La muestra esta constituida principalmente por cuarzo, los demas minerales se hallan en cantidades infimas.

La pirita se aprecia en individuos xenomorfoicos de escasas dimensiones con textura coloforme, y en vetillas muy delgadas atraves del cuarzo; contiene cristales anhedrales de marcasita, se halla reemplazando al cuarzo.

La pirrotina y arsenopirita solo ocurren en unos pocos cristales subhedrales de 20 - 50 microns de diametro dispersos en el cuarzo. La esfalerita y estannina son minerales escasos en la seccion estan asociados intimamente y se hallan en cristales anhedrales alojados en el cuarzo.

La casiterita se manifiesta en forma de diminutos cristales de 5 a 20 micrones de diametro diseminados en el cuarzo, solo se ha observado un individuo de 200 micrones asociados al cuarzo.



La bismutina se encuentra en cristales anhedrales asociados al cuarzo, estos tienen aproximadamente de 30 - 50 micrones de diámetro.

El cuarzo es el componente mayoritario, es generalmente xenomorfo aunque se hallan algunos cristales anhedrales y subhedrales rodeados de pirita. Asociados al cuarzo se hallan pequeñas cantidades de filosilicatos.

Observando las relaciones entre los minerales presentes en la sección, es posible estimar las siguientes fases de mineralización:

Fase I Cuarzo  
Casiterita

Fase II Arsenopirita  
Pirrotina  
Estannina  
Esfalerita  
Bismutina \*  
Pirita  
Marcasita

BIBLIOTECA



FACULTAD DE ING.  
EN CIENCIAS DE LA TIERRA

\* La posición de Bismutina en la secuencia de los sulfuros no está muy clara en la sección.

*Elsa de Vaca*

Analizado por: ELSA DE VACA

S.C.



Interesado: INVENTARIACION DE LA MINERIA CHICA N° LAB: 9017  
 Ubicación: Mina Kumurana-Linares-Potosí N° CAMPO: 000195  
 Fecha: La Paz, 7 de Diciembre de 1978 LGP: 204

ANÁLISIS MINERAGRAFICO

Composición mineralógica y porcentajes aproximados obtenidos a partir de la superficie pulida:

Roca		90-91%
Pirrotina	$Fe_{1-x}S$	< 1%
Pirita	$FeS_2$	3- 5%
Marcasita	$FeS_2$	1- 2%
Esfalerita	ZnS	< 1%
Oxidos hidratados de hierro		1- 2%

La muestra representa una roca de grano grueso constituida por minerales transparentes, identificándose cuarzo, feldespatos alterados, filosilicatos y esfena.

La roca en general se halla mineralizada dado que presenta sulfuros diseminados y en vetillas.

La pirrotina y esfalerita son minerales que ocurren escasamente, en cristales anhedrales de 10-70 micrones, incluidos en el cuarzo.

La pirita es el sulfuro mayoritario, se encuentra en vetillas a través de la roca y también en pequeños individuos xenomórficos dispersos irregularmente. Se halla reemplazando al cuarzo y micas.

Los óxidos hidratados de hierros son productos secundarios formados posiblemente por alteración de hematita primaria. Se presentan en vetillas invadiendo y bordeando a pirita y cuarzo.

*ELSA DE VACA*  
 Analizado por: ELSA DE VACA *v*

S.C.

Interesado: INVENTARIACION DE LA MINERIA CHICA

N° LAB : 9018

Ubicación : Mina KUMURANA

N° CAMPO: 000196

Fecha : La Paz, 12 de Diciembre de 1978

L G P: 205

ANALISIS MINEGRAFICO

La sección pulida de la muestra presenta la siguiente composición mineralógica y porcentajes aproximados:

Roca (Granodiorita ?)	98-99 %
Pirita, $FeS_2$	<< 1 %
Esfalerita $ZnS$	<< 1 %
Covelina $CuS$	<< 1 %

Observada la sección en luz reflejada, se concluye que la misma se halla constituida por silicatos que forman una roca de grano grueso, identificándose cuarzo, feldespatos alterados, filosilicatos y esfena diseminada o asociada a las micas.

Los sulfuros son escasos y se presentan en forma de diseminaciones irregulares en la roca, se han identificado pirita, esfalerita, con formas anhédrales y pequeñas dimensiones (10-100 micrones).

La covelina ocurre asociada a esfalerita y posiblemente resulte de alteración de calcopirita.

En la sección no se ha observado casiterita.

*Elsa de Vaca*  
Analizado por: ELSA DE VACA

13

rac/

INTERESADO: I.M.CH.

N° Lab: 9020

UBICACION : MINA KUMURANA - LINAPES POTOST

N° Campo: 000198

FECHA: 5 de Diciembre de 1978

LGP: 207

ANALISIS MINERAGRAFICO

La muestra en sección pulida presenta la siguiente composición mineralógica y porcentajes aproximados:

Cuarzo	SiO <sub>2</sub>	40 - 50 %
Arcilla	(caolin(?))	40 - 50 %
Rutilo (?)	TiO <sub>2</sub>	< 1 %
Filosilicatos	(Clorita(?))	< 1 %

La muestra esta constituida por cristales de cuarzo xenomorfo rodeados por una matriz argilítica.

El cuarzo se presenta asociado a cristales anhedrales de rutilo y filosilicatos (posiblemente clorita ?) en cantidades minimas, esta reemplazado por los minerales arcillosos.

En la sección no se ha observado la presencia de casiterita asociada a cuarzo, ni ningun otro mineral opaco.

Analizado por: ELSA DE VACA

c.r.

## CONTENIDO DE PLANOS

1. Plano Geológico topográfico
  - 1.a. Perfiles geológicos
  - 2.a. Plano geológico interior mina veta María
  - 2.b. Plano geológico interior mina veta María
  - 3.a. Plano de muestreo y planificación de reservas veta María
  - 3.b. Plano de reservas y planificación de reservas veta María
4. Cortes desmonte Milligan
5. Plano de reservas desmonte Milligan
6. Plano de reservas desmonte Porvenir
7. Plano de reservas colas Ingenio
8. Diamantina y reservas veta Amalia



## BIBLIOGRAFIA

1. AHLFELD, Federico. *Geología de Bolivia*. Los Amigos del Libro, Cochabamba. 1972.
2. AHLFELD, Federico. *Geografía Física de Bolivia*, Los Amigos del libro, Cochabamba, 1969, 239 pp.
3. AHLFELD, F. BRANISA, L. *Geología de Bolivia*, Editorial Don Bosco, 1960.
4. AHLFELD, F. SCHEERBINA, A.S., *Yacimientos minerales y de Hidrocarburos de Bolivia*. D.N.G., Boletín N° 5, La Paz 1964, 338 pp.
5. AVILA, Waldo. *Un modelo de Tectónica de placas para el origen del cinturón estannífero Boliviano; parte Septentrional*, Sociedad Geológica Boliviana, La Paz 1.975.
6. BATEMAN, A.B. *Yacimientos minerales de rendimiento económico*, Omega, Barcelona-España, 1957, 946 pp.
7. BRISTOW, C.R. et HOFFSTETTER, R. *Lexique Stratigraphique International, Volumen V, Amérique Latine*, Ecuador. 1977. 410 pp.
8. CASTAÑO, A. RODRIGO, L. *Sinopsis estratigráfica de Bolivia, Paleozoico I Parte*, Academia Nacional de Ciencias de Bolivia, La Paz, 1978, 446 pp.

9. COMTON, R. Geología de Campo, Editorial Pax, México, 1970, 477 pp.
10. FEBREL, Molinero, Tirno. Investigación geológica y Evaluación de depósitos minerales, España. 1979, pp. 43-197.
11. FAUCHER, B. SABOYAT, E. Esquema geológico de los Andes Ecuatorianos, Federación de estudiantes de Geología, Minas y Petróleos del Ecuador, Guayaquil, 1975, 30 pp.
12. HEINRICH, E.W.M. Petrografía microscópica, Ediciones Omega S.A. Barcelona-España.
13. HUANG, W.T., Petrología, Centro Regional de Ayuda Técnica, México, 1968, 546 pp.
14. MATTAUER, Maurice. Las deformaciones de los materiales de la corteza terrestre, Impreso en FEPOL (Publicado por la AEIGMP-ESPOL), Guayaquil, 1981, 524 pp.
15. Mc KINSTRY, H.E. Geología de Minas, Ediciones Omega S.A. Barcelona-España. 1970, pp. 661.
16. PALADINES, P. Agustín. Provincias y Zonas metalogénicas del Ecuador, Universidad Central, Escuela de Geología - Minas y Petróleos, Quito-Ecuador, 1978, pp. 15-41.

17. PALADINES, P. Agustín. San Martín, Héctor D. Mapa Metalogénico del Ecuador, escala 1:1'000.000, Ministerio de Recursos Naturales y Energéticos, Dirección General de Geología y Minas, Quito-Ecuador, 1980, pp.56.
18. PETRASCBECK, W.E. Yacimientos y Criaderos, un estudio sucinto de los tesoros del subsuelo, Ediciones Omega S.A., Barcelona, 1965, 83-241 pp.
19. RAMÍREZ J.E., ALDRICH, L.J. La transición océano-continente en el Suroeste de Colombia, Instituto de Geofísica-Universidad Joviana. Colombia. 1977, pp.71-83.
20. SAUER, Walter. El mapa Geológico del Ecuador, Editorial Univeritaria, Quito-Ecuador, 1957, 71 pp.
21. YOUNG, G.J. Elementos de Minería, editorial Gustavo Gili, S.A. Barcelona, 1955.