

THE UNIVERSITY OF CHICAGO
THE EAST ASIAN LIBRARY
540 EAST 57TH STREET
CHICAGO, ILLINOIS 60637

LIBRARY MARKS

JICA LIBRARY

J 1142356(3)

UNIVERSITY OF CHICAGO
EAST ASIAN LIBRARY

194
11

INFORME FINAL
SOBRE
LA EXPLORACION MINERAL DE COOPERACION TECNICA
EN
EL AREA DE IMBAOESTE,
REPUBLICA DEL ECUADOR

MARZO, 1998

JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY
METAL MINING AGENCY OF JAPAN



1142356(3)

Prólogo

En respuesta a la petición del Gobierno de la República del Ecuador, el Gobierno Japonés decidió llevar a cabo un proyecto de exploración mineral para confirmar la posibilidad de la existencia de recursos minerales en el área de Imbaoste ubicado en la parte norte del país por los métodos de investigaciones geológica, geofísica, de perforación e incluyendo colección de datos para el estudio de prefactibilidad minera. El estudio de dicho proyecto se le confió a JICA (Japan International Cooperation Agency) y a MMAJ (Metal Mining Agency of Japan). MMAJ envió un equipo de estudio al área del proyecto desde el 4 de Noviembre de 1996 hasta el 10 de Febrero de 1997. MMAJ posteriormente envió una misión al Ecuador desde el 14 de Marzo de 1998 hasta el 23 de Marzo de 1998 para presentar los resultados del estudio realizado durante el año fiscal de 1997.

Todos los trabajos planificados durante el estudio de campo fueron realizados y completados con la colaboración del Ministerio de Energía y Minas y de CODIGEM (Corporación de Desarrollo e Investigación Geológico Minero Metalúrgica) de la República del Ecuador.

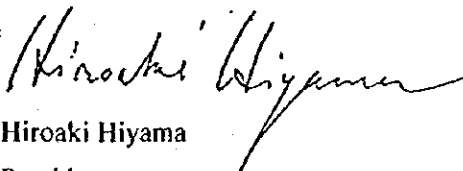
Este informe representa el informe correspondiente al presente año y que contiene los resultados de los estudios llevados a cabo en el área de Imbaoste durante los años fiscales de 1996 y 1997.

Deseamos expresar nuestro profundo aprecio a las organizaciones oficiales del Gobierno de la República del Ecuador por su amable cooperación.

Marzo, 1998



Kimio Fujita
Presidente
Japan International Cooperation Agency



Hiroaki Hiyama
Presidente
Metal Mining Agency of Japan

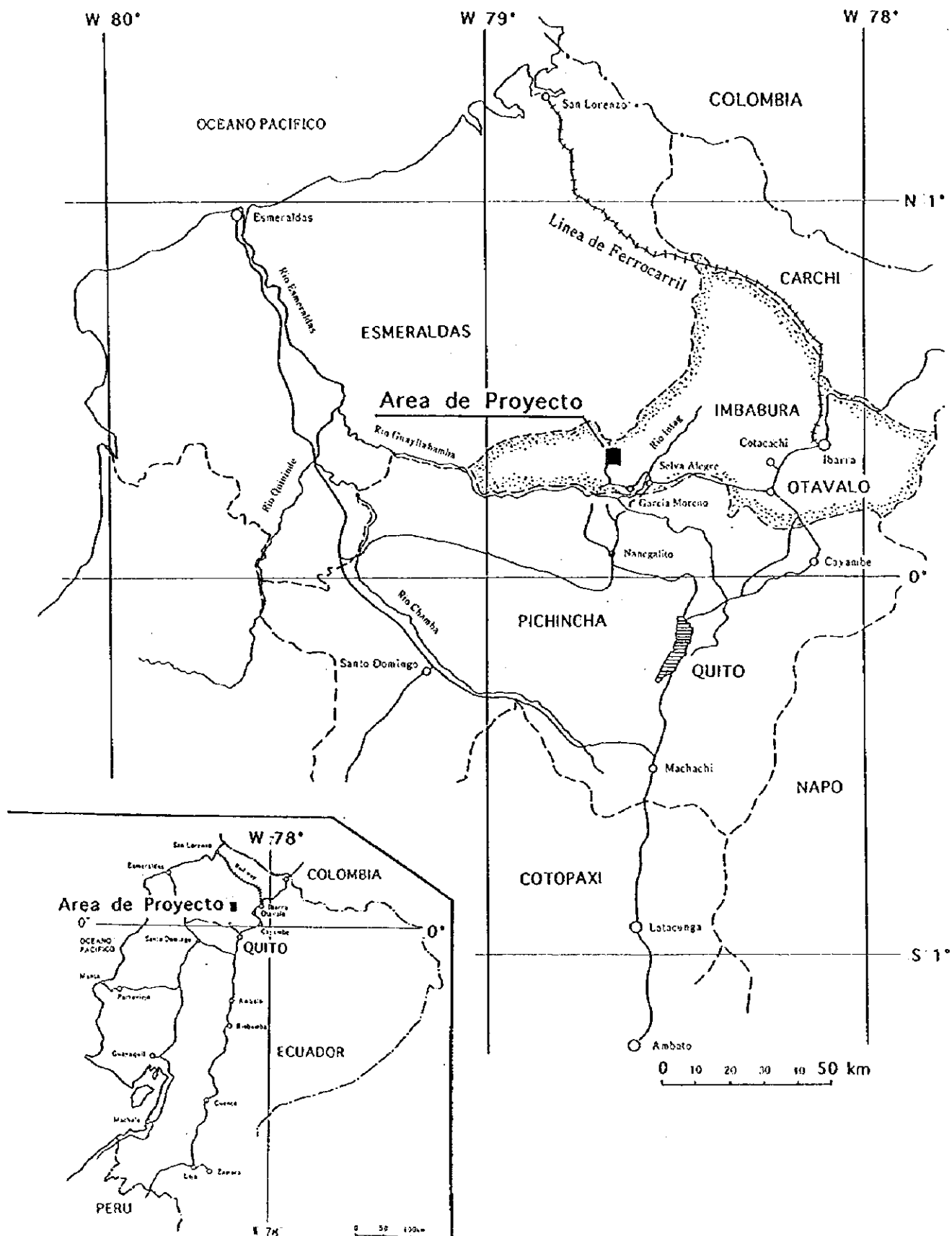


Fig. 1 Ubicación del área del proyecto

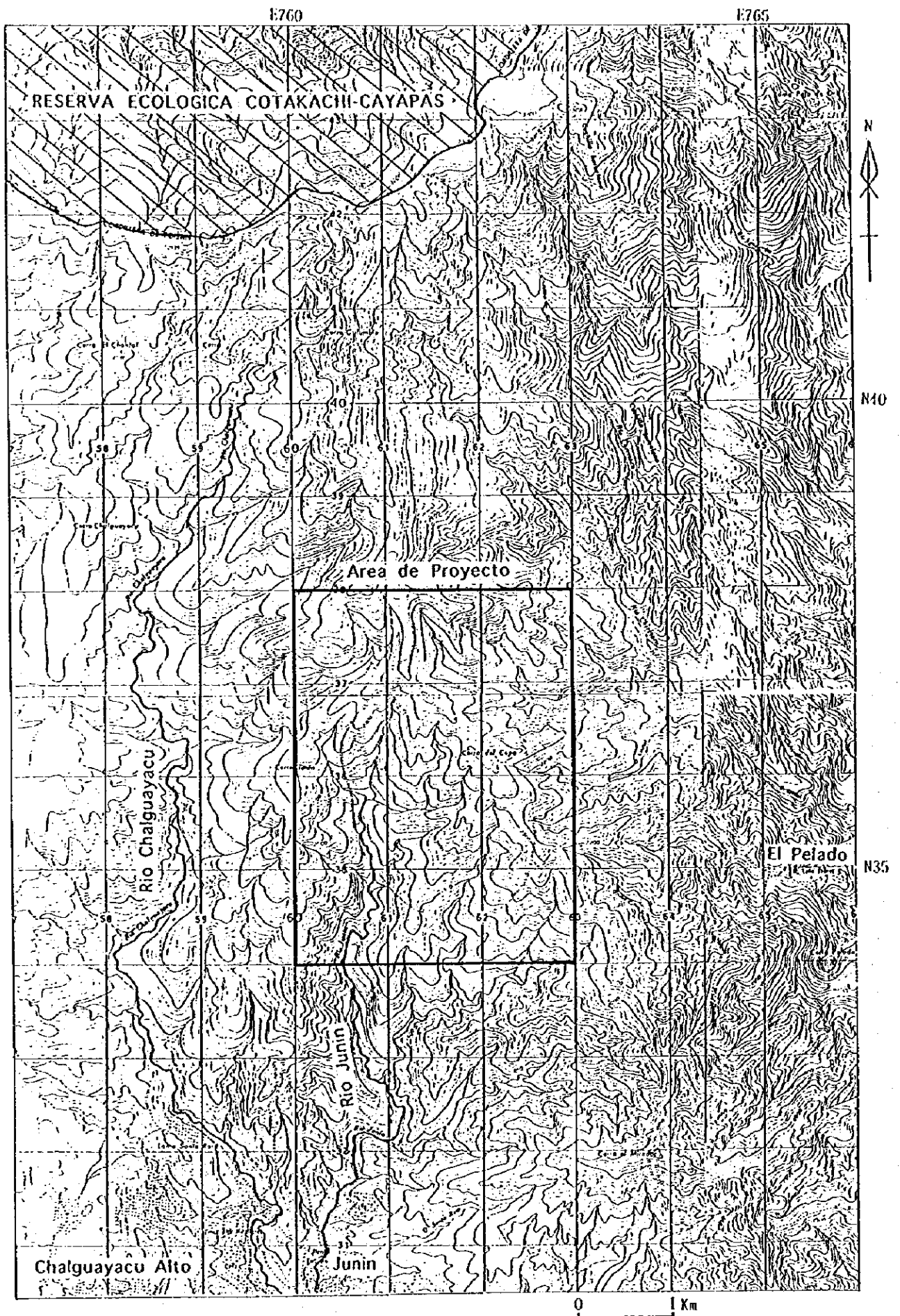
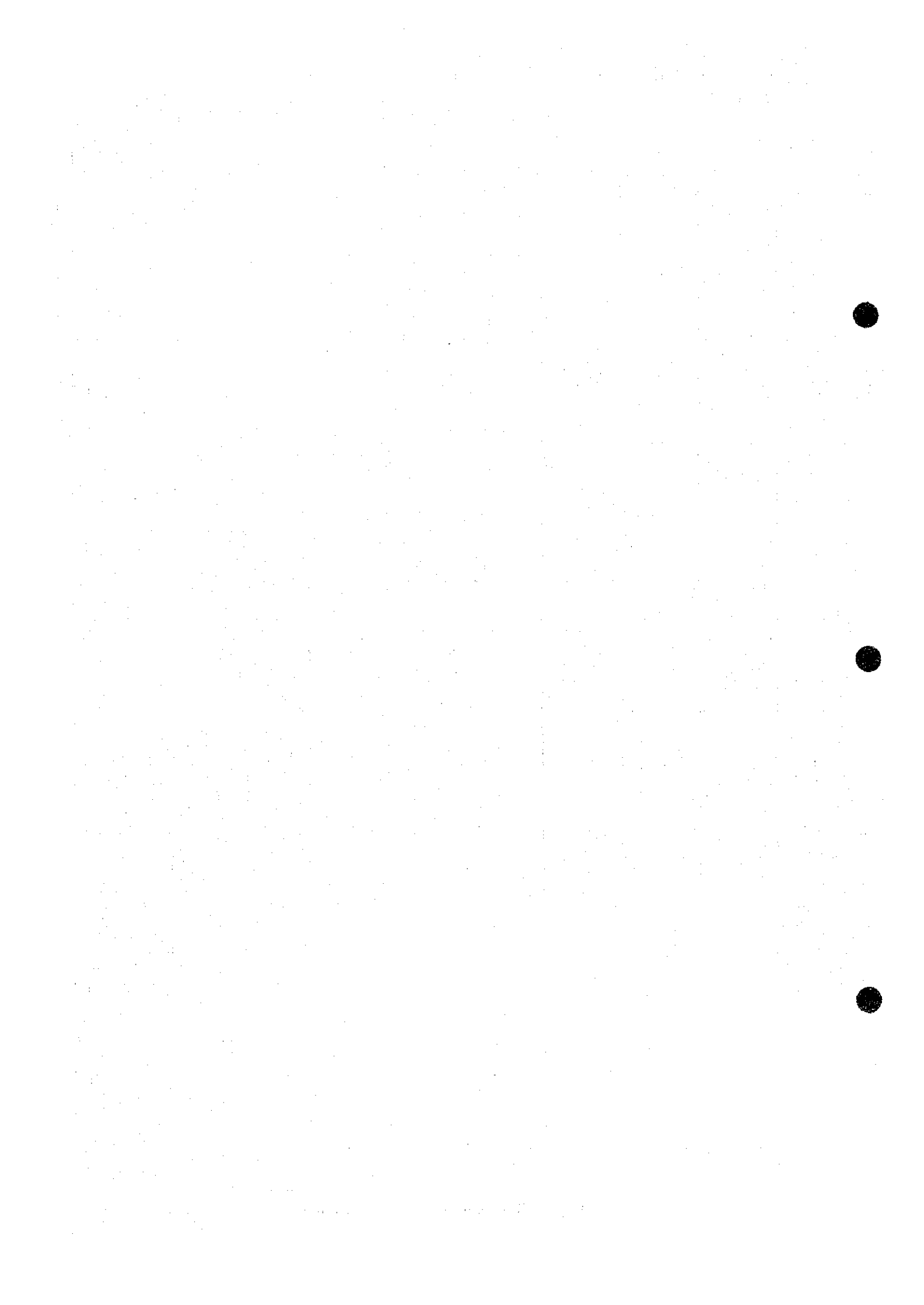


Fig. 2 Ubicación del área de Imbaoste



Resumen

El presente estudio se llevó a cabo en el área de Imbaoeste en base a los alcances de los trabajos para el proyecto de exploración mineral cooperativa acordados entre los gobiernos de las repúblicas de Ecuador y Japón el día 2 de Octubre de 1996.

El propósito del proyecto es el de obtener las reservas de alta ley por medio del esclarecimiento de la geología y mineralización y de la clarificación de la existencia de yacimientos minerales. En base a los resultados obtenidos de los estudios de exploración, se llevaron a cabo estudios de cálculos de reserva y ensayos de beneficiación. Como parte de los objetivos también se incluye la adecuada transferencia de tecnología al personal de la organización contraparte Ecuatoriana relacionada con el proyecto.

El área del proyecto está localizado en la parte oeste de la Provincia de Imbabura, a una distancia aproximada de 50 km al norte de Quito y situada sobre el costado occidental de la cadena de montañas Andinas en Ecuador (Fig. 1). El estudio en Junín, que incluye el área del presente proyecto, se realizó desde 1991 hasta 1993. Desde 1994 hasta 1995, el área del proyecto cubrió las dos áreas de Junín y de Cuellaje.

De los resultados obtenidos se reconoció mineralización de cobre y molibdeno del tipo de películas y de diseminación en granodiorita, pórfido cuarcífero y pórfido diorítico. Dichos resultados han hecho prever la existencia de depósitos prometedores en el área.

Los estudios realizados durante el año fiscal de 1996 comprendieron las investigaciones geológica, geofísica y de perforación. Además se realizó la colección de datos para el estudio de prefactibilidad. Durante el año fiscal de 1997, se realizaron los cálculos de reserva y ensayos de beneficiación.

Los resultados obtenidos durante el presente estudio pueden brevemente describirse como sigue:

Se reconoció la distribución de numerosos diques de pórfido granodiorítico con dirección ENE-WSW y buzamiento SSE en granodiorita. Dichos diques tienen tres facies litológicas de pórfido cuarcífero, pórfido granodiorítico y porfirita. Los diques están relacionados con mineralización.

Las mineralizaciones que se encuentran distribuidas en la parte media de la quebrada Controversia, aguas arribas de la quebrada Rica y la quebrada Fortuna están acompañadas de alteración del tipo de silicificación y sericitización y conteniendo diseminación y películas con

pirita, calcopirita, bornita y molibdenita.

Las zonas de alteración con las combinaciones de cuarzo-sericita-clorita corresponden a la zona filítica y se encuentran ampliamente distribuidas desde la parte central hacia la parte noreste y norte del área del estudio. Los resultados geofísicos y de perforación indicaron que la mineralización se encuentra probablemente distribuida ampliamente tanto hacia la parte noreste como también a profundidades de la parte sureste.

Los resultados preliminares de cálculos de reserva indicaron que la reserva posible es de 318 millones toneladas con ley promedio de 0.71% de Cu por ley de corte de 0.4% de Cu.

Los resultados de ensayos de beneficiación indicaron que la ley de concentrado es alto (39.7% de Cu) y que la razón de recuperación también resultó ser alto (95.8%).

Se recomienda llevar a cabo estudios de prefactibilidad de desarrollo minero en base a los resultados de las investigaciones adicionales. Ya que un buen plan es importante para un exitoso desarrollo minero, es sumamente importante estudiar cuidadosamente y evaluar las contramedidas necesarias para la protección ambiental por razón de la existencia del Área de Reserva Ecológica Cotacachi-Cayapas en la parte norte del área del proyecto. Dicho plan deberá de considerar los efectos que puedan ocasionar al medio ambiente en base a la previa realización de un estudio de impacto medio-ambiental.

CONTENIDO

Prólogo	
Ubicación del área de investigación	
Resumen	
Contenidos	
Lista de figuras, tablas y apéndices	

PARTE I DESCRIPCION GENERAL

Capítulo 1 Introducción	1
1-1 Antecedentes de la investigación	1
1-2 Sumario de la investigación	2
1-2-1 Area del estudio	2
1-2-2 Propósito	2
1-2-3 Metodología	2
1-2-4 Cantidades de trabajo	2
1-2-5 Personal de trabajo	2
1-2-6 Período de la investigación	7
Capítulo 2 Características geográficas del área del proyecto	8
2-1 Localización y acceso	8
2-2 Topografía e hidrografía	8
2-3 Clima y vegetación	9
Capítulo 3 Geología general y mineralización	10
3-1 Geología general	10
3-2 Mineralización	12
Capítulo 4 Resumen de los resultados de la exploración en el año fiscal de 1996	13
4-1 Investigación geológica	13
4-2 Investigación geofísica	22
4-3 Investigación de perforación	27
4-4 Datos básicos para el estudio de prefactibilidad	33
Capítulo 5 Resumen de los resultados de la exploración durante el año fiscal de 1997	35
5-1 Cálculos preliminares de reserva	35
5-2 Ensayo de beneficiación	36

Capítulo 6 Discusión sobre los resultados de la exploración	40
6-1 Mineralización	40
6-2 Cálculos preliminares de reserva	41
6-3 Estudios de prefactibilidad	42
Capítulo 7 Conclusiones y recomendaciones	43
7-1 Conclusiones	43
7-2 Recomendaciones	51

PARTE II DESCRIPCION DETALLADA

Capítulo 1 Cálculos preliminares de reserva	53
1-1 Propósito	53
1-2 Método de cálculo	53
1-3 Resultados de cálculo	56
1-4 Conclusiones	65
Capítulo 2 Ensayo de beneficiación	67
2-1 Propósito	67
2-2 Método de ensayo	67
2-2-1 Preparación de muestras	67
2-2-2 Ensayo de propiedades físicas de la mena	69
2-2-3 Ensayo básico de beneficiación	69
2-2-4 Ensayo de tratamiento de cola y de aguas de desecho	73
2-3 Resultados de ensayo	73
2-3-1 Ensayo de propiedades físicas de la mena	73
2-3-2 Ensayo básico de beneficiación	79
2-3-3 Ensayo de tratamiento de cola y aguas de desecho	81
2-4 Análisis	82
2-4-1 Flujograma de flotación	82
2-4-2 Flujograma del proceso general	85
2-4-3 Diseño conceptual de la planta de beneficio	86
2-5 Conclusiones	89

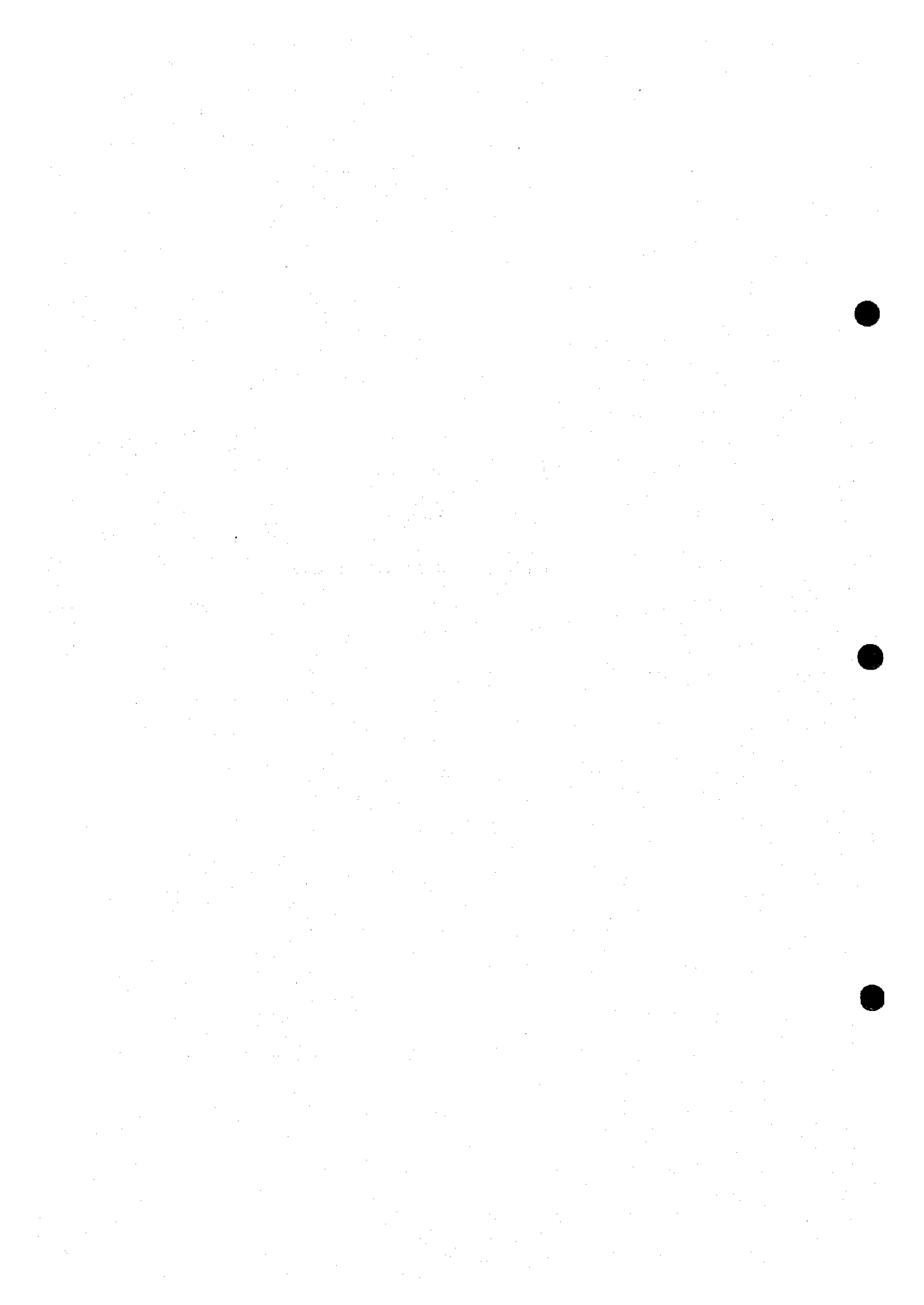
PARTE III CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Capítulo 1 Conclusiones	95
1-1 Mineralización	95
1-2 Cálculos preliminares de reserva	97
1-3 Ensayo de beneficiación	98
1-4 Plan de desarrollo minero	101
Capítulo 2 Recomendaciones.....	103
Bibliografía	105
Lista de figuras, tablas y apéndices	107



PARTE I

DESCRIPCION GENERAL



CAPITULO 1 INTRODUCCION

1-1 Antecedentes de la investigación

En la parte de la margen occidental de la montañas Andinas oeste en la República del Ecuador, corre un cinturón de depósitos de cobre porfirítico desde América del norte hasta América del sur. El área de esta investigación está localizado dentro de dicho cinturón.

La investigación geoquímica regional del proyecto noroeste de DGGM se realizó en los años 1981 y 1982, por lo que varias áreas prometedoras fueron delineadas.

Desde 1984 hasta 1985 se realizaron investigaciones geológica, geoquímica y geofísica en la base de un proyecto cooperativo con Bélgica. Como resultado de estos estudios, varias áreas prometedoras fueron delineadas, sin embargo, a dichos estudios no se les dió seguimiento.

Como respuesta a petición formulada por el Gobierno de la República del Ecuador al Gobierno de Japón, se realizaron desde 1991 hasta 1993 investigaciones geológica, geoquímica, geofísica y de perforación dentro de un programa de exploración cooperativa en el área de Junín y sus alrededores. Como resultado de este proyecto se detectó la existencia de zonas mineralizadas prometedoras de cobre y molibdeno.

Desde 1994 hasta 1995 investigaciones de perforación fueron realizadas como exploración cooperativa en el área de Junín en respuesta a solicitud hecha por el Gobierno de la República del Ecuador al Gobierno de Japón, dentro del proyecto denominado Proyecto Junín y Cuellaje. La existencia de zonas mineralizadas prometedoras de cobre y molibdeno fue detectada en las cercanías de la quebrada Controversia.

A raíz de dichos descubrimientos, el Gobierno de la República del Ecuador presentó una petición de un proyecto denominado Proyecto Imbaoeste, al Gobierno de Japón en Agosto de 1996. En respuesta a la petición, el Gobierno de Japón envió una misión oficial de JICA (Japan International Cooperation Agency) y de MMAJ (Metal Mining Agency of Japan) al Ecuador desde el 30 de Septiembre de 1996 hasta el 5 de Octubre de 1996. El alcance de los trabajos para definir el contenido de los estudios de detalle fue acordado conjuntamente por CODIGEM (Corporación de Desarrollo e Investigación Geológico Minero Metalúrgica) el día 2 de Octubre de 1996. Los estudios se realizaron durante el año fiscal de 1996 finalizando dichos estudios en el año fiscal de 1997.

Durante el año fiscal de 1996, MMAJ envió un equipo de estudio al Ecuador desde el día 4 de Noviembre de 1996 hasta el día 10 de Febrero de 1997 para la ejecución de los trabajos de campo dentro del primer año.

Durante el año fiscal de 1997, como continuación de los anteriores estudios, se llevaron a cabo los estudios para los cálculos de reserva y ensayos de beneficiación.

La ubicación del área de Imbaoeste se muestra en las Figs.1 y 2.

1-2 Resumen de la investigación

1-2-1 Area del estudio

El área de estudio abarca 12 km² y se ubica en la parte oeste de la provincia de Imbabura, como se indica en las Figs. 1 y 2.

1-2-2 Propósito

El propósito del proyecto es el de obtener las reservas de alta ley por medio del esclarecimiento de la geología y mineralización y de la clarificación de la existencia de yacimiento mineral. Como objetivos también están el de hacer una evaluación preliminar de las reservas minerales y realizar ensayos de beneficiación en base a los resultados obtenidos durante los estudios de exploración. Como parte de los objetivos también se incluye la adecuada transferencia de tecnología al personal de la organización contraparte Ecuatoriana relacionada con el proyecto.

1-2-3 Metodología

Estudios geológico, geofísico y de perforación se realizaron durante el año fiscal de 1996 en el área de Imbaoeste dentro de la ubicación señalada en la Fig. 1-1-1. De manera igual se realizó también la colección de datos para el desarrollo minero.

Durante el año fiscal de 1997, se llevaron a cabo los estudios para cálculos de reserva y ensayo de beneficiación.

1-2-4 Cantidades de trabajo

Los trabajos realizados en el propio campo y los estudios de laboratorio para cada método de investigación durante los años fiscales de 1996 y 1997 están señalados en la Tabla 1-1-1 y Tabla 1-1-2.

1-2-5 Personal de trabajo

Este trabajo se realizó con la participación conjunta de miembros Ecuatorianos y Japoneses. El personal que estuvo involucrado en el proyecto, tanto administradores como miembros del equipo de investigación están indicados como siguen:

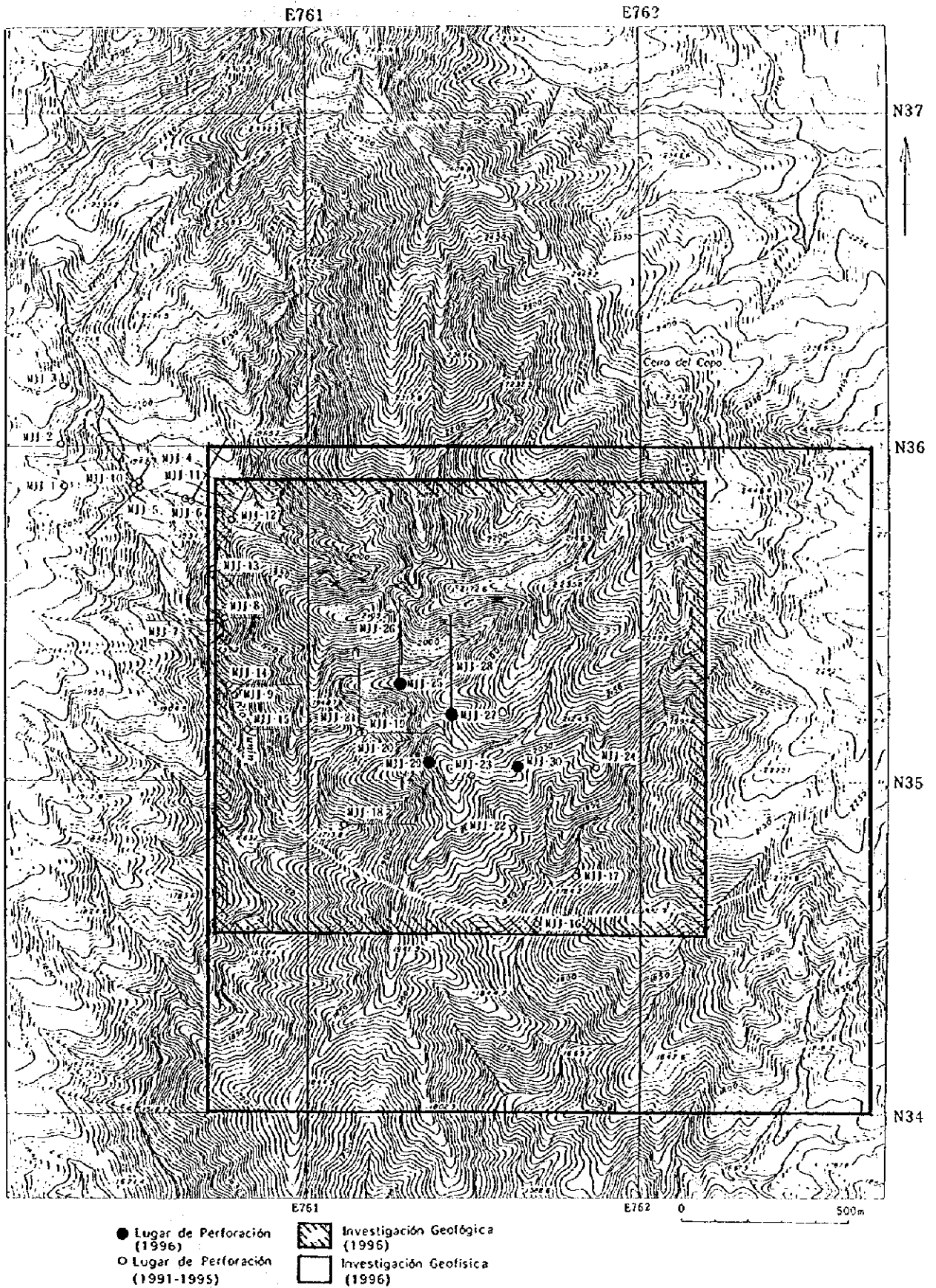


Fig. I-1-1 Ubicación del área de las investigaciones geológica, geofísica y de perforación realizadas durante el año fiscal de 1997

Tabla I-1-1 Cantidad de trabajo realizado durante el año fiscal de 1996

(1) Artículos y cantidades del estudio en el área de Imbaoste

(1) Estudio geológico						
Área del estudio						2 Km ²
Longitud de investigación de ruta						9 Km
(2) Estudio geofísico						
Área de estudio						5 Km ²
Lugar de medida						91 sitios
(3) Perforación						
Pozo No.	Ubicación		Altitud(m)	Dirección	Inclinación	Profundidad(m)
MJJ-25	N35.294 E761.275		1,977.44	-	-90	602.58
MJJ-26	N35.294 E761.275		1,977.44	N 0 E	-60	502.00
MJJ-27	N35.200 E761.440		2,018.23	-	-90	602.58
MJJ-28	N35.200 E761.400		2,018.23	N 0 E	-60	602.58
MJJ-29	N35.050 E761.365		2,034.67	-	-90	601.98
MJJ-30	N35.041 E761.638		2,012.25	-	-90	602.56

(2) Artículos y cantidades del análisis del laboratorio

(1) Estudio geológico		
Sección delgada		42 piezas
Sección pulida		22 piezas
Ensayo de rayos X		74 piezas
Medida de temperatura de inclusión de relleno		12 piezas
Determinación de edad		4 piezas
Análisis químico (Au, Ag, Cu, Pb, Zn, Mo y Fe)		42 piezas
Análisis químico (Au, Ag, Ca, Cu, Fe, Mo, Na, K, Pb, Rb, S, Sr, Zn)		420 piezas
(2) Estudio geofísico		105 piezas
Medida de resistividad específica		
(3) Perforación		34 piezas

Pozo No.	Sección delgada	Sección pulida	Ensayo por rayo X	Medida de temperatura de inclusión de relleno	Determinación de edad	Análisis químico (1)	Análisis químico (2)	Análisis químico (3)
MJJ-25	6	3	11	4	0	240	60	17
MJJ-26	5	6	12	3	0	200	50	15
MJJ-27	4	3	13	4	0	240	60	17
MJJ-28	5	3	13	3	0	241	60	17
MJJ-29	5	4	14	4	1	240	60	17
MJJ-30	4	3	11	4	1	239	60	17
Total	29	22	74	22	2	1400	350	100

Análisis químico (1): Análisis en Japón

Elementos químicos analizados Au, Ag, Cu, Fe, Mo, Pb, Zn

Análisis químico (2): Análisis en Japón

Elementos químicos analizados Au, Ag, Ca, Cu, Fe, Mo, Na, K, Pb, Rb, S, Sr, Zn

Análisis químico (3): Análisis en CODIGEM

Elementos químicos analizados Au, Ag, Cu, Fe, Mo, Pb, Zn

Tabla I-1-2 Cantidad de trabajo realizado durante el año fiscal de 1997

Artículos y cantidades del análisis en el laboratorio

Cantidades	Artículos
(1) Ensayo para característica de mena	
1. Medición de gravedad específica Mena	2 piezas
2. Determinación de índice de trabajo Mena	2 piezas
3. Ensayo refracción de rayos X en polvo Mena	2 piezas
Concentrado de flotación desbastadora	5 piezas
Concentrado medio de flotación	2 piezas
Cola de flotación desbastadora	2 piezas
4. Observación microscópica de sección pulida Mena de cada grano	12 piezas
Concentrado de flotación desbastadora	5 piezas
Concentrado de flotación colectiva	6 piezas
Concentrado medio de flotación	2 piezas
Cola de flotación desbastadora	2 piezas
5. Análisis por EPMA (elementos de análisis: Cu, Mo, Fe, S, Sb, Ag) Mena	4 piezas
(2) Ensayo básico de beneficiación	
1) Ensayo de molienda	
1. Análisis químico (elementos de análisis: Cu, Mo, Fe, S, SiO ₂) Mena de cada grano	26 piezas
2. Análisis químico (elementos de análisis: SiO ₂ , TiO ₂ , Al ₂ O ₃ , Fe ₂ O ₃ , FeO, MnO, MgO, CaO, Na ₂ O, K ₂ O, H ₂ O ⁻ , H ₂ O ⁺ , S, SO ₃ ⁻ , CO ₂ , Cu, Mo, As, Zn, Pb) Mena	2 piezas
2) Ensayo básico de flotación Análisis químico (elementos de análisis: Cu, Fe, Ca, Mg, Al, As, SiO ₂ , Mo, S, Au, Ag) Concentrado de flotación desbastadora	6 piezas
Cola de flotación desbastadora	6 piezas
Concentrado de flotación relavadora	5 piezas
Concentrado medio de flotación relavadora	2 piezas
Cola de flotación relavadora	2 piezas
3) Ensayo de flotación colectiva Cu-Mo Análisis químico (elementos de análisis: Cu, Fe, Ca, Mg, Al, As, SiO ₂ , Mo, S) Mena	2 piezas
Concentrado de flotación relavadora	15 piezas
Concentrado medio de flotación relavadora	12 piezas
Cola de flotación relavadora	6 piezas
(3) Ensayo de tratamiento de agua servida y cola	
1) Ensayo de sedimentación Cola de flotación	10 piezas
2) Ensayo de agua servida Análisis de calidad de agua (elementos de análisis: As, Ba, Cd, Cu, Cr, Fenol, Hg, Ni, Ag, Pb, Se, Zn, Fe, pH) Agua filtrada de concentrado de flotación	2 piezas
Agua filtrada de concentrado medio	2 piezas
Agua filtrada de cola de flotación	2 piezas

1) Equipo de planeamiento y negociación en 1996

Tamon Kitabatake (MMAJ)	Arnold Alen Castro (Ministerio de Energía y Minas)
Kenichi Takahashi (JICA)	Zoilo Angulo (CODIGEM)
Nobuyasu Nishikawa (MMAJ)	Tito Viteri (CODIGEM)
Katsuhisa Ono (MMAJ)	Luis Mosquera (CODIGEM)
Hitoshi Shimoda (MMAJ, Lima)	Susana Salvador (CODIGEM)
	Marlon Ponce (CODIGEM)
	Gloria Paredes (CODIGEM)

2) Equipo de investigación en 1996

Masahiko Nono (BEC)	Juan Sosa (CODIGEM)
Junichi Yamagata (BEC)	Ivan Endara (CODIGEM)
Manabu Kaku (BEC)	Kleber Silva (CODIGEM)
Junichi Sasaki (BEC)	Henry Palomino (CODIGEM)
Tamio Onishi (BEC)	Carlos Ortiz (CODIGEM)
Masato Kusaka (BEC)	Marlon Ponce (CODIGEM)
Satoru Tada (BEC)	Miguel Flores (CODIGEM)
Shingo Tomiyama (BEC)	
Kenkichi Horio (BEC)	

3) Equipo de investigación en 1997

Takashi Kamiki (MMAJ)	Jorge Sevilla (CODIGEM)
Hitoshi Shimoda (MMAJ, Lima)	Guillermo Aguilera (CODIGEM)
Masahiko Nono (MMRC)	Luis Mosquera (CODIGEM)
Junichi Yamagata (MMRC)	Henry Palomino (CODIGEM)
Takashi Sugita (MMRC)	
Hiroshi Kondo (MMRC)	
Hiroshi Matsuyama (MMRC)	
Hideyuki Kadowaki (MMRC)	
Hajima Negishi (MMRC)	

JICA: Japan International Cooperation Agency

MMAJ: Metal Mining Agency of Japan

CODIGEM: Corporación de Desarrollo e Investigación Geológico Minero Metalúrgica.

BEC: Bishimetal Exploration Co., Ltd.

MMRC: Mitsubishi Materials Natural Resources Development Corp.

1-2-6 Período de la investigación

La investigación de campo fue realizada en los siguientes períodos :

1) Estudio en el año fiscal de 1996

Planeamiento:	Desde 30 de Septiembre 1996 al 5 de Octubre 1996
Investigación geológica:	Desde 2 de Diciembre 1996 al 31 de Enero 1997
Investigación geofísica:	Desde 4 de Noviembre 1996 al 28 de Diciembre 1996
Investigación de perforación:	Desde 4 de Noviembre 1996 al 10 de Febrero 1997
Estudio de prefactibilidad:	Desde 11 de Noviembre 1996 al 19 de Diciembre 1996
Análisis e Informe:	Desde 20 de Diciembre 1996 al 10 de Marzo 1997

2) Estudio en el año fiscal de 1997

Planeamiento	Desde 24 de Agosto 1997 al 14 de Septiembre 1997
Cálculo de reserva:	Desde 27 de Diciembre 1997 al 27 de Febrero 1998
Ensayo de beneficiación:	Desde 27 de Diciembre 1997 al 27 de Febrero 1998
Análisis e Informe:	Desde 16 de Enero 1998 al 23 de Marzo 1998
Presentación de resultados:	Desde 14 de Marzo 1998 al 23 de Marzo 1998

CAPITULO 2 CARACTERISTICAS GEOGRAFICAS DEL AREA DEL PROYECTO

2-1 Localización y acceso

El área del proyecto, Imbaoeste, se localiza en la parte oeste de la provincia de Imbabura, aproximadamente a 50 km., al norte de Quito, capital del Ecuador. El área del proyecto consiste de 12 km² y delimitada por el siguiente código de coordenadas:

N 38,000, E 760,000

N 38,000, E 763,000

N 34,000, E 760,000

N 34,000, E 763,000

El campamento base para el área de Imbaoeste fue ubicado en García Moreno. García Moreno está aproximadamente a 200 km. de distancia por carretera y cinco horas en vehículo desde Quito vía Otavalo. De García Moreno a Chalguyacu Alto se ingresa al área central de Imbaoeste el cual toma aproximadamente una hora y media por carretera no pavimentada de 22 km. Desde Chalguyacu Alto al helipuerto de Junín en la zona central del área de Imbaoeste, se requiere de media hora por carretera de 10 km.

2-2 Topografía e hidrografía

El área del proyecto está situado en el flanco oeste de la cordillera de los Andes y está situada en el flanco meridional y hacia el sudeste del flanco de la cordillera de Toisan. La topografía del área del proyecto es muy escarpada, el rango de elevación oscila entre 1,500 a 2,800 m sobre el nivel del mar. La cima más prominente distribuida alrededor del área del proyecto es el monte Cotacachi (4,937m) que está localizado al oriente del área.

En el área del proyecto y sus alrededores, el principal sistema de drenaje se origina en la cordillera de los Andes y el río Guayllabamba que corre al oeste del área meridional y confluye con el río Esmeraldas que desemboca al Océano Pacífico y el río Mira que corre en la dirección noroeste. El área de proyecto se distribuye en una bifurcación a lo largo de la corriente superior del río Guayllabamba. Adicionalmente a esta dirección preferencial, un segundo grado de sistema de drenaje está caracterizado por un sistema N-S como el río Junín ; un sistema NE-SW como el de la quebrada Fortuna y un sistema NW-SE tal como de la quebrada Limonita y de la quebrada Crisocola del área.

2-3 Clima y vegetación

El clima en el área del proyecto es tropical con alta humedad. El rango de temperatura anual va desde 10 a 24°C. El rango de humedad anual llega a más del 75%. La cantidad de precipitación anual oscila entre 2,000 a 3,000 mm. La estación lluviosa va de Diciembre a Abril, mientras que la estación seca de Mayo a Noviembre.

La vegetación en el área del proyecto consiste principalmente de selva tropical de altura desde 1,600 al 2,000 mts y de campo-prado en la tierra baja.

CAPITULO 3 GEOLOGIA GENERAL Y MINERALIZACION

3-1 Geología general

El Ecuador está situado en el lado noroeste del continente sudamericano y ocupa un lugar geográfico entre Colombia y Perú. Geotectónicamente, Ecuador pertenece al cinturón móvil del geosinclinal Andino, el cual está formado en una banda estrecha a lo largo del margen oeste del escudo Guayano-Brasileño el mismo que está caracterizado como una estructura geotectónica con fallas, pliegues y una violenta actividad volcánica como eugeosinclinal.

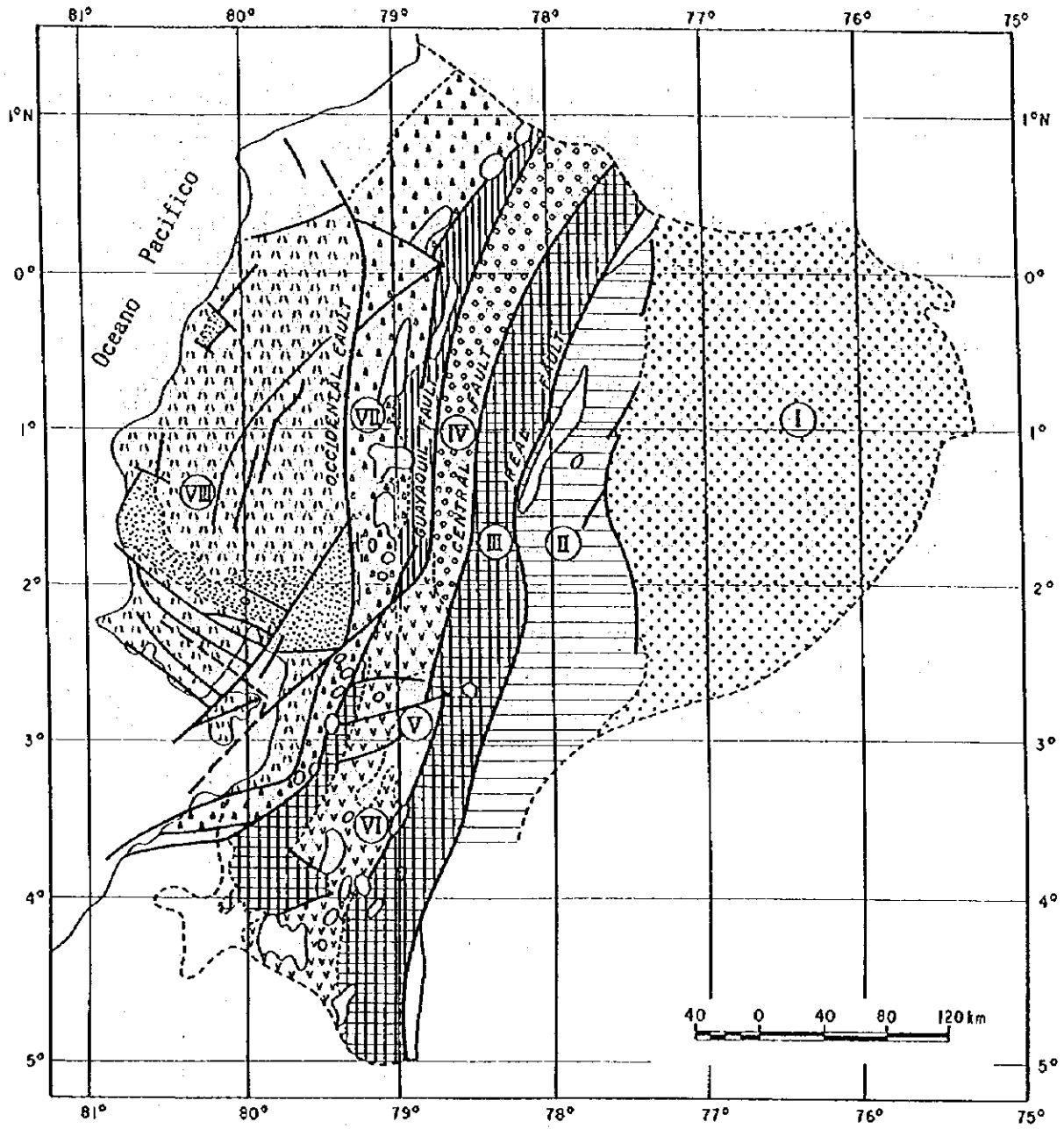
La geología del Ecuador consiste de rocas desde el pre-Cambriano hasta el Cuaternario. Las principales estructuras geológicas muestran una dirección NNE-SSW que se refleja en la distribución de tres alineaciones geotectónicas: Costa, Sierra y Oriente (Fig. I-3-1).

La geología de la alineación costera está compuesta de formaciones marinas de basalto, tobas y brechas del Mesozoico (formación Pinon), formaciones terciarias de arenisca, volcánicas y formaciones cuaternarias de sedimentos.

La geología de la Sierra está compuesta de tres zonas geológicas: la cordillera occidental, la depresión interandina y la cordillera oriental. Las rocas volcánicas de la cordillera occidental, las cuales han sido ya datadas corresponden del Cretáceo al Paleógeno (formación Macuchi) se extienden enormemente. En la parte meridional de la cordillera occidental, el basamento Paleozoico y Precambriano se reconocen por su distribución. En la depresión interandina, muchas cuencas de depositación están dispersas y están llenadas de sedimentos y detritos volcánicos. La cordillera occidental consiste de rocas metamórficas y volcánicas, las cuales han sido datadas y corresponden a fechas del pre-Cambriano al Mesozoico.

La geología del oriente está formada por estratos sedimentarios desde el Carbonífero al Cuaternario.

El área de proyecto está sobre la cordillera occidental. La geología alrededor de la área de proyecto consiste de rocas graníticas ácidas a intermedias llamadas batolito Apuela-Nanegal que intruye a la formación Macuchi (MRNE/DGGM, 1982). Mediante el método de fechado por K-Ar se determinó que el batolito granodiorítico en el área del proyecto está entre 13 a 15 m.a., mientras que los intrusivos de rocas porfíricas están entre 6 a 11 m.a. Las principales estructuras geológicas se orientan en dirección N-S y NNE-SSW estando representadas por la distribución característica del batolito Apuela- Nanegal.



Legenda

- | | | | |
|-----|------------------------------------|------|--|
| I | Cuenca marginal de Iquitos | VII | Anticlinorio-Sinclinorio de la Cordillera Occidental |
| II | Zona premontanosa Oriental | VIII | Provincia Costanera |
| III | Anticlinorio de la Cordillera Real | | Falla |
| IV | Graben de Quito | | Rocas intrusivas |
| V | Cuenca del Azuay | | |
| VI | Graben Sinclinorio de Catamayo | | |

Fig. I-3-1 Zona geotectónicas y zona metalogénicas en el Ecuador

3-2 Mineralización

El Ecuador tiene dos grandes provincias metalogénicas: la oriental y la occidental, cada una de las cuales está subdividida en 8 zonas metalogénicas respectivamente (INEMIN 1988, Fig. I-3-1).

El área Imbaoeste está situada en la zona metalogénica VII, la misma que es un anticlinario-sinclinorio de la provincia metalogénica occidental. La zona VII se extiende en la dirección norte-sur, estando la mayor parte del límite septentrional ubicada posiblemente alrededor del depósito Piedranca en Colombia; hacia el sur, se ubican la zona mineralizada Telimbela, El Torneado y el depósito de cobre porfirítico de Chaucha, mientras que más hacia sur el depósito de Michiquillay en Perú. En la vecindad de Piedranca también se ha reconocido recientemente una mineralización aurífera. Depósitos de sulfuros masivos han sido extraídos de la mina La Plata y la mina Macuchi que están situados al sur de Quito. Depósitos polimetálicos han sido extraídos de la mina de Portovelo en la parte meridional del Ecuador.

Por lo tanto, la zona VII podría tener un alto potencial de depósitos minerales especialmente del tipo de depósitos de cobre porfirítico. En la área de Imbaoeste, mineralización de cobre y molibdeno se ha verificado (JICA/MMAJ, 1992) y se espera la existencia de depósitos minerales de cobre porfirítico.

CAPITULO 4 RESUMEN DE LOS RESULTADOS DE LA EXPLORACION DURANTE EL AÑO FISCAL DE 1997

4-1 Investigación geológica

(1) Método de investigación

El área cubierta por el estudio está ubicada en la parte central del área de Imbaoste conforme a lo indicado en la Fig. I-1-1.

Las rutas de las investigaciones se levantaron topográficamente por medio de una brújula tipo Ushikata y cinta métrica, las cuales fueron conducidos a lo largo de ríos, crestas y caminos que se abrieron para el transporte de los equipos a utilizar en las perforaciones.

(2) Geología y estructuras geológicas

La geología en el área bajo estudio y en las áreas situadas en los alrededores esta compuesta predominantemente por granodiorita y pórfidos variados (Fig. II-4-1). La granodiorita se correlaciona con el batolito Apuela-Nanegal. Los pórfidos varían entre pórfido cuarífero, pórfido diorítico y pórfido granodiorítico y se presentan como diques o pequeños cuerpos intruidos en el batolito granodiorítico.

Dentro de el área de la investigación geológica se observaron numerosos diques de pórfido granodiorítico intruidos en granodiorita. Estos diques poseen buzamientos hacia el Sur y hacia dos direcciones preferenciales hacia ENE-WSW y de NW-SE, sin embargo la dirección predominante es ENE-WSW.

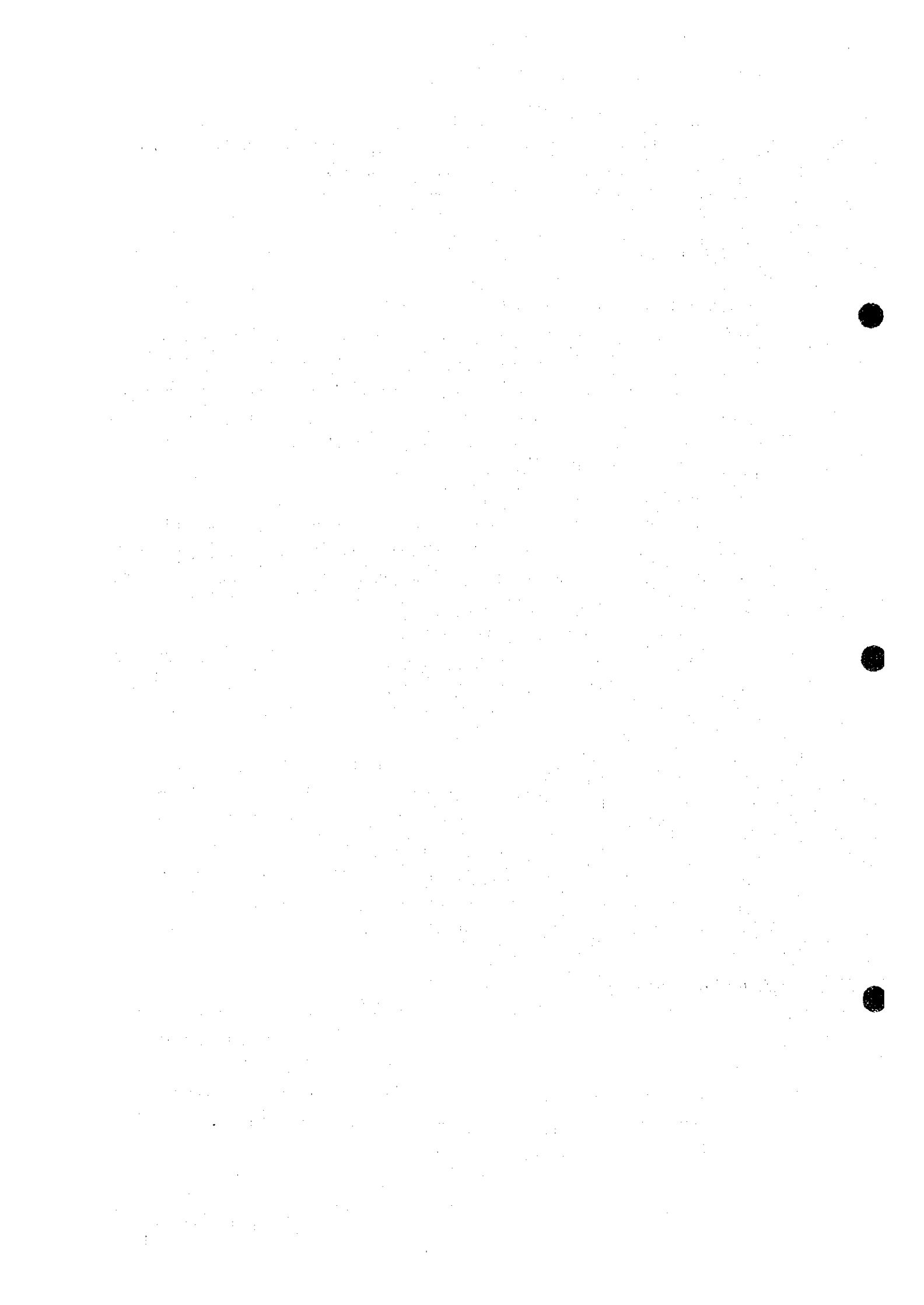
Debido a la variación en la composición de estos diques, se distinguieron los siguientes tipos de rocas: roca con alto porcentaje de pórfido de cuarzo y plagioclasa (pórfido cuarífero), roca con alto porcentaje de pórfido de plagioclasa y bajo de pórfido de cuarzo (pórfido granodiorítico), roca con bajo porcentaje de pórfidos y con matriz gruesa (porfirita).

Se observaron dos fallas, una de dirección ENE-WSW con buzamiento para SSE en la quebrada Controversia y otra con dirección N-S con buzamiento para E que fue constatada a lo largo del río Junín. Las mineralizaciones de cobre también están relacionadas con estas fallas.

(3) Mineralizaciones

En la superficie del área estudiada, los sulfuros fueron transformados en limonita por la acción del intemperismo, pero a lo largo de las quebradas se observa que las mineralizaciones están asociadas a alteraciones como silicificación y sericitización (Fig. I-4-2).

Las zonas mineralizadas se encuentran insertas en pórfido granodiorítico y en granodiorita en las cuales se observan disseminaciones y mallas de películas con pirita,



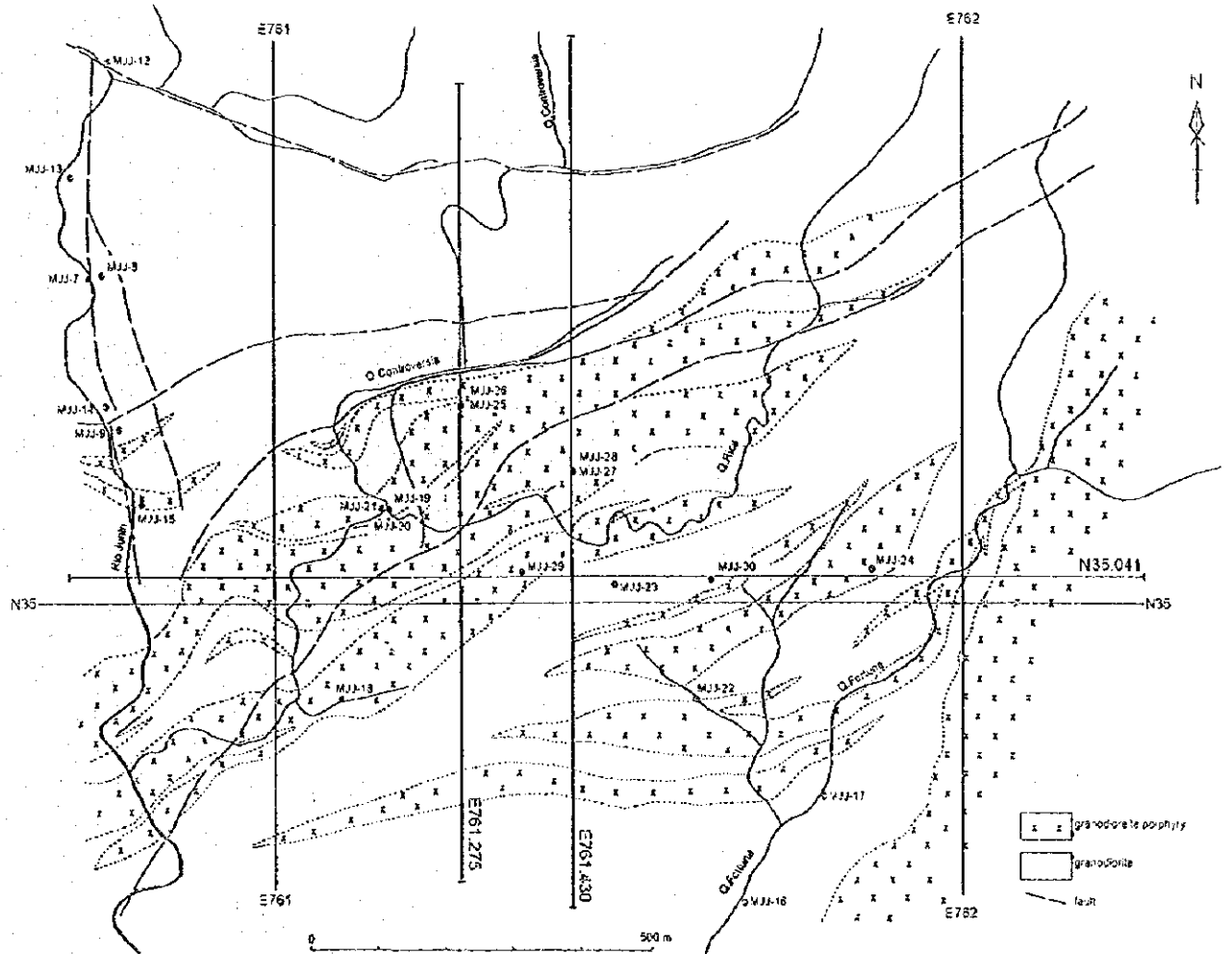


Fig. I-4-1 Mapa geológico de la zona central de Imbaoste

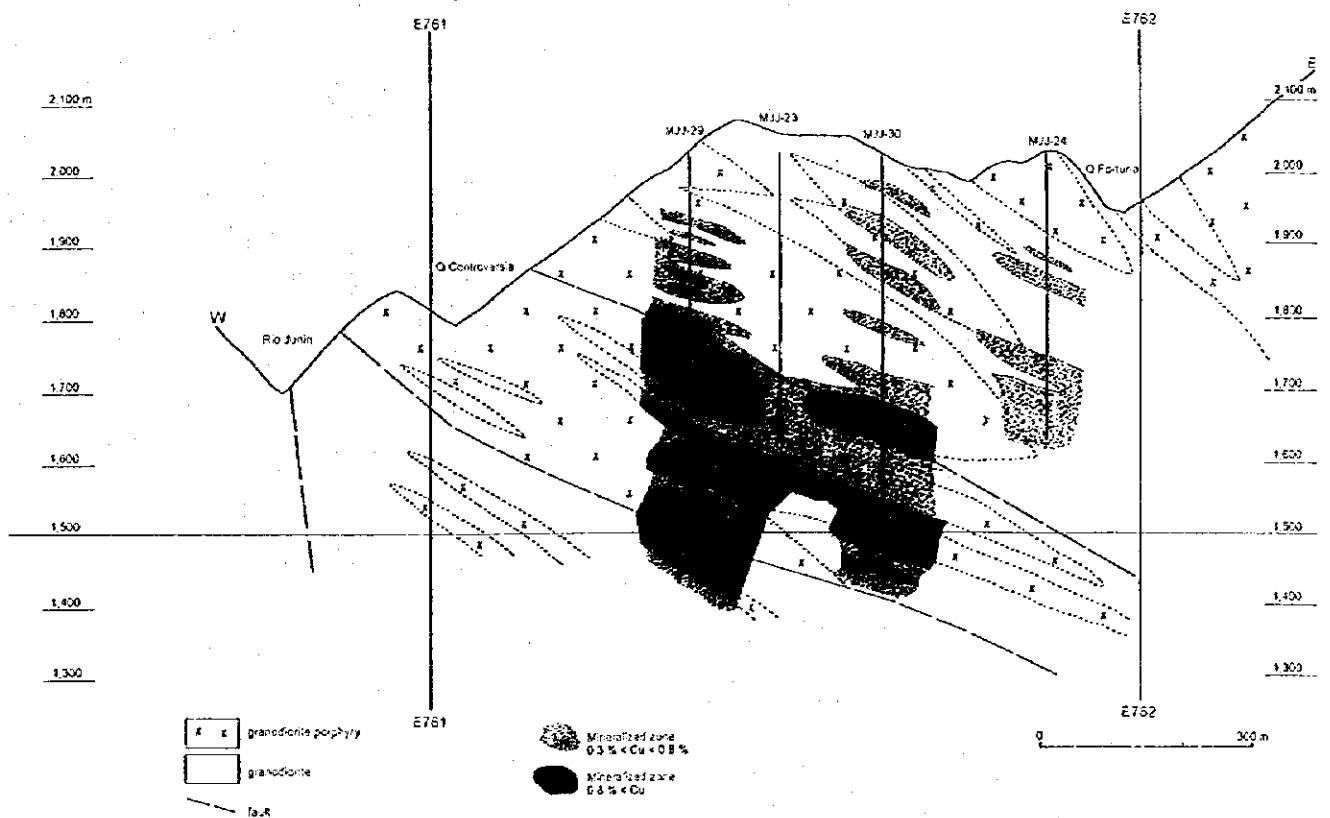
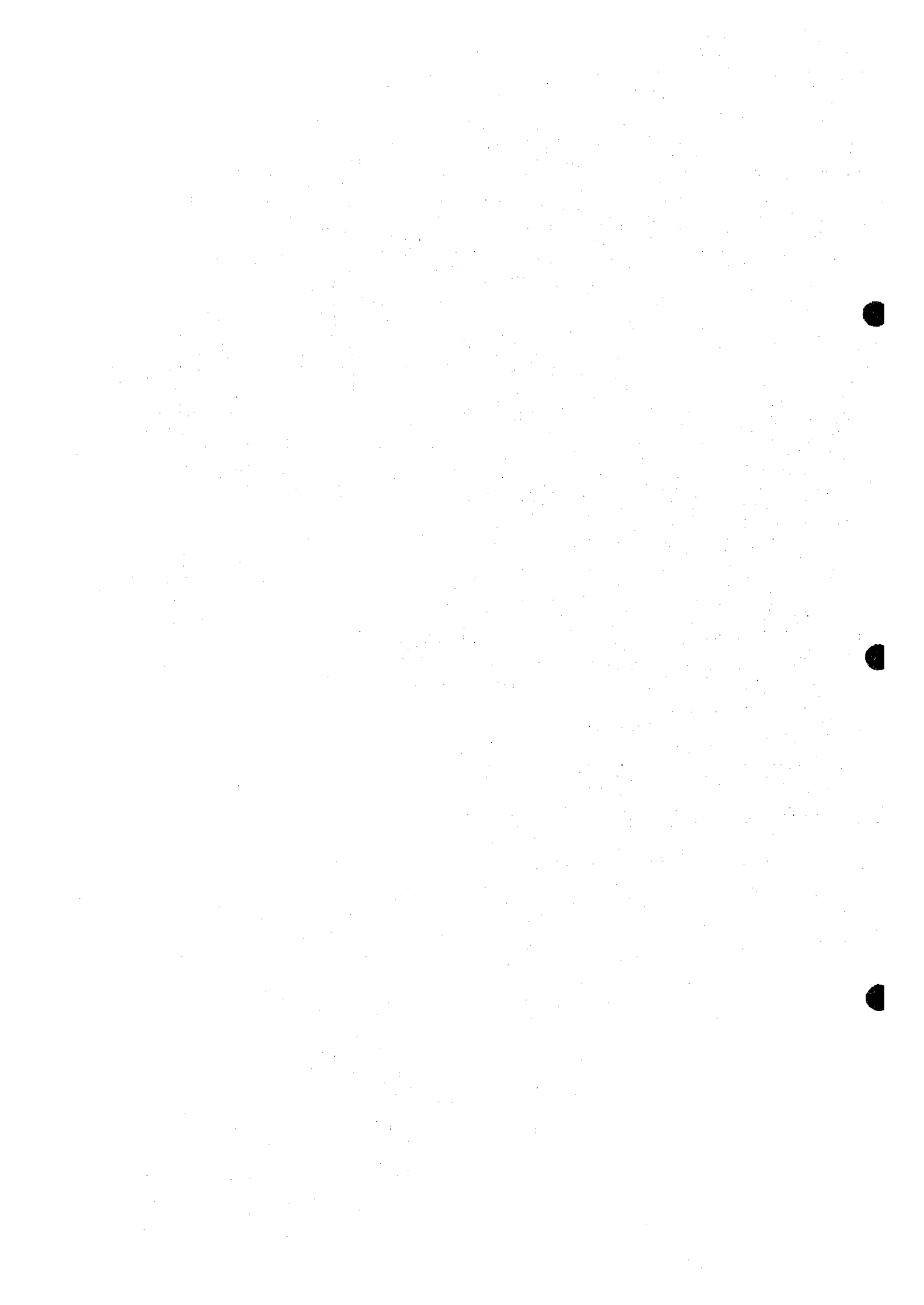


Fig. I-4-2 Perfiles geológicos de la zona central de Imbaoste (1)



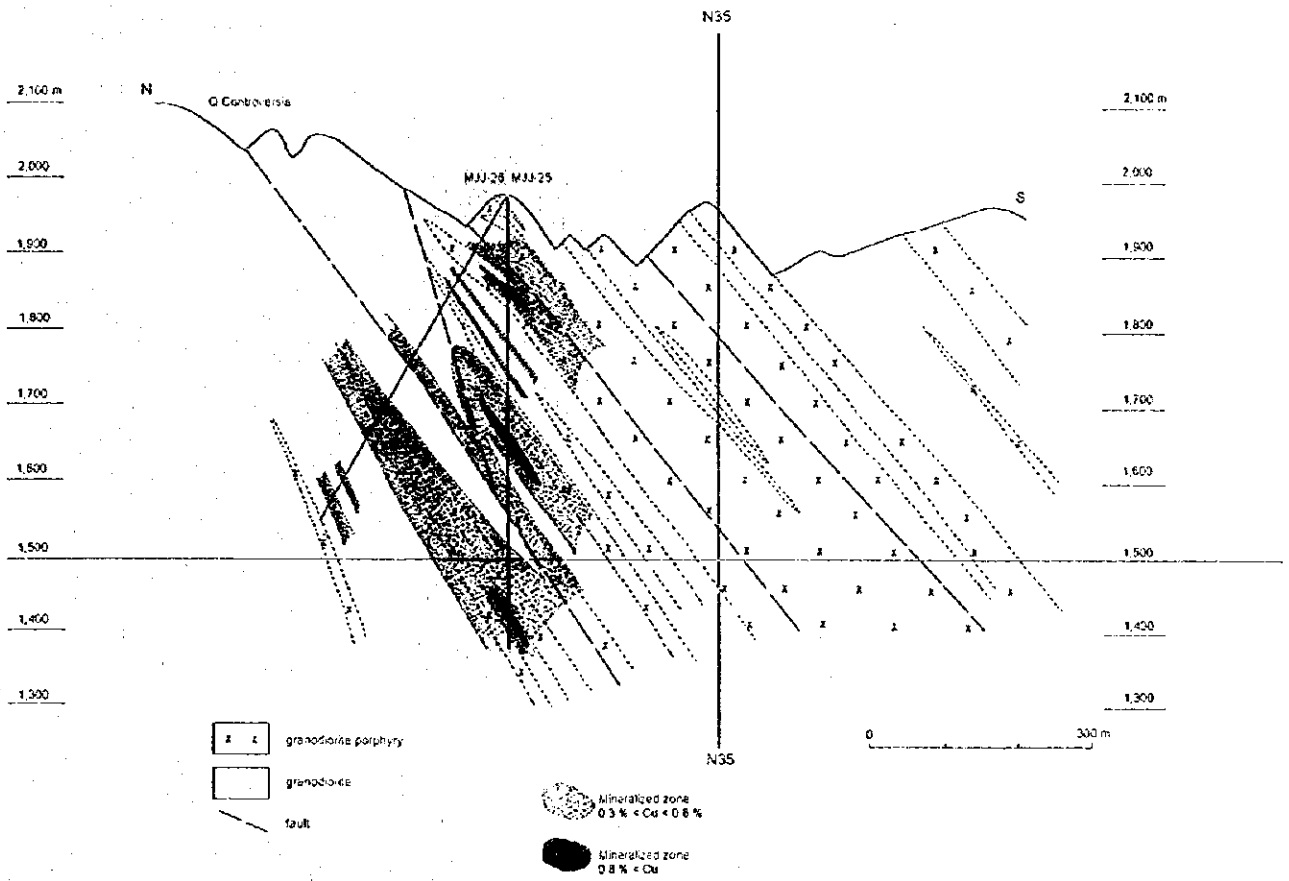


Fig. I-4-2 Perfiles geológicos de la zona central de Imbaoste (2)

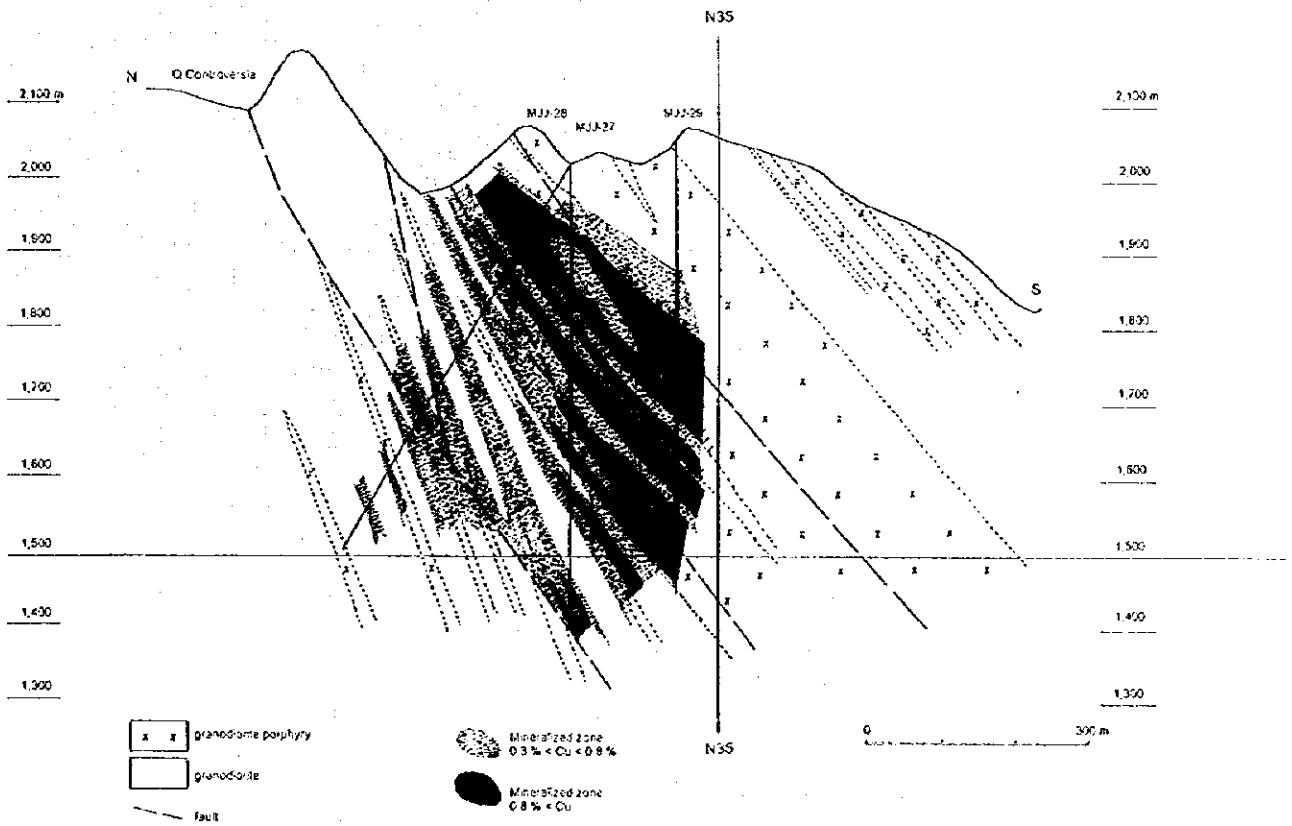
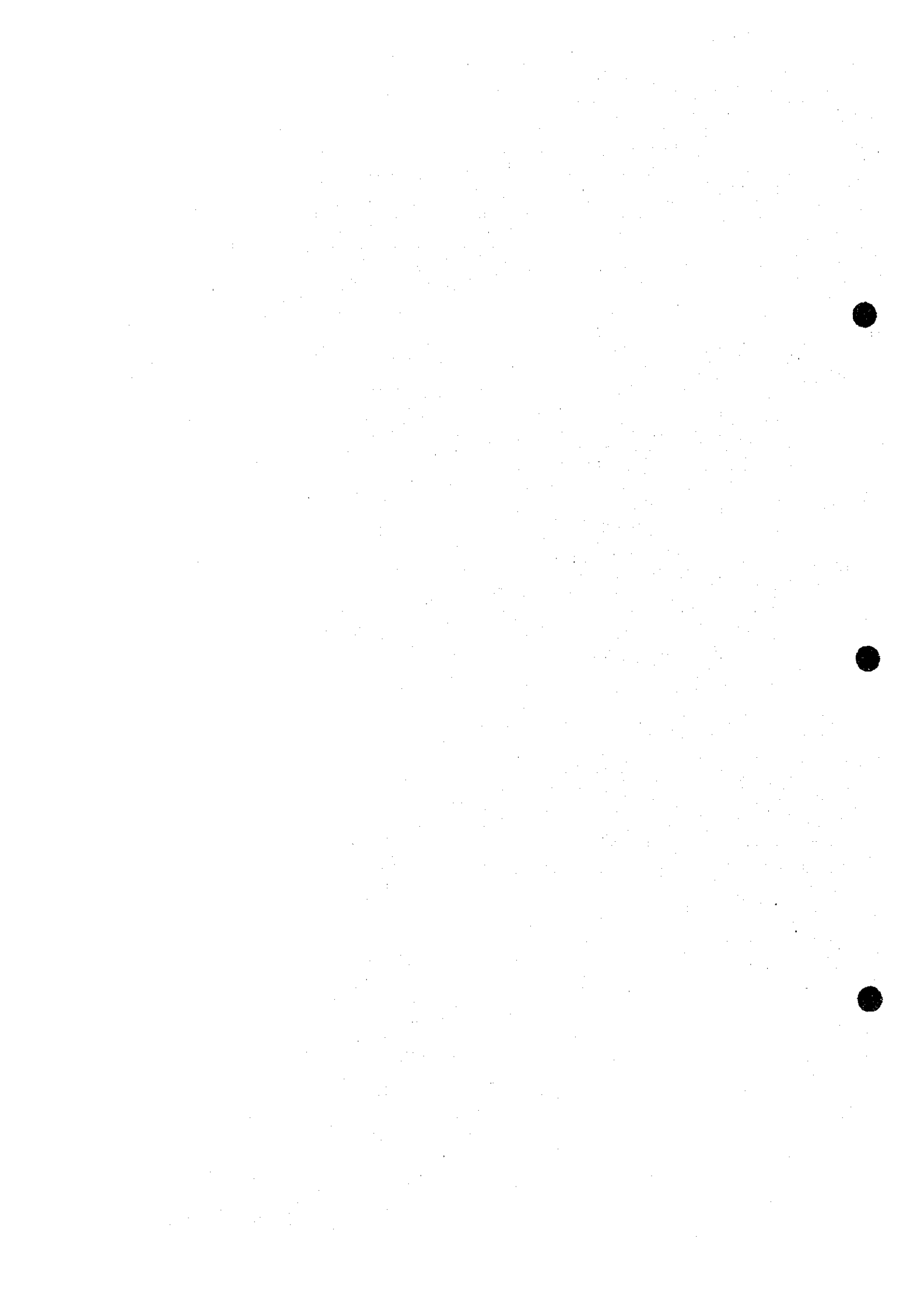


Fig. I-4-2 Perfiles geológicos de la zona central de Imbaoste (3)



calcopirita, molibdenita y bornita. Análisis de secciones pulidas presentan adicionalmente covelina, digenita y calcocita, siendo la covelina y calcocita de origen secundario.

Medio curso de la quebrada Controversia:

Mineralización (ancho: 412 m, Cu: 0.28%, Mo: 0.005%).

Considerado como extensión de la mineralización interceptada en los pozos MJJ-19 y MJJ-20 (Fig. I-4-3).

Tributario de la quebrada Controversia:

Mineralización (ancho: 60 m, Cu: 0.48%, Mo: 0.006%).

La zona mineralizada esta en las proximidades de la falla de dirección ENE-WSW, lo que comprueba la presencia de la mineralización en zonas de fallas (Fig. I-4-3).

Quebrada Rica aguas arriba:

Mineralización (ancho: 116 m, Cu: 0.39%, Mo: 0.005%).

Posiblemente representa la extensión nordeste de la mineralización interceptada en el pozo MJJ-27 (Fig. I-4-3).

Quebrada Fortuna aguas arriba, aguas abajo y tributarios:

La zona mineralizada presenta una notable presencia de pirita y con bajo contenido de cobre (Fig. I-4-3).

(4) Alteración

De los resultados de la observación a simple vista y a través de los análisis por rayos X, se pueden distinguir 3 zonas de alteración hidrotermal con los siguientes minerales diagnósticos (Fig. I-4-3):

- 1) cuarzo-sericita-clorita (alteración filítica)
- 2) cuarzo-plagioclasa-clorita-epidoto (alteración propilítica) y
- 3) cuarzo-plagioclasa-caolinita-montmorilonita.

La combinación mineral de cuarzo-sericita-clorita esta distribuida desde la parte central hacia la parte norte y noreste del área bajo estudio. La combinación mineral de cuarzo-plagioclasa-clorita-epidoto se encuentra distribuida principalmente desde la parte oeste hacia la parte sudoeste y también en la parte este del área estudiada. La combinación mineral de cuarzo-plagioclasa-caolinita-montmorilonita se considera como resultado del intemperismo y presenta una pequeña distribución en las crestas de la parte central del área.

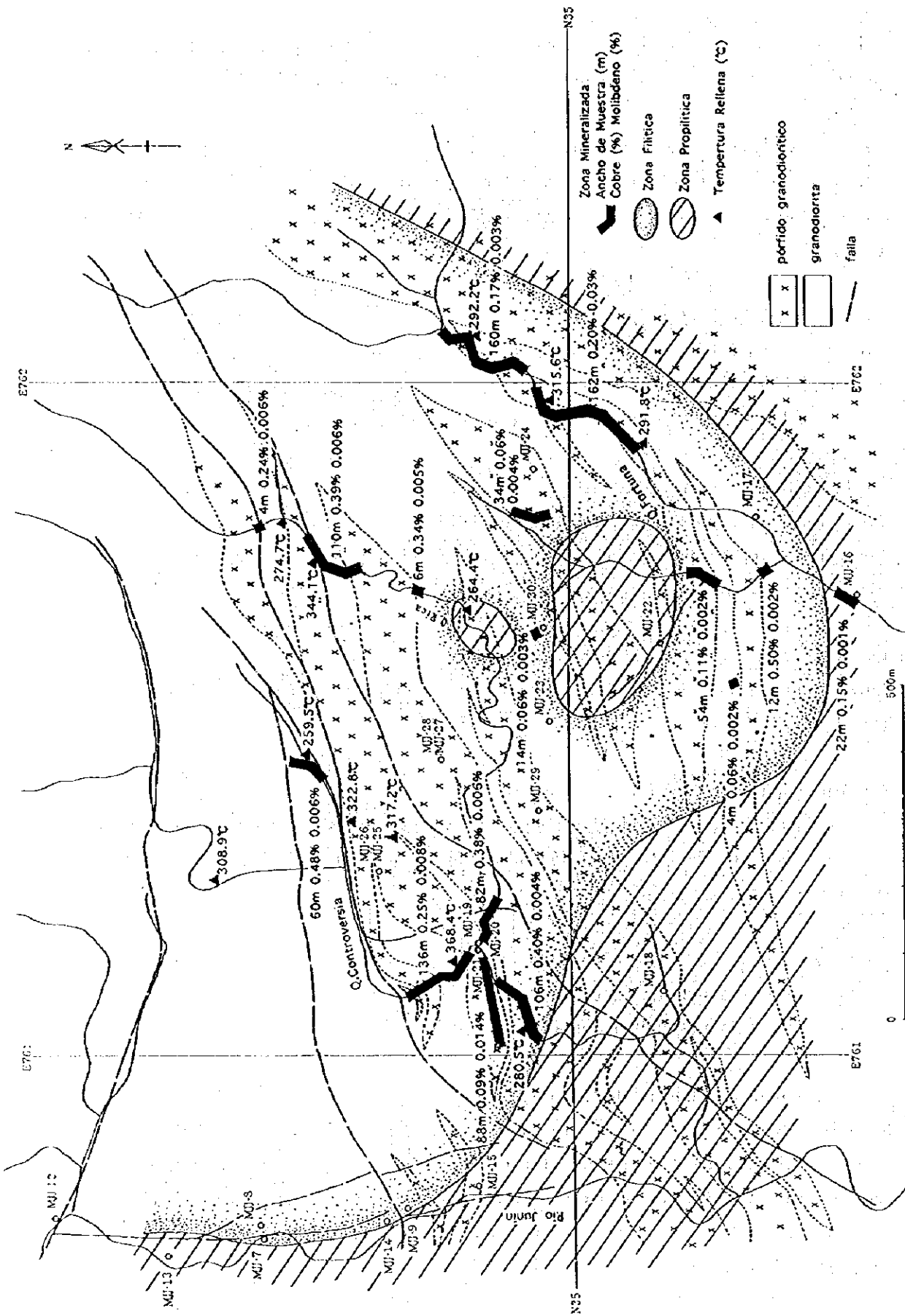


Fig. I-4-3 Resultados compilados de la investigación geológica en la zona Central de Imbaoste

(5) Relación entre geología, mineralización y alteración

En el área bajo estudio, la granodiorita se encuentra intruida por numerosos diques de pórfido granodiorítico con dirección de ENE-WSW.

Mineralización se observó en el curso medio de la quebrada Controversia, en aguas arriba de la quebrada Rica y en la quebrada Fortuna. En estas localidades las mineralizaciones se presentan tanto en pórfido granodiorítico como en granodiorita, lo que sugiere que estas mineralizaciones están relacionadas a la actividad hidrotermal generada por el pórfido granodiorítico. De esta forma, se considera que la localización y extensión de las zonas mineralizadas están controladas por la distribución de pórfido granodiorítico. Además, la presencia de mineralizaciones de cobre alrededor de una zona de falla de dirección ENE-WSW, en el tributario de la quebrada Controversia, indica que la mineralización también está relacionada con la falla.

La presencia constante de minerales de alteración como cuarzo-sericita-clorita, asociadas con las mineralizaciones de cobre es indicativo que la silicificación y sericitización están fuertemente relacionadas con estas mineralizaciones. La distribución de la zona de alteración, silicificación y sericitización es muy amplia, estando distribuida no solamente desde la parte central hacia la parte norte y noreste de la área bajo estudio sino que también se extiende para el norte y noreste.

Según los estudios de las secciones pulidas de minerales económicos se pudo verificar que los sulfuros son principalmente de pirita y calcopirita y los otros sulfuros como covelina y calcocita se presentan ya sea alrededor del cristal de la calcopirita o bien llenando fracturas de la calcopirita. La covelina y la calcocita se presentan mezclados, sin la textura original, indicando que estos dos minerales son de origen secundario, productos de oxidación de la calcopirita.

Según las mediciones de las temperaturas por inclusión de fluidos se obtuvieron temperaturas de homogeneización entre 180.3° C y 372.8° C. En el curso medio de la quebrada Controversia, aguas arriba de la quebrada Rica y aguas arriba de la quebrada Fortuna, donde se observaron los mejores resultados analíticos para cobre, se obtuvieron temperaturas de más de 300° C (Fig. I-4-3).

Por los estudios de datación de rocas se obtuvo para granodiorita una edad de 7.51 ± 0.17 Ma. Los estudios petrográficos indicaron que la alteración en granodiorita presentó minerales diagnósticos como cuarzo y sericita, lo que puede indicar un posible rejuvenecimiento.

Los pórfidos granodioríticos presentaron una edad de como 5.93 ± 0.13 Ma. y 7.88 ± 0.25 Ma. (Pórfido cuarcífero) y 5.81 ± 0.13 Ma. (Porfirita). Dichos pórfidos pueden ser divididos en dos diferentes edades, pero la muestra que resultó con una edad de 5.81 ± 0.13 Ma. (porfirita) se localiza en las proximidades de la zona mineralizada pudiendo de esta forma haber sido rejuvenecido por los procesos de alteración. La edad de 5.93 ± 0.13 Ma. (pórfido cuarcífero) es muy próxima de la edad de pórfido granodiorítico indicando también posible rejuvenecimiento

por alteración. La edad de 7.88 ± 0.25 Ma. (pórfido cuarífero) es muy próxima a la edad de granodiorita 7.51 ± 0.17 Ma., indicando la posibilidad de rejuvenecimiento por alteración.

Todos los resultados de datación indicaron alteración y en esta forma existe la posibilidad de rejuvenecimiento, sin embargo se vislumbra la posibilidad de que algunos diques de pórfido granodiorítico se hayan intruido durante una edad muy próxima a la granodiorita.

4-2 Investigación geofísica

Debido a la rigurosa topografía del área donde se ubicaron los estudios, el levantamiento geofísico por el método de CSAMT presentaba los aspectos mas favorables para el estudio de la estructura geoelectrica de dicha área (Fig. I-1-1).

(1) Metodología

Los electrodos de corriente para la transmisión de la corriente se ubicaron de tal manera que la distancia entre dichos electrodos y las estaciones a medir era de mas de 5 Kms. La distancia entre los dos electrodos de corriente era de alrededor de 2 Km. y para lograr un mejor contacto con la tierra, se enterró en cada uno de los dos puntos de corriente, un arreglo de rejillas metálicas cubiertas con aluminio y varios electrodos metálicos como de 1 metro de largo. Con este arreglo se logró una resistencia de contacto como de 100Ω , con lo que se pudo enviar corrientes máximas de alrededor de 10.8 Amperios.

Las estaciones se localizaron principalmente a lo largo de crestas o bien a lo largo de los ríos o quebradas. De esta manera 91 estaciones se ubicaron con una separación entre 100 y 150 metros entre si. Para su localización también se ocupó una brujula del tipo Ushikata que fue útil para ubicar las estaciones a lo largo de rutas establecidas.

Dos componentes horizontales del campo electromagnético fueron medidas: una componente de campo eléctrico paralelo al dipolo transmisor (E_x) y una componente perpendicular de campo magnético (H_y). La componente de campo eléctrico se midió como una diferencia de potencial a través de un dipolo de como 30 metros de longitud, el cual terminó a ambos lados por medio de tarros porosos en contacto con la tierra y con una resistencia de menos de $10K\Omega$. El campo magnético se detectó por medio de una antena de embobinado de inducción por ferrita colocado cerca del centro del dipolo eléctrico. Las señales E_x y H_y llegaron a un receptor el cual numeriza, apila y promedia hasta que datos suficientemente precisos han sido obtenidos.

Durante el levantamiento, las mediciones se tomaron 3 veces por cada frecuencia con el objeto de obtener datos confiables y suficientemente precisos, sin embargo a frecuencias bajas se observó un efecto llamado efecto de campo próximo la cual causa saturación de la señal y previene por lo tanto adquisición adecuada de los datos. Los campos electromagnéticos E_x y

Hy se midieron sobre un amplio rango de frecuencias, es decir, 8192, 4096, 2048, 1024, 512, 256, 128, 64, 32 y 16 Hz, totalizando 10 mediciones de frecuencia por cada estación. En este levantamiento el efecto de campo próximo se observó por lo general en las frecuencias abajo de los 64 o 128 Hz .

(2) Mediciones de propiedades eléctricas en muestras de rocas

Con el objeto de complementar los resultados de resistividad medidos en el campo por el levantamiento geofísico, se midieron también las propiedades eléctricas de muestras de rocas tomadas tanto de los afloramientos en el área como también de los testigos de las perforaciones. Un total de 34 muestras se recolectaron para determinar su resistividad eléctrica y su cargabilidad de polarización inducida.

(3) Método de análisis

Para el procesamiento e interpretación de los datos medidos en el campo se requirieron de varios pasos:

Corrección por corrimiento estático

Una de las dificultades encontradas en el análisis de los datos en el método CSAMT es el llamado efecto estático, que es el corrimiento paralelo en la parte de las frecuencia bajas en las curvas de resistividad aparente debido a la existencia de anomalías superficiales y de carácter local. El análisis uni-dimensional de los datos de CSAMT, que son afectados por dicho efecto estático, pueden conducir a una errónea interpretación en la estructura eléctrica si no se aplica dicha corrección a los datos.

En esta área, la topografía es bastante escarpada, por lo que las crestas son angostas y los valles profundos. Puesto que las estaciones de CSAMT se ubicaron en su mayoría sobre las partas altas de las crestas y sobre las partas bajas de los valles, las mediciones de resistividad son sin lugar a dudas influenciadas por los efectos topográficos, es decir por efectos de corrimiento estático, por lo que las resistividades aparentes resultan mas bajas en las crestas y mas altas en los valles. Si este es el caso, el análisis uni-dimensional no resulta del todo razonable y por lo tanto, correcciones de corrimiento estático se llevaron a cabo.

Análisis uni-dimensional

Antes de hacer uso de los modelos uni-dimensionales, los datos observados son primero corregidos por corrimiento estático. En base a los datos corregidos, el modelado uni-dimensional calcula por procesos directos y de inversión los campos magnéticos y eléctricos provenientes de capas estratificadas.

Análisis bi-dimensional

El análisis bi-dimensional realizado para procesar los datos de CSAMT se basa en un código en Fortran desarrollado por los Drs. Uchida y Ogawa del Servicio Geológico de Japón (GSJ).

El método que se utiliza es el método de los elementos finitos (FEM), en la cual el espacio (la sección vertical) a analizar se discretiza en cierto número de elementos o bloques rectangulares. Los tamaños de los bloques se deciden en base a las profundidades de penetración (efecto pelicular) de las frecuencias máxima y mínima utilizadas. La topografía se incorpora por medio de un corrimiento vertical de los nodos de los bloques de acuerdo a la elevación de la superficie. Después de varias iteraciones, los valores finales de resistividad son planteados en cada bloque y se trazan los contornos usando el centro de cada bloque como su valor representativo.

El código básicamente consiste de 2 partes: uno es el directo, el cual usa el método FEM y la otra es inversión.

Las mediciones de CSAMT se realizaron en el modo transversal de inducción TM, es decir el campo eléctrico es perpendicular al rumbo de la anomalía geológica, de tal manera que en los cálculos bi-dimensionales se utiliza el mismo modo transversal TM. Dicho resultado permitió analizar las secciones paralelas a la dirección aproximada O-E del dipolo transmisor.

(4) Resultados

34 muestras de rocas se recolectaron de afloramientos y de testigos de perforaciones ubicadas en el área bajo estudio. Los valores de la resistividad de las muestras medidas en el laboratorio oscilaron entre 243 y 75200 Ωm , mientras que los valores de cargabilidad de polarización inducida variaron entre 1.3 y 45.4 mV/V.

Durante la campaña de perforación realizado en este año fiscal, las perforaciones hechas en el área central, MMJ-29 y MMJ-30 arrojaron resultados de mineralización favorable. En este respecto, los resultados geofísicos indicaron que los valores bajo - mediano (de menos de 250 Ωm) de la zona de resistividad coincide con la zona mineralizada detectada por la perforación.

A partir de los análisis químicos de las muestras de los testigos de la perforación, se ha encontrado que en los niveles superficiales se detectan relativamente alto grados de Cu, medianos de S, altos de Na y bajos de valores de resistividad. A partir de estos resultados, se espera que promisorios grados de Cu puedan encontrarse en las zonas de baja - media resistividad, en tal modo que los niveles superficiales vayan acompañadas de alteración débil y valores medios de sulfatos mientras que nivel mas profundos, vayan acompañadas de una fuerte alteración y valores medios de sulfatos. Lo anteriormente mencionado se puede tomar como una definición a ser aplicada en esta área. Basados en dichos resultados y tomando en consideración las zonas de baja - mediana resistividad, las siguientes áreas de estudio pueden extraerse:



Fig. I-4-4 Resultados compilados de la investigación geofísica en la zona central de Imbae

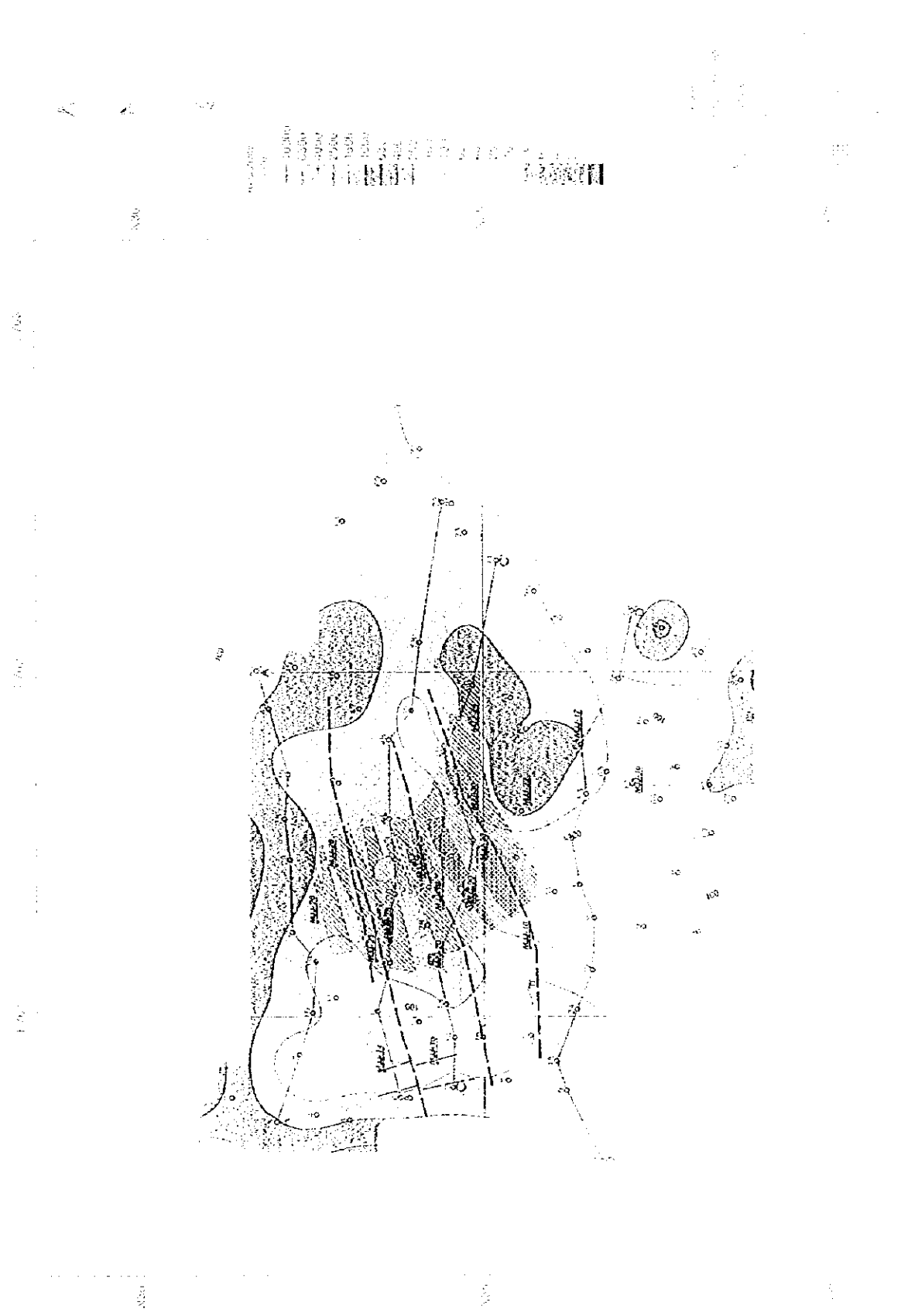
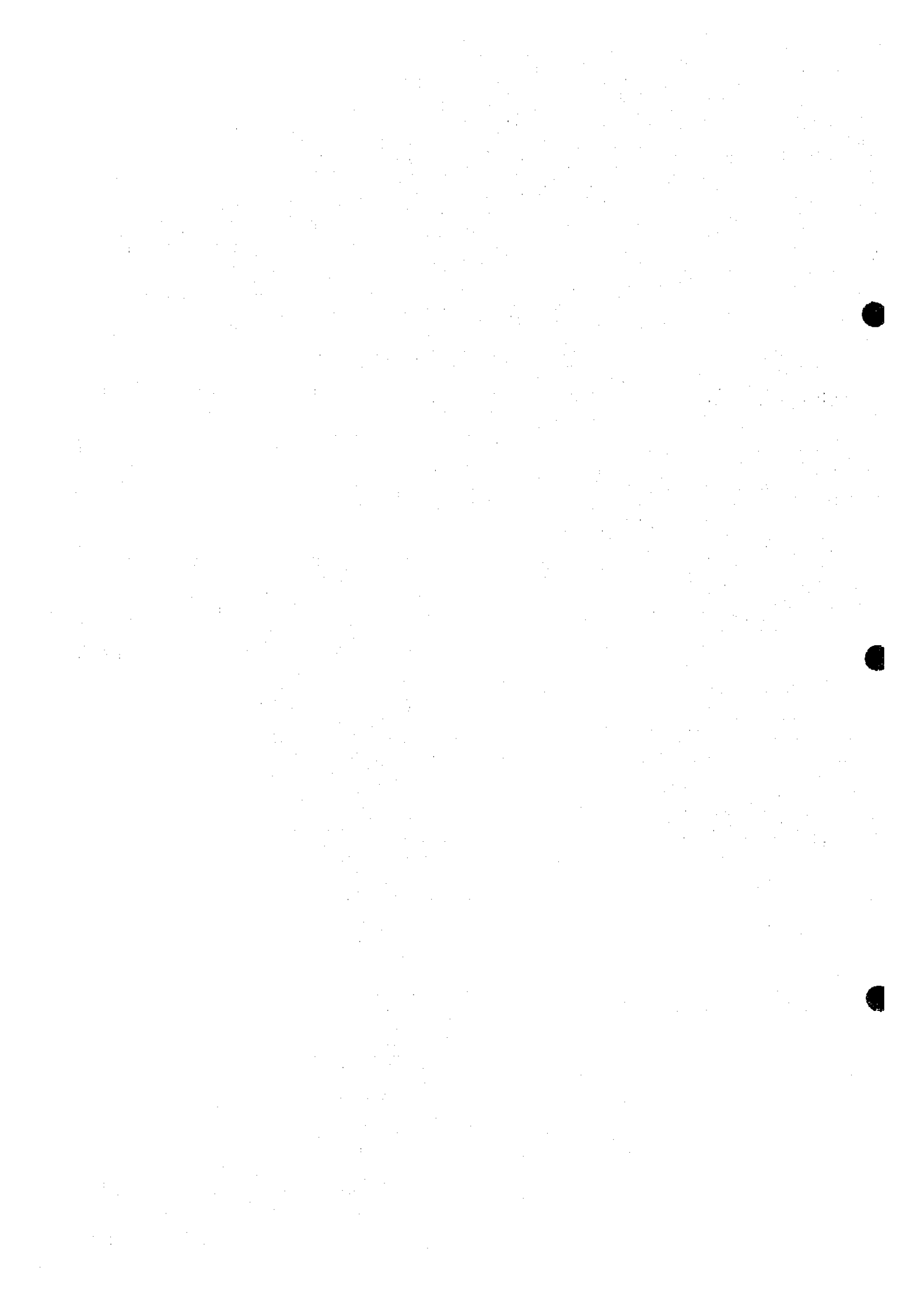


Fig. 1-1-1 Resultados compilados de la investigación geofísica en la zona central de Imbabura



a. Zona central de baja resistividad

Baja resistividad se extiende desde la central parte hacia la parte sud-sudoeste y hacia la parte este-noreste del área. A partir de la distribución de baja resistividad desde la parte sud-sudoeste y los resultados geoquímicos de la perforación MJJ-18 se puede inferir que en la zona sud-sudoeste se puede esperar bajo contenido de Cu, alto de S, alto de Na y alteración débil. Hacia la parte este-noroeste como también noreste se ve extendida la zona de baja resistividad y los análisis geoquímicos indican alta posibilidad de alto grado de Cu.

b. Zona norte de baja resistividad

A niveles profundos la existencia de bajo Cu, bajo S, alto Na, alteración débil como también la mineralización débil reflejan una alta resistividad, sin embargo, cerca de la superficie la existencia de bajo S, mediano Na puede ser inferido. La resistividad baja esta relacionado con fracturamientos con dirección ENE-WSW y E-W, por lo que cerca de la superficie, el fracturamiento va acompañado de mineralización.

c. Zona occidental de baja resistividad

Los resultados encontrados en esta zona son prácticamente los mismos que la zona anteriormente mencionada. A profundidad y de los resultados de resistividad alta se puede inferir que la existencia de mineralización es prácticamente no existente, sin embargo la resistividad baja de la parte norte que cruza las estaciones 10 y 11 cerca de la superficie, la resistividad baja da indicaciones de una mineralización prometedora.

d. Zona Q. Fortuna de baja resistividad

Desde la parte oriental de la quebrada Fortuna a profundidad, como también al noreste se extiende una zona de baja resistividad. De los análisis químicos de MJJ-16 y MJJ-17 se puede observar que el contenido de Cu tanto cerca de la superficie como a profundidad no presenta casi ningún cambio, pero presenta tendencia a disminuir en S y con gran cambio en Na, por lo que existe posibilidad de una mineralización que se extiende hacia el lado occidental del área.

Como resultados de la investigación geofísica se infiere que existe una buena mineralización en la zonas que, por orden de posibilidades altas, son: zona central, zona occidental, zona Q. Fortuna y zona norte.

4-3 Investigación de perforación

(1) Método

Las investigaciones de perforación a diamantina por wire-line se realizaron en 6 pozos con una profundidad total de 3,514.28 mts con el objeto de confirmar la mineralización y

extensión e intensidad en profundidad de las zonas mineralizadas encontradas en las cercanías de las quebradas Controversia, Rica y Fortuna. La localización de los 6 pozos se indican en Fig. II-1-1.

(2) Resultados

Resumen de las investigaciones en los 6 pozos se señala como sigue:

No. de Pozo	Localización	Altitud	Profundidad	Dirección	Inclinación
MJJ-25	N35.294 E761.275	1,977.44m	602.58m	-	-90°
MJJ-26	N35.294 E761.275	1,977.44m	502.00m	N 0° E	-60°
MJJ-27	N35.200 E761.440	2,018.23m	602.58m	-	-90°
MJJ-28	N35.200 E761.440	2,018.23m	602.58m	N 0° E	-60°
MJJ-29	N35.050 E761.365	2,034.67m	601.98m	-	-90°
MJJ-30	N35.041 E761.638	2,012.25m	602.56m	-	-90°

1) Pozo MJJ-25

Geología: Este pozo fue perforado en granodiorita y pórfido granodiorítico que intruye a granodiorita como dique (Fig. I-4-2). Muchos diques de pórfido granodiorítico se encuentran hasta la profundidad de 150 mts, sin embargo pocos de estos diques están bajo la profundidad de 150 mts. Generalmente silicificación, sericitización, cloritización y epidotización se observan alternativamente en estas rocas. Falla se encuentra dentro del intervalo de 166.90 mts a 169.40 mts.

Mineralización: los testigos hasta la profundidad de 60 mts se encuentran en una zona oxidada, no se encuentra minerales de sulfuro y solo se encuentra limonita, parcialmente calcocita y malaquita.

La mineralización de cobre consiste de calcopirita y bornita en las fracturas en granodiorita y pórfido granodiorítico. La parte de buena mineralización, se ve acompañada con silicificación fuerte y sericitización fuerte. La mineralización de molibdeno se encuentra desde 60 mts a 130 mts. Muchas vetas de cuarzo se encuentran desde 105 mts a 140 mts y desde 210 mts a 250mts.

Según los análisis químicos de muestras, la ley promedio se señala como sigue:

Profundidad	longitud de testigo	Cu	Mo
4.60 m a 602.58 m	597.98 m	0.43 %	0.011 %.

2) MJJ-26

Geología: Este pozo fue perforado en granodiorita y pórfido granodiorítico que intruye a granodiorita como dique (Fig. I-4-2). Muchos diques de pórfido granodiorítico se encuentran hasta la profundidad de 60 mts, sin embargo solo pocos de estos se hallan bajo una

profundidad de 60 mts. Generalmente se observa en forma alternativa silicificación, sericitización, cloritización y epidotización. Se detectan muchas fallas.

Mineralización: los testigos hasta la profundidad de 150 mts se encuentran en una zona oxidada, no se encuentran minerales de sulfuro y solo se encuentra limonita. Desde 80 mts a 150 mts, se observan limonita, malaquita, pirita, calcopirita y bornita. La mineralización de cobre es débil, sin embargo continua hasta el fondo del pozo. La mineralización de molibdeno se encuentra desde 80 mts a 110 mts y desde 440 mts a 480 mts. Se obtiene ley alta de cobre en las cercanías de las fallas. Las fallas se consideran que están relacionadas con el proceso de mineralización.

Según los análisis químicos de muestras, la ley promedio se señala como sigue:

Profundidad	longitud de testigo	Cu	Mo
4.88 m a 502.00 m	497.12 m	0.25 %	0.005 %.

3) MJJ-27

Geología: Este pozo se perforó en granodiorita y pórfido granodiorítico que intruye a granodiorita como dique (Fig. I-4-2 y Fig. I-4-5). Muchos diques de pórfido granodiorítico se encuentran hasta una profundidad de 455 mts, sin embargo pórfido granodiorítico no se detecta abajo de la profundidad de 455 mts. Silicificación y sericitización se observan en la profundidad desde 70 mts a 460 mts. Cloritización y epidotización se observan en la profundidad desde 20 mts a 250 mts y desde 450 mts a 600 mts. Se detectan muchas fallas.

Mineralización: los testigos hasta la profundidad de 20 mts se encuentran en una zona oxidada. La mineralización de cobre se reconoce en pórfido granodiorítico y granodiorita en la profundidad desde 70 mts a 470 mts. Además en la cercanía de la falla y a la profundidad de 563 mts, se observa mineralización de cobre. La mineralización de molibdeno se encuentra desde 70 mts a 270 mts.

Según los análisis químicos de muestras, la ley promedio se señala como sigue:

Profundidad	longitud de testigo	Cu	Mo
5.79 m a 602.58 m	596.79 m	0.56 %	0.017 %.

4) MJJ-28

Geología: Este pozo fue perforado en granodiorita y pórfido granodiorítico que intruye a granodiorita como dique (Fig. I-4-2 y Fig. I-4-5). Muchos diques de pórfido granodiorítico se encuentran hasta la profundidad de 480 mts, sin embargo pórfido granodiorítico no se observa abajo de la profundidad de 480 mts. Generalmente la silicificación, sericitización, cloritización y epidotización se observan alternativamente. Se detectan muchas fallas.

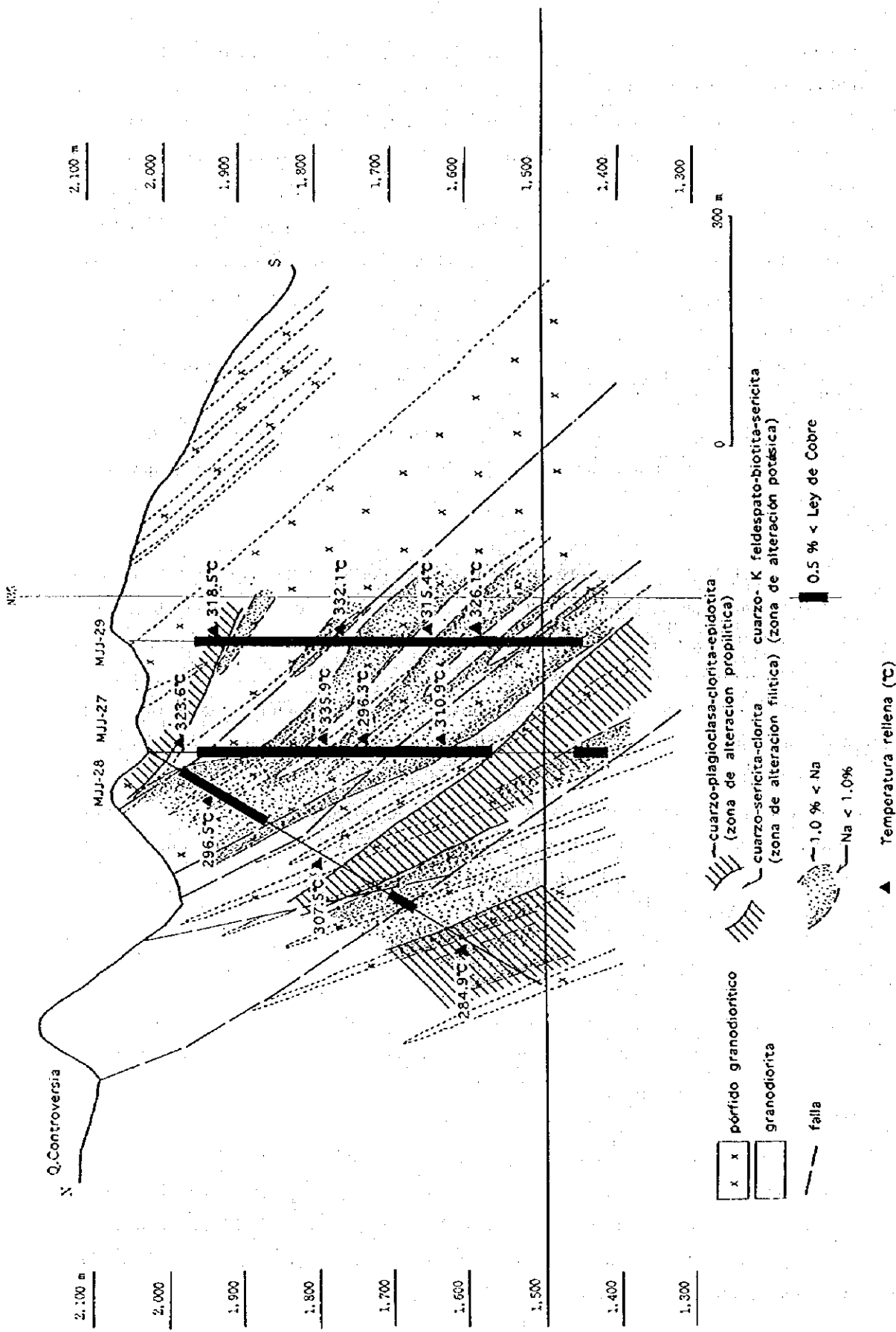


Fig. II-4-5 Resultados compilados de los estudios de perforación en la zona central de Imbaoste

E761.430

Mineralización: los testigos hasta la profundidad de 20 mts se encuentran en una zona oxidada. Buena mineralización de cobre se reconoce en pórfido granodiorítico y granodiorita. Se observan muchas fallas que tienen una relación con mineralización. La mineralización de molibdeno se encuentra en la profundidad desde 50 mts a 260 mts y desde 380 mts a 400 mts. En la profundidad desde 425 mts a 455 mts, se observan mucha vetas de cuarzo.

Según los análisis químicos de muestras, la ley promedio se indica como sigue:

Profundidad	longitud de testigo	Cu	Mo
5.79 m a 602.58 m	596.79 m	0.45 %	0.015 %.

5) MJJ-29

Geología: Este pozo se perforó en granodiorita y pórfido granodiorítico que intruye a granodiorita como dique (Fig. I-4-2 y Fig. I-4-5). Muchos diques de pórfido granodiorítico se encuentran hasta el fondo de pozo. Se observa silicificación en la profundidad desde 250 mts a 600 mts. Se observa sericitización en la profundidad desde 50 mts a 600 mts. Se observa cloritización en la profundidad desde 50 mts a 450 mts. Se observa epidotización en la profundidad desde 50 mts a 250 mts. Muchas fallas se encuentran en la profundidad desde 240.00 mts a 247.00 mts, desde 527.70 mts a 528.10 mts., desde 528.80 mts a 529.40 mts.

Mineralización: los testigos hasta la profundidad de 90 mts se encuentran en una zona oxidada. Buena mineralización de cobre se reconoce en pórfido granodiorítico y granodiorita en la profundidad desde 60 mts a fondo de pozo. La mineralización de molibdeno se encuentra en la profundidad desde 150 mts hasta fondo de pozo.

Según los análisis químicos de muestras, la ley promedio se señala como sigue:

Profundidad	longitud de testigo	Cu	Mo
4.70 m a 601.98 m	597.28 m	0.74 %	0.041 %.

6) MJJ-30

Geología: Este pozo fue perforado en granodiorita y pórfido granodiorítico que intruye a granodiorita como dique (Fig. I-4-2). Muchos diques de pórfido granodiorítico se encuentran hasta la profundidad de 530 mts. Se observa silicificación en la profundidad desde 200 mts a 600 mts. Se observa sericitización en la profundidad desde 25 mts a 600 mts. Se observa cloritización en la profundidad desde 30 mts a 150 mts. Se observa epidotización en la profundidad desde 30 mts a 150 mts. Una falla se encuentra en la profundidad desde 232.50 mts a 232.55 mts.

Mineralización: los testigos hasta la profundidad de 20 mts se encuentran en una zona oxidada. La mineralización de cobre se reconoce en pórfido granodiorítico y granodiorita. Se observa mineralización buena en la profundidad desde 190 mts hasta el fondo de pozo. Se

indica mucho cambio de ley de cobre. En la profundidad hasta 350 mts, la cantidad de pirita es mayor que la cantidad de calcopirita. La mineralización buena de molibdeno se encuentra en la profundidad desde 300 mts hasta el fondo del pozo.

Según los análisis químicos de muestras, la ley promedio se señala como sigue:

Profundidad	longitud de testigo	Cu	Mo
4.60 m a 602.56 m	597.96 m	0.63 %	0.014 %

3) Relación entre geología, mineralización y alteración

Como resultados de la investigación de perforación en 6 pozos, se ha confirmado que muchos diques de pórfido granodiorítico intruyen en granodiorita. Según los resultados de la investigación geológica, se deduce que estos diques tiene rumbo de ENE-WSW con buzamiento de SSE 50-60° (Fig. I-4-2 y Fig. I-4-5). En el parte norte desde quebrada Controversia, se infiere que no se encuentran muchos diques de pórfido granodiorítico y además que muchas fallas observadas en los pozos de MJJ-25, MJJ-26, MJJ-27 y MJJ-28 indican buzamiento de 40-60°. Se presume que estas fallas son similares al rumbo y buzamiento de la falla localizada en la parte mediana de la quebrada Controversia.

La mineralización es fuerte en los pozos de MJJ-29 y MJJ-30 en donde se encuentran muchos diques de pórfido granodiorítico. Sin embargo, la mineralización es débil en el pozo de MJJ-26 en donde no se encuentran muchos diques de pórfido granodiorítico. Por lo tanto, se presume que la mineralización tiene fuerte relación con la actividad del pórfido granodiorítico por lo que la extensión de la mineralización se ve controlada por la forma y distribución de los diques (Fig. I-4-2 y Fig. I-4-5). Además en la cercanía de las fallas se observa mineralización y es en esta base que se presume que la mineralización tiene una relación fuerte con las actividades de las fallas. Se encuentran las brechas alteradas en las fallas. Se encuentran mucha calcopirita en forma de diseminación en las fallas. Por lo tanto, se deduce que las actividades de fallas se ocurrieron antes y después de los procesos de mineralización.

En la mineralización de cobre se observan pirita, calcopirita, bornita, calcocita, digenita y tennantita en las fracturas en granodiorita y pórfido granodiorítico. En las partes de alteración fuerte se observan principalmente minerales de sulfuro en forma de diseminación y con ley alta de cobre. La mineralización de molibdeno consiste principalmente de molibdenita en las vetas de cuarzo. Como resultados de la observación al microscopio se observa molibdenita en la forma de diseminación en la cercanía de los minerales sulfuro en la forma de diseminación. Por lo tanto, se deduce que mineralización de molibdeno ocurre al mismo tiempo con la mineralización de cobre.

Según de los estudios de la distribución de ley de cobre, se ubican partes de ley alta de mas del 0.8% en los diques de pórfido granodiorítico entre la quebrada Controversia y Pozo MJJ-27. Además se presume que las partes de ley alta se inclinan hacia sudeste y se aumenta en

el espesor en profundo. En las cercanías de las fallas se encuentran partes de ley altas

La zona de mineralización buena corresponde a parte de la combinación de cuarzo-sericita-clorita y de menos 1 % de Na (Fig. I-4-5).

En la observación al microscopio en secciones pulidas, se observan individualmente calcopirita y bornita. Sin embargo se observan muchas texturas pequeñas de exolución de bornita, calcocita y digenita. Se deduce que esta textura se formó por la mineralización primaria en temperaturas comparativamente altas.

Como resultados de mediciones de temperatura de inclusión de fluido, se obtuvieron $220.0^{\circ} \sim 377.6^{\circ}\text{C}$ como temperaturas de relleno (Fig. I-4-5). Temperaturas de más de 300°C se obtienen en la parte donde se encuentra buena mineralización en los pozos de MJJ-25, MJJ-27, MJJ-29 y por abajo de MJJ-30. Temperaturas de menos 300°C se reconocen en la parte de mineralización no tan buena en los pozos de MJJ-26, MJJ-28 y en la parte superior de MJJ-30. Además en la profundidad de 319.20 mts de MJJ-25, fase sólida se observó en la inclusión de fluido y la medición de la densidad de sal resultó de 36%~38%.

Como resultados de datación, se obtiene 5.94 ± 0.13 Ma para la roca alterada muy fuerte que corresponde a la zona de alteración potásica. Se obtiene 5.88 ± 0.13 Ma para pórfido granodiorítico.

4-4 Datos básicos para el estudio de prefactibilidad

En el año fiscal de 1996, la colección de informaciones y datos relevantes al estudio se realizó para la investigación de desarrollo futuro de la mina. También se realizó la inspección en el campo.

(1) Información básica para el plan de desarrollo minero

Los resultados de la colección de datos indican que la forma del depósito mineral todavía no ha sido posible esclarecerla, por lo que se hace necesario primero delinear su forma, reserva mineral y ley. El método a cielo abierto representa la mejor forma de explotar depósitos del tipo de cobre pórfido. La topografía escarpada en el área de investigación tiene indudablemente influencia sobre el futuro plan de desarrollo minero.

(2) Condición de infraestructura

La condición de infraestructura es aun deficiente, por lo que se hace necesario de mejorar la necesaria infraestructura para el desarrollo minero. Especialmente importantes son el arreglo de carreteras y puentes para el transporte de maquinarias, materiales y productos, facilidades para el suministro de electricidad, arreglo de facilidad de comunicación.

(3) Medio ambiente

Durante el estudio realizado en el año fiscal de 1996, se recolectaron datos meteorológicos sobre temperatura, humedad, precipitación, dirección y velocidad del viento, etc. por medio de aparatos de mediciones instalados en el helipuerto de Junín. Para complementar dicha información, se hace necesario que en el futuro se recolecten mas datos adicionales

(4) Economía y legislación

Se recolectaron datos jurídicos sobre el desarrollo minero. El estudio de campo también se aprovechó también para colectar datos sobre el desarrollo minero.

Con el objeto de llevar a cabo los estudio de prefactibilidad para el desarrollo minero, los siguientes trabajos se contemplan como necesarios:

1. Levantamiento preciso de planos topográficos (escala 1:2,000)
2. Estudios de perforación adicional
3. Mediciones de propiedades físicas de rocas(densidad , susceptibilidad, etc.)
4. Cálculos de reserva
5. Estudio geotécnicos
6. Diseños de explotación y preparación de plan de explotación
7. Pruebas de beneficio
8. Diseño de planta de beneficio
9. Pruebas para desagüe de desechos
10. Diseño de infraestructura
11. Estudios de impacto medio ambiental
12. Estudios jurídicos necesarios para el desarrollo minero
13. Estimación de costos de construcción
14. Estimación de costos de operación
15. Estudios de evaluación económico del proyecto

Dentro de los estudios sobre impacto ambiental, se realizó un estudio sobre el estado presente y la correspondiente evaluación del impacto medio ambiental con los datos obtenidos hasta el año 1995. El área de la reserva ecológica Cotacachi-Cayapas que existe en la parte norte del área del proyecto, deberá necesariamente tomarse en cuenta para la elaboración del desarrollo minero. De tal manera, que es necesario hacer evaluaciones sobre el impacto del polvo, desagüe, ruido, etc. para la construcción de las facilidades mineras, carretera y puente en base a un plan concreto en el futuro.

CAPITULO 5 RESUMEN DE LOS RESULTADOS DE LA EXPLORACION DURANTE EL AÑO DE 1997

5-1 Cálculos preliminares de reserva

- 1) Se realizó el cálculo de reservas para determinar en forma preliminar, la cantidad posible de reserva minera y ley de mineral en base a los resultados obtenidos en 30 pozos de perforación que se realizaron desde el año fiscal de 1991 hasta 1997 (Pozos : MJJ-1 hasta MJJ-30, profundidad total : 7,029.9m).
- 2) El límite de la zona mineralizada no se ha determinado precisamente por la falta de mas estudios de perforación. Sin embargo, se determinó una forma preliminar inferida del yacimiento ubicando los bloques para el cálculo de reserva por medio de datos geológicos y de las distribuciones de ley de Cu y de diques de pórfido granodiorítico.
- 3) El cálculo de la ley promedio por cada bloque se realizó utilizando el método del inverso de la distancia con un método de 'Z grid control' de malla que indica la distribución de ley según la forma del yacimiento. Se aplicó una distancia de influencia de 150m en base a la distancia de 150m ó 200m entre los pozos.
- 4) Para los cálculos se utilizó el programa de software MINEX.
- 5) Segun los resultados del calculo, se infieren los siguientes resultados: 318 millones de toneladas con una ley promedio de 0.71% de Cu y 0.026% de Mo por ley de corte de 0.4% de Cu; 171 millones de toneladas con ley promedio de 0.91% de Cu y 0.033% de Mo por ley de corte de 0.6% de Cu, y 88 millones de toneladas con una ley promedio de 1.11% de Cu y 0.040% de Mo por ley de corte de 0.8% de Cu.
- 6) Aunque hubo insuficiencia de datos de perforación, se llevaron a cabo los cálculos de reserva. Dichos cálculos de reserva deberán de considerarse como preliminares.
- 7) En el caso que el cálculo aplique una distancia de influencia de 50m, 37 millones de toneladas se infieren con una ley promedio de 0.739% de Cu por ley de corte de 0.4% de Cu.
- 8) Se recomiendan estudios adicionales de perforación para obtener datos suficientes que conduzcan a cálculos de reserva mas precisos.

5-2 Ensayo de beneficiación

1) Ensayo de beneficiación

El ensayo de beneficiación se llevó a cabo utilizando testigos como mena. Este estudio comprendió los siguientes ensayos:

Ensayo de propiedades físicas de mena

Ensayo de trituración y molienda

Ensayo básico de beneficiación

Ensayo de sedimentación de cola

Ensayo de aguas de desecho

2) Mena

En relación a los resultados de los análisis químicos de los principal constituyentes de mena, se obtuvieron los valores de 0.84% Cu y 0.0162% Mo para mena de alta ley y 0.25% Cu y 0.0074% Mo para mena de baja ley.

La mena consiste principalmente de bornita en forma de disseminación, calcopirita y piritita (tamaño 50-200 μ m), encontrándose además hematita y parcialmente molibdenita.

3) Ensayo de trituración y molienda

De acuerdo a los resultados de los ensayos de trituración y molienda (razón de distribución de < 200 malla: 75.2% en mena de alta ley y 82.4% en mena de baja ley) se adoptó un tiempo de molienda de 15 minutos para los ensayos básicos de flotación y ensayos de flotación colectiva Cu-Mo. Estos valores resultan grandes en comparación con valores corrientes, por lo que en el futuro se necesita de ensayos en granos mas gruesos con el objeto de acortar mas el tiempo de molienda.

Las pruebas de liberación realizadas en menas de alta ley y de baja ley presentaron un aumento sensible en la liberación de minerales en la granulometría de menos de 150 malla. Se logró liberar mas mineral cuando se utiliza menos de 200 malla, es decir, el porcentaje de mineral no liberado disminuyó en menos del 10% cuando se utiliza menos de 200 malla.

4) Ensayo básico de flotación

Durante la flotación desbastadora del ensayo básico de flotación, para ambas menas de alta ley y de baja ley, se observa un incremento en ley de concentrado por medio de la adición de

Aerofloat #3477 y el mejoramiento de la razón de recuperación al utilizar valores altos de pH. Durante la flotación relavadora de ensayo básico de flotación, además de la condición anteriormente mencionada de adicionar Aerofloat #3477 y alto pH, al agregar un dispersador CMC para controlar gangas, se obtuvieron resultados bien alentadores de ley de concentrado (mena de alta ley 38.4%, mena de baja ley 29.2%) y de razón de recuperación (mena de alta ley 94.5%, mena de baja ley 86.0%). El concentrado consiste de calcopirita, bornita, calcocita, tennantita, molibdenita, pirita y ganga.

5) Ensayo de flotación colectiva

El ensayo de flotación colectiva de Cu-Mo indicó que menas con 9 minutos de re-molienda presentan mejores resultados de recuperación. Los resultados fueron: 39.68% de ley de concentrado de Cu para menas de alta ley y 31.23% para menas de baja ley con razón de recuperación de Cu de 95.75% para menas de alta ley y 89.09% para menas de baja ley.

Los buenos valores obtenidos para ley de concentrado y razón de recuperación indican que la mena es de fácil beneficiación.

Los resultados del ensayo de flotación colectiva indicaron que la re-molienda es efectiva, comprobándose por el valor obtenido de razón de recuperación de 1.1% mayor que el resultado obtenido en el ensayo básico de flotación. Además se obtuvo alta razón de recuperación de Cu por flotabilidad controlada de ganga.

Los valores corrientes de ley y razón de recuperación obtenidos en menas de baja ley indican la necesidad de estudiar otros métodos además de flotación, como lixiviación, (leaching), etc, debido a baja ley en la mena.

Para molibdeno, los resultados obtenidos de ley y razón de recuperación son razonables. En el futuro se deberán de efectuar ensayos para separación Cu-Mo, pero el bajo contenido de Mo en la mena, llevan a la necesidad de llevar a cabo estudios económicos para evaluar la posibilidad de implementar dichos ensayos para la separación Cu-Mo.

Los estudios que aun necesitan ser llevado a cabo son ensayos para optimizar las condiciones de pH y ensayos para seleccionar los mejores reactivos.

6) Ensayo para el tratamiento de sedimentación de cola y análisis de las aguas de desecho.

En los ensayos, se examinó el caso de adicionar coagulante catiónico y coagulante noniónico. En el caso de adicionar coagulante catiónico, la velocidad de sedimentación en la primera etapa es menor y el agua decantada resulta transparente. Con la adición de H₂SO₄ el agua decantada se neutraliza.

Los ensayos sobre las aguas de desecho indicaron que la densidad del componente disuelto observado es menor que los valores establecidos por la norma de desagüe de la República del

Ecuador.

7) Flujograma de flotación

Los resultados de los ensayos de flotación colectiva, comprobaron la efectividad de la re-molienda y de esta forma se decidió incluir la re-molienda como se describe en el flujograma de flotación. Dicho flujograma considera la utilización de la flotadora de barrido para re-tratamiento del concentrado medio, haciendo que la espuma regrese sola a la etapa anterior del proceso y tratando los precipitados y las colas de flotación desbastadora como cola final. Durante la flotación relavadora del ensayo básico de flotación, se observa que la secuencia de flotado incluye inicialmente la calcopirita liberada, flotando a continuación la bornita y finalmente flota el mineral aun no liberado. Basados en estas observaciones se preparó un flujograma mas eficiente de flotacion. En este plan, la parte inicial que flota en el flotador de desbaste, el cual posee fragmentos con alto grado de liberación, se envía directamente a la sección de flotación relavadora, y la porción restante que corresponde a mineral no liberado se envía a la sección de re-molienda.

8) Flujograma general del proceso

Presumiendo el caso de explotar por el método a cielo abierto, se preparó un flujograma general del proceso que incluye las secciones de trituración, molienda, tratamiento de concentrado y disposición de cola.

La sección de trituración y molienda se realiza por medio de trituradora en fosa, molino SAG y molino de bolas. Tamaños del producto inferiores al del molino de bolas se va para la mena de flotación. La mena para flotación alimenta a la flotadora de desbaste y su espuma se manda a la sección de limpieza.

El precipitado se manda a la flotadora de barrido con el objeto de hacer mas flotación.

En la sección de limpieza, se realiza flotación en 3 etapas con flotadora de relave, y la espuma de la tercera flotadora del relave sera el concentrado final.

El precipitado de la flotadora de barrido se trata como parte de la cola final y la espuma se envía a la sección de re-molienda, donde se procesa por medio de molino de bolas y ciclón.

El concentrado final es decantado por espesador y deshidratado por filtro y depositado en tolva de reserva de concentrado. La cola final es decantado por espesador y se acumula en presa de colas.

El flujograma arriba mencionado considera la premisa que la mena es adecuada para ser utilizada en el molino tipo SAG, para el caso contrario se preparó también un flujograma de trituración y molienda utilizando el método tradicional.

9) Diseño conceptual de la planta de beneficio

Se realizó un estudio breve sobre plantas de beneficio para el tratamiento de un volumen promedio de 10,000 toneladas/día y 365 días de operación anual. Dos lugares se seleccionaron para la ubicación de planta de beneficio. Un diseño conceptual de la planta de beneficio de 10,000 toneladas/día se indica en la Fig. II-2-8, mientras que su ubicación estimada se ilustra en la Fig. II-2-9.

CAPITULO 6 DISCUSION SOBRE LOS RESULTADOS DE LA EXPLORACION

6-1 Mineralización

El área estudiada está compuesta principalmente por granodiorita y numerosos cuerpos de naturaleza pórfido granodiorítica. Dichos cuerpos presentan en el contacto con la granodiorita una zona de enfriamiento rápido que indica su naturaleza intrusiva en la forma de diques.

Estos diques poseen buzamientos hacia el sur y hacia dos direcciones preferenciales de ENE-WSW y de NW-SE respectivamente, sin embargo, la dirección predominante resulta ser ENE-WSW. En superficie el pórfido granodiorítico se encuentra presente a lo largo del curso medio de la quebrada Controversia con buzamiento para el sur.

Una falla de dirección ENE-WSW y buzamiento SSE fue detectado en el curso medio de la quebrada Controversia. Otra falla con dirección N-S y buzamiento E se encuentra aguas abajo de la quebrada Rica y a lo largo del río Junín.

La mineralización primaria está compuesta por minerales de cobre y de molibdeno que se presentan ya sea diseminadas o en forma de mallas de películas en granodiorita y pórfido granodiorítico. De los resultados de reconocimiento en superficie y estudio de los testigos de perforación se pudo constatar que las mineralizaciones están relacionadas con pórfidos granodioríticos que intrusionaron la granodiorita. De los resultados analíticos se encuentra que los resultados de cobre y molibdeno están aproximadamente correlacionados y en la roca estos minerales se presentan generalmente en forma diseminada lo que sugiere que las mineralizaciones de cobre y molibdeno son casi contemporáneos.

Durante las investigaciones llevadas a cabo en el año fiscal de 1996, se confirmó una fuerte mineralización en las proximidades de una falla de dirección ENE-WSW con buzamiento SSE, lo que comprueba que estas fallas sirvieron como conductos para las soluciones mineralizantes. De lo anterior se desprende que la falla es de época anterior a la mineralización y que posiblemente controle las intrusiones del pórfido granodiorítico. Según los resultados de la campaña geofísica los bajos valores de resistividad que se encuentran a lo largo de las dos fallas, una de dirección ENE-WSW con buzamiento SSE y otra, de dirección N-S con buzamiento para E, respectivamente, posiblemente concuerdan con la zona mineralizada.

Los minerales de cobre identificados en las anteriormente mencionadas mineralizaciones son principalmente calcopirita, bornita y calcocita y secundariamente, covelina, tennantita, malaquita, etc. Por medio de observaciones al microscopio se encuentra que la calcopirita, bornita y calcocita presentan la textura de exsolución, indicando que estos dos minerales son de origen primario. No obstante, en la superficie la calcopirita se transformó en calcocita y covelina formando minerales secundarios. El estudio de la geología superficial y los datos de

las perforaciones indican que la presencia de calcocita y covelina no se encuentran ampliamente distribuidas, sugiriendo que la zona de enriquecimiento secundario es de pequeña escala.

Las alteraciones relacionadas a las mineralizaciones fueron agrupadas en cuarzo-feldespato potásico-biotita-sericita, cuarzo-sericita-clorita, cuarzo-plagioclasa-clorita-epidoto. El grupo del cuarzo-feldespato potásico-biotita-sericita corresponde a la alteración potásica, el de cuarzo-sericita-clorita corresponde a la alteración filítica y el de cuarzo-plagioclasa-clorita-epidoto corresponde a la alteración propilítica, respectivamente. Comparando las zonas de alteración con las zonas mineralizadas, se puede ver que la zona de alteración potásica corresponde a la zona fuertemente mineralizada y alrededor de esta zona se localiza la zona de alteración filítica y más hacia afuera de estas se ubica la zona de alteración propilítica. En el área bajo estudio, las mejores zonas mineralizadas se ubicaron dentro de la zona potásica y zona filítica que se ubican alternadamente.

Se infiere que la mineralización ocurre después de la actividad del pórfido granodiorítico.

A partir de los estudios de perforación se obtuvieron buenas mineralizaciones en profundidad y alrededores del curso medio de la quebrada Controversia y aguas abajo de la quebrada Rica.

La dirección de extensión de las mineralizaciones se estimó en la dirección ENE-WSW y buzamiento SSE entre 40° y 60°, la cual coincide bien con la zona de baja resistividad de la parte central que fue obtenida por la investigación geofísica. Por consiguiente la extensión de mineralización distribuida en la zona de baja resistividad de la parte central se prolonga más tanto hacia ENE y como hacia SSW. En la dirección ENE (curso medio y aguas arriba de la quebrada Rica) se espera que la zona mineralizada esté a poca profundidad por lo que será fácil de conocer la situación del mineral en subsuelo. En la dirección SSW (parte sur del pozo MJJ-29 y parte sudoeste de pozo MJJ-22), se espera que la zona mineralizada esté a más profundidad, sin embargo la zona de baja resistividad se encuentra ampliamente distribuida, por lo que se existe la posibilidad de que la zona mineralizada sea más amplia.

Se espera que estudios futuros de exploración futura se realicen en zonas prometedoras, tales como la zona corriente media hacia aguas arriba de la quebrada Rica, la zona de la parte sur del pozo MJJ-29 y la zona de la parte sudoeste del pozo MJJ-22.

6-2 Cálculos preliminares de reserva

El límite de la zona mineralizada no se ha determinado todavía por falta de más estudios de perforación. Sin embargo, se determinó una forma preliminar inferida del yacimiento ubicando los bloques para el cálculo de reserva por medio de datos geológicos y de las distribuciones de ley de Cu y de diques de pórfido granodiorítico. Con los resultados arriba

señalados se llevaron a cabo los cálculos de reserva, los cuales deberán de considerarse como preliminares.

Para los cálculos se utilizó el software MINEX. El cálculo de la ley promedio por cada bloque se realizó utilizando el método del inverso de la distancia por medio del 'Z grid control' de malla que indica la distribución de ley según la forma del yacimiento. Se aplicó una distancia de influencia de 150m en base a la distancia de 150m ó 200m entre los pozos.

La distribución de leyes obtenido en el perfil EW esta en correspondencia con los resultados geológicos, sin embargo, se considera necesario mas información para hacer corresponder la distribución de leyes en el perfil NS con los datos de geología. Como se mencionó arriba, se llevaron a cabo cálculos de reserva en base a los datos disponibles, no obstante, se hace necesario de mas estudios adicionales de perforación para obtener datos suficientes que conduzcan a cálculos de reserva mas precisos.

6-3 Estudios de prefactibilidad

Los datos colectados de los estudios realizados hasta el año fiscal de 1997 no son todavía lo suficientes como para considerarlo un estudio final de prefactibilidad. Por tal razón, se necesita llevar a cabo perforaciones adicionales que permitan la determinación mas precisa de datos tales como, cantidades de reservas, tenores, dimensionamiento mas preciso de la zona mineralizada, etc.

De los resultados hasta ahora obtenidos por los ensayos de beneficiación durante el año fiscal de 1997, se estima que la mena es de facil beneficiación, por lo que se necesita en el futuro de realizar ensayos mas detallados que consideren también estimaciones de costos operacionales.

Consideración debe también tomarse a los estudios ecológicos en la parte norte del área del proyecto donde existe el Area de Reserva Ecológica Cotacachi-Cayapas. El área del proyecto está localizado alrededor de 5 Km fuera de la zona de amortiguación, no obstante facilidades de minas serán posiblemente construidas en un sitio adyacente a la zona de amortiguación, por lo que se necesita de un plan de desarrollo minero que preserve también la zona de amortiguación. Por estas razones, la conducción de un estudio que evalúe el impacto medio-ambiental de la zona y sus alrededores debiera considerarse como una parte importante dentro de los estudios.

CAPITULO 7 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7-1 Conclusiones

7-1-1 Estudio durante el año fiscal 1996

Las conclusiones de los resultados de los estudios pueden resumirse como sigue:

(1) Investigación geológica

Durante los estudios de el año fiscal de 1996 se reconoció la distribución de numerosos diques de pórfido granodiorítico con dirección ENE-WSW y buzamiento SSE en granodiorita. Dichos diques presentan tres facies litológicas de pórfido cuarífero, pórfido granodiorítico y porfirita. Además se confirmó falla con dirección ENE-WSW y buzamiento SSE, así como también falla con dirección N-S y buzamiento E la cual se considera que tenga una posible relación con la mineralización.

Las zonas mineralizadas se detectan aguas arriba de la quebrada Rica, aguas arriba de la quebrada Fortuna y aguas media de la quebrada Controversia. Las mineralizaciones están acompañadas de alteraciones de silicificación y sericitización en forma de diseminaciones y películas de pirita, calcopirita y bornita.

Se infiere que la zona mineralizada de la quebrada Controversia sea de 324m de ancho con 0.33% de Cu y 0.003% de Mo. La zona mineralizada de la quebrada Rica se asume que sea de 116m de ancho con 0.39% de Cu y 0.005% de Mo, considerándose que sea extensión de los pozos MJJ-19, MJJ-20 y MJJ-27.

La combinación de Cuarzo-Sericita-Clorita que corresponde a la zona de alteración filítica se encuentra ampliamente difundida desde la parte central hacia noreste y norte del área de estudio. Se encuentra además que la combinación de Cuarzo-Plagioclasa-Clorita-Epidoto que corresponde al zona de alteración propilítica está distribuida mayormente en la parte oeste y sudoeste como también en la parte este.

(2) Investigación geofísica

Debido a la rigurosa topografía del área donde se ubicaron los estudios, el levantamiento geofísico por el método de CSAMT presentaba los aspectos más favorables para el estudio de la estructura geoelectrica de dicha área.

Puesto que algunas perforaciones se realizaron dentro del área del levantamiento CSAMT, la correlación de los análisis de los testigos de la perforación y los resultados geoelectricos del levantamiento geofísico conducen a una mejor interpretación de la mineralización del área bajo estudio.

Los resultados geofísicos indicaron que los valores bajo - mediano (de menos de 250 Ωm) de la zona de resistividad coincide con la zona mineralizada detectada por la perforación.

A partir de los análisis químicos de las muestras de los testigos de la perforación, se ha encontrado que en los niveles superficiales se detectan relativamente altos grados de Cu, medianos de S, altos de Na y bajos de valores de resistividad. A partir de estos resultados, se espera que promisorios grados de Cu puedan encontrarse en las zonas de baja - media resistividad, en tal modo que los niveles superficiales vayan acompañadas de alteración débil y valores medios de sulfatos mientras que nivel más profundos, vayan acompañadas de una fuerte alteración y valores medios de sulfatos. Lo anteriormente mencionado se puede tomar como una definición a ser aplicada en esta área. Basados en dichos resultados y tomando en consideración las zonas de baja - mediana resistividad, las siguientes áreas de estudio pueden extraerse:

- Zona central de baja resistividad
- Zona norte de baja resistividad
- Zona occidental de baja resistividad
- Zona Q. Fortuna de baja resistividad

Como resultados de la investigación geofísica se infiere que existe una buena mineralización en las zonas que, por orden de posibilidades altas, son: zona central, zona occidental, zona Q. Fortuna y zona norte.

(3) Estudios de perforación

La perforación de 6 pozos con una profundidad total de 3,514.28 metros se llevó a cabo con el objeto de esclarecer la extensión de las zonas mineralizadas y la condición de la mineralización en profundidad de los alrededores de las quebradas Controversia, Rica y Fortuna. Los resultados obtenidos revelan mineralización en películas y diseminación de pirita, calcopirita, bornita y molibdenita, las cuales ocurren en granodiorita y pórfido granodiorítico.

En pozos MJJ-27, MJJ-29 y MJJ-30, la mineralización se acompaña con alteración fuerte y de mucha diseminación. Además, una alta ley de más de Cu 0.5% en promedio en una longitud de testigo aproximada de 600 metros, se obtuvo en los pozos MJJ-27, MJJ-29 y MJJ-30. En el pozo MJJ-26 que se perforó hacia el norte, se encontró una mineralización débil.

Pórfido granodiorítico dentro de la quebrada Controversia y el pozo MJJ-27 contiene ley alta de cobre de más de 0.8%. La parte de ley alta presenta tendencia a profundizarse hacia sudeste por lo que el ancho de la parte de ley alta se engruesa hacia sudeste (Fig. I-5-2).

Los análisis químicos dieron los siguiente resultados:

MJJ-25: Profundidad de 4.60 a 602.58 mts, longitud de testigo de 597.98 mts,
ley de Cu 0.43%, Mo 0.011%.

MJJ-26: Profundidad de 4.88 a 502.00 mts, longitud de testigo de 497.12 mts,
ley de Cu 0.25%, Mo 0.005%.

MJJ-27: Profundidad de 5.79 a 602.58 mts, longitud de testigo de 596.79 mts,
ley de Cu 0.56%, Mo 0.017%.

MJJ-28: Profundidad de 5.79 a 602.58 mts, longitud de testigo de 596.79 mts,
ley de Cu 0.45%, Mo 0.015%.

MJJ-29: Profundidad de 4.70 a 601.98 mts, longitud de testigo de 597.28 mts,
ley de Cu 0.74%, Mo 0.041%.

MJJ-30: Profundidad de 4.60 a 602.56 mts, longitud de testigo de 597.96 mts,
ley de Cu 0.63%, Mo 0.014%.

(4) Datos básicos para el estudio de prefactibilidad de desarrollo minero

La colección de información y datos para el estudio de prefactibilidad fue llevado a cabo durante el año fiscal de 1996 en los aspectos de minas, infraestructura, medio ambiente, economía y legislación. Los estudios de campo también se realizaron en el transcurso del mismo año.

1) Datos básicos para preparar un plan de desarrollo minero

Los resultados de la colección de datos indican que la forma del depósito mineral todavía no ha sido posible esclarecerla, por lo que se hace necesario primero delinear su forma, reserva mineral y ley. El método a cielo abierto representa la mejor forma de explotar depósitos del tipo de cobre pórfido. La topografía escarpada en el área de investigación tiene indudablemente influencia sobre el futuro plan de desarrollo minero.

2) Presente estado de la infraestructura

La infraestructura en la región del proyecto posee muchas deficiencias por lo que se necesita de reajustar la infraestructura adecuada que permita un buen desarrollo minero. Especialmente debe de considerarse la construcción de carreteras y puentes de transporte para el transporte de los productos mineros, maquinaria y materiales dentro de la etapa futura de construcción y operación. Se requiere también de la construcción de la planta de energía eléctrica y facilidades de telecomunicaciones.

3) Medio ambiente

El estudio correspondiente (año fiscal de 1996) a la colección de datos meteorológicos sobre temperatura, humedad, precipitación y dirección y velocidad del viento tuvo que paralizarse aun cuando la colección de datos no estaba todavía terminada. Para el análisis de dicha información, se hace necesario que los datos sean tomados continuamente durante un período de un año.

4) Economía y legislación

Se colectaron datos legales como son la ley de minería y otros relacionados con el desarrollo minero.

7-1-2 Estudio durante el año fiscal 1997

(1) Cálculo de reservas

- 1) Se realizó el cálculo de reservas para determinar en forma preliminar, la cantidad posible de reserva minera y ley de mineral en base a los resultados obtenidos por 30 pozos de perforación (Pozos : MJJ-1 hasta MJJ-30, profundidad total : 7,029.9m).
- 2) Se utilizó un valor promedio de 2.67 como el peso específico a ser utilizado para el cálculo de reservas. El peso específico se calculó en base a la medición de pesos específicos en el ensayo de beneficiación.
- 3) El límite de la zona mineralizada no se ha determinado todavía por falta de mas estudios de perforación. Sin embargo, se determinó una forma preliminar inferida del yacimiento ubicando los bloques para el cálculo de reserva por medio de datos geológicos y las distribuciones de ley de Cu y de diques de pórfido granodiorítico.
- 4) El cálculo de la ley promedio por cada bloque se realizó utilizando el método del inverso de la distancia con un método de 'Z grid control' de malla que indica la distribución de ley según la forma del yacimiento. Se aplicó una distancia de influencia de 150m en base

a la distancia de 150m ó 200m entre los pozos.

- 5) Para los cálculos se utilizó el software MINEX.
- 6) Según los resultados del cálculo, se infieren los siguientes resultados: 318 millones de toneladas con una ley promedio de 0.71% de Cu y 0.026% de Mo considerando una ley de corte de 0.4% de Cu; 171 millones de toneladas con leyes promedio de 0.91% de Cu y 0.033% de Mo considerando ley de corte de 0.6% de Cu, y 88 millones de toneladas con leyes promedio de 1.11% de Cu y 0.040% de Mo con una ley de corte de 0.8% de Cu.
- 7) Aunque hubo insuficiencia de datos de perforación, se llevaron a cabo cálculos de reserva. Dichos cálculos de reserva deberán de considerarse como preliminares.
- 8) En el caso que el cálculo aplique una distancia de influencia de 50m, 37 millones de toneladas se infieren con una ley promedio de 0.739% de Cu y ley de corte de 0.4% de Cu.
- 9) Se recomiendan estudios adicionales de perforación para obtener datos suficientes que conlleven a cálculos de reserva más precisos.

(2) Ensayo de beneficiación

1) Mena

En relación a la gravedad específica de la mena, se obtuvieron valores promedio de alrededor de 2.725 para mena de alta ley y valores promedio de 2.651 para mena de baja ley. Como Indices de Trabajo, se obtuvieron valores de 17.50kW/t para mena de alta ley y 14.92kW/t para mena de baja ley. Las menas de alta ley y de baja ley se consideran como rocas cuyo grado de dureza va de mediana a dura.

En relación a los resultados de los análisis químicos de los principal constituyentes de mena, se obtuvieron los valores de 0.84% Cu y 0.0162% Mo para mena de alta ley y 0.25% Cu y 0.0074% Mo para mena de baja ley.

La mena consiste principalmente de bornita en forma de disseminación (tamaño 10~400µm), calcopirita (tamaño 10~400µm) y pirita (tamaño 50~200µm), encontrándose además hematita y parcialmente molibdenita. Bornita y calcopirita son mas abundantes que la pirita. Además en las vetas de cuarzo se encuentra la co-existencia de bornita (tamaño 1000µm) y calcopirita (tamaño 1000µm).

2) Ensayo de trituración y molienda

De acuerdo a los resultados de los ensayos de trituración y molienda (razón de distribución de < 200 mal 1a: 75.2% en mena de alta ley y 82.4% en mena de baja ley) se adoptó un tiempo

de molienda de 15 minutos para los ensayos básicos de flotación y ensayos de flotación colectiva Cu-Mo. Estos valores resultan grandes en comparación con valores corrientes, por lo que en el futuro se necesita de ensayos sobre tamaños de molienda mas gruesos con el objeto de acortar mas el tiempo de molienda.

Las pruebas de liberación realizadas tanto para menas de alta ley como de baja ley presentaron un aumento sensible en la liberación de minerales dependiendo de la granulometría, de tal manera que cuando la granulometría estuvo en menos de 150 malla se encontró un alto grado de liberación mineral, lograndose liberar mas mineral cuando se utiliza menos de 200 malla, es decir, el porcentaje de mineral no liberado disminuyó en menos del 10% cuando se utiliza menos de 200 malla.

3) Ensayo básico de flotación

Durante la flotación desbastadora del ensayo básico de flotación, para ambas menas de alta ley y de baja ley, se observa un incremento en ley de concentrado por medio de la adición de Aerofloat #3477 y el mejoramiento de la razón de recuperación al utilizar valores altos de pH. Durante la flotación relavadora de ensayo básico de flotación, además de la condición anteriormente mencionada de adicionar Aerofloat #3477 y alto pH, al agregar un dispersador CMC para controlar gangas, se obtuvieron resultados bien alentadores de ley de concentrado (mena de alta ley 38.4%, mena de baja ley 29.2%) y de razón de recuperación (mena de alta ley 94.5%, mena de baja ley 86.0%). Los minerales constituyentes de los productos del ensayo básico de flotación son similares tanto en menas de alta ley como de baja ley, como se describe a continuación.

El concentrado consiste de calcopirita, bornita, calcocina, tennantita, molibdenita, pirita y ganga. La mayor parte del grano mineral se encuentra liberado, con un 81.3% considerado como grano bastante fino debido a que su grano de mineral tiene tamaños por abajo de la malla 280. Pirita forma raramente concentrados medios con minerales de cobre.

El concentrado medio consiste de abundante ganga y de pocos minerales de sulfuro de grano muy fino. La mayor parte de los minerales de sulfuro es pirita, sin embargo, se encuentra poca cantidad de calcopirita y bornita. En gangas de grano grueso se incluyen minerales de sulfuro y hematita.

Los sedimentos de cola están mayormente compuestos de ganga, no obstante, se observa poca pirita, hematita, mineral de cobre y molibdenita de grano muy fino.

4) Ensayo de flotación colectiva

El ensayo de flotación colectiva de Cu-Mo indicó que menas con 9 minutos de re-molienda presentan los mejores resultados de recuperación. Los resultados fueron: 39.68% de ley de

concentrado de Cu para menas de alta ley y 31.23% para menas de baja ley con razón de recuperación de Cu de 95.75% para menas de alta ley y 89.09% para menas de baja ley.

Los buenos valores obtenidos para la ley del concentrado y su razón de recuperación indican que la mena es de fácil beneficiación.

Los resultados del ensayo de flotación colectiva indicaron que la re-molienda es efectiva, comprobándose por el valor obtenido de razón de recuperación de 1.1% que es mayor que el resultado del ensayo básico de flotación. Además se obtuvo una alta razón de recuperación de Cu por flotabilidad controlada de ganga.

Los resultados de observación por microscopio de minerales distribuidos por diferencia de granulometría (Apéndice 20), indicaron que la presencia de calcopirita y pirita es alta en espuma (concentrado C1) y menor en espuma (concentrado C2), pero la presencia de bornita y ganga es reducida en espuma (C1) y mayores en espuma (C2).

Para menas de baja ley, los valores de ley y razón de recuperación obtenidos son corrientes, indicando la necesidad de estudiar esto por otros métodos además de flotación, como lixiviación, (leaching), etc, debido a baja ley en la mena.

Para molibdeno, los resultados obtenidos de ley y razón de recuperación son razonables. En el futuro deberán de considerarse ensayos para separación Cu-Mo, pero la baja ley de Mo en la mena, lleva a la necesidad de llevar a cabo estudios económicos para investigar la posibilidad de implementar dichos ensayos para la separación Cu-Mo.

Los estudios que aun necesitan ser llevados a cabo son ensayos tanto para optimizar las condiciones de pH y como para seleccionar los reactivos más apropiados.

5) Ensayo para el tratamiento de sedimentación de cola y análisis de las aguas de desecho.

En los ensayos, se examinó el caso de adicionar coagulante catiónico y coagulante noiónico. En el caso de adicionar coagulante catiónico, la velocidad de sedimentación en la primera etapa es menor y el agua decantada resulta transparente. Con la adición de H_2SO_4 el agua decantada se neutraliza.

Los ensayos sobre las aguas de desecho indicaron que la densidad del componente disuelto observado es menor que los valores establecidos por la norma de desagüe de la República del Ecuador.

6) Flujograma de flotación

Los resultados de los ensayos de flotación colectiva, comprobaron la efectividad de la re-molienda y de esta forma se decidió incluir la re-molienda en el flujograma de flotación.

En el flujograma de flotación se consideró la utilización de la flotadora de barrido para re-tratamiento del concentrado medio y así la espuma regresa sola a la etapa anterior del proceso,

tratando hundidas con las colas de flotación desbastadora como cola final.

Durante la flotación relavadora del ensayo básico de flotación, se observa que la secuencia de flotado incluye inicialmente la calcopirita liberada, flotando a continuación la bornita y finalmente flota el concentrado aun no liberado. Basados en estas observaciones se preparó un plan para el mejoramiento del flujograma de flotación. En este plan, la parte inicial que flota del flotador de desbaste, el cual posee fragmentos con alto grado de liberación, se envía directamente a la sección de flotación relavadora, y la porción restante que corresponde a concentrado medio de bajo grado de liberación se envía a la sección de re-molienda.

7) Flujograma general del proceso

Presumiendo el caso de explotar por el método a cielo abierto, se preparó un flujograma general del proceso que incluye las secciones de trituración, molienda, tratamiento de concentrado y disposición de cola.

La sección de trituración y molienda se realiza por medio de trituradora en fosa, molino SAG y molino de bolas. Los tamaños del producto inferiores al del molino de bolas se va para la mena de flotación. La mena para flotación alimenta a la flotadora de desbaste y su espuma se manda a la sección de limpieza.

La hundida se manda a la flotadora de barrido con el objeto de hacer mas flotación.

En la sección de limpieza, se realiza flotación en 3 etapas con flotadora de relave, y la espuma de la tercera flotadora del relave sera el concentrado final.

La hundida de flotadora de barrido se trata como una parte de la cola final y la espuma se envía a la sección de re-molienda, donde se procesa por medio de molino de bolas y ciclón.

El concentrado final es decantado por espesador y deshidratado por filtro y depositado en tolva de reserva de concentrado. La cola final es decantado por espesador y se acumula en presa de colas.

El flujograma arriba mencionado considera la premisa que la mena de ser explotada sea adecuada si se introduce al molino tipo SAG sin problemas, pero en caso que el uso del molina SAG no sea el adecuado, se preparó también un flujograma de trituración y molienda por el método tradicional.

8) Diseño conceptual de la planta de beneficio

Se realizó un estudio breve sobre plantas de beneficio para el tratamiento de un volumen promedio de 10,000 toneladas/día y 365 días de operación anual. Dos lugares se seleccionaron para la ubicación de planta de beneficio. Un diseño conceptual de la planta de beneficio de 10,000 toneladas/día se indica en la Fig. II-2-8, mientras que su ubicación estimada se ilustra en la Fig. II-2-9.

7-2 Recomendaciones

De acuerdo a los resultados obtenidos durante el año fiscal 1996, se pudo inferir la existencia de una buena mineralización de cobre y molibdeno en partes profundas de los alrededores de las quebradas Controversia, Rica y Fortuna.

Según los estudios preliminares realizados durante el año fiscal 1997, los cálculos realizados estiman una reserva posible de 318 millones de toneladas con ley promedio de 0.71% y considerando ley de corte de 0.4% de Cu. Los estudios realizados durante el ensayo de beneficiación también dieron buenos resultados.

Como paso siguiente, se recomienda las siguientes actividades, las cuales deberán estar centradas en la toma de los datos necesarios para que se pueda evaluar la posibilidad de un desarrollo minero.

- 1) Realizar los cálculos de reservas con mejor precisión. Para lograr esto, se hace necesario llevar a cabo mas investigaciones geológicas, geofísicas y de perforación con el objeto de confirmar la mejor zona mineralizada y así poder delimitar aun mejor la parte mineralizada. Entre los estudios arriba mencionados, la perforación se considera una actividad de lo mas importante. Para complementar la información, se recomienda también llevar a cabo galerías.

- 2) Llevar a cabo un estudio de prefactibilidad de desarrollo mineral tomando como base los resultados de las investigaciones arriba mencionadas. Dentro de dicho estudio de prefactibilidad, es definitivamente necesario conducir un estudio de impacto ambiental que considere todas las posibles influencias que pueda tener un posible desarrollo minero al medio ambiente que circunda la zona de la reserva ecológica Catacachi-Cayapas, localizada en la parte norte del área del proyecto.



PART II

DESCRIPCION DETALLADA

1984

1984 - 1985



CAPITULO I CALCULOS PRELIMINARES DE RESERVAS

1-1 Propósito

El propósito del cálculo de reservas es el de determinar la cantidad probable de reserva mineral y ley de mineral en base a los resultados obtenidos por 30 pozos de perforación (Pozos: MJJ-1 hasta MJJ-30, profundidad total: 7,029.9m) realizada de la manera siguiente: en el área de proyecto Junín desde el año fiscal 1991 hasta 1993, en el área del proyecto Junín y Cuelloaje desde el año fiscal 1994 hasta 1995 y en el área del proyecto Imbaeeste desde el año fiscal 1996 hasta 1997.

1-2 Método de Cálculo

1-2-1 Datos básicos

Como datos básicos para el cálculo, se utilizaron los resultados del estudio geológico y de los 30 sondajes, MJJ-1 hasta MJJ-30, con una profundidad total de 7,029.9m. La Tabla II-1-1 indica el número de pozos, como también sus ubicaciones, altitudes, direcciones, inclinaciones y profundidades. Las ubicaciones de los pozos se indican en la Fig. II-1-1. Los perfiles geológicos de perforación se presentan en el Apéndice 1. Las columnas sumarias de los pozos están señalados en el Apéndice 2. Los datos básicos de los análisis químicos de testigos están señalados en el Apéndice 3.

1-2-2 Parámetros de cálculo

Los parámetros a utilizar en el cálculo se obtuvieron de la siguiente manera:

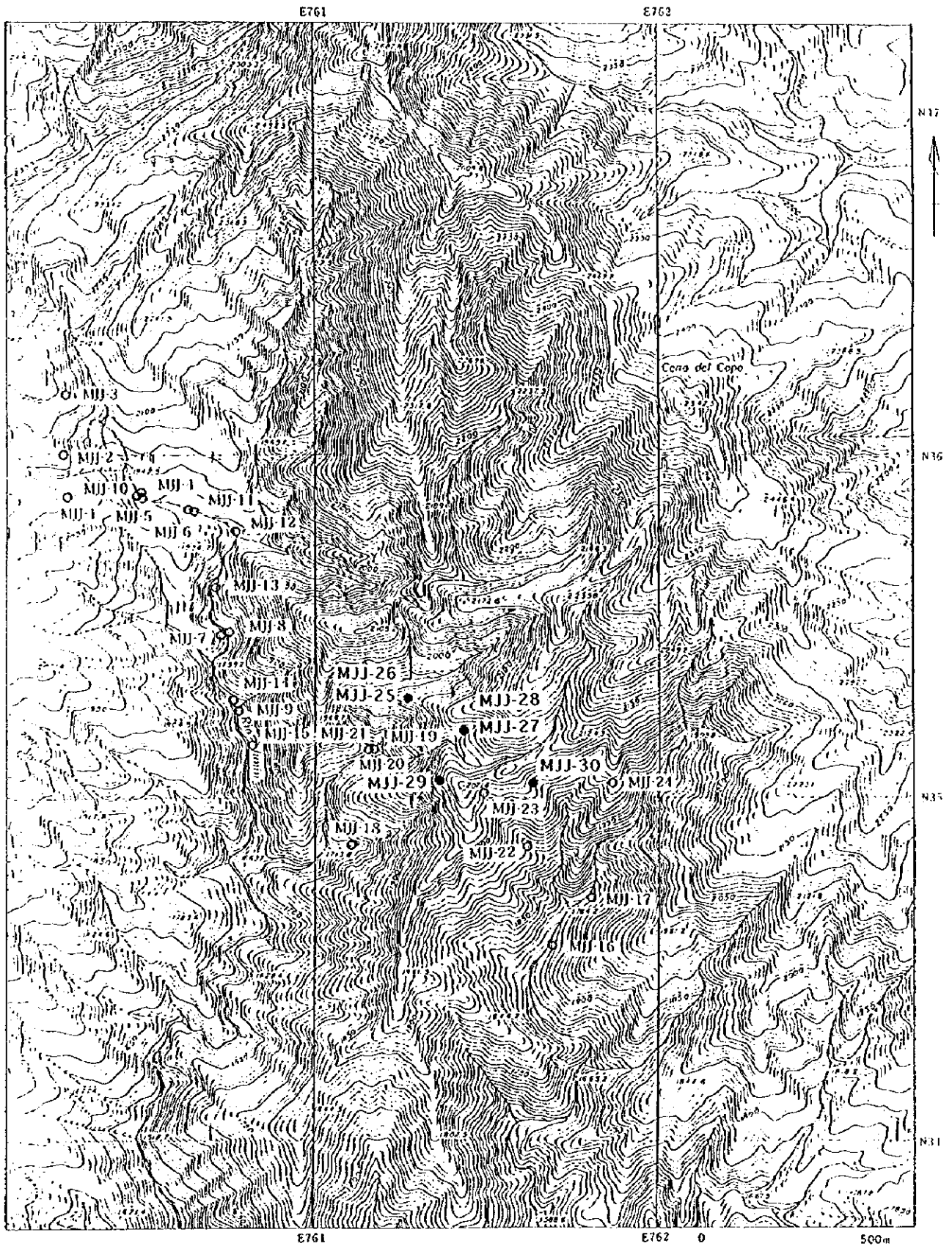
1) Peso específico

Para los cálculos de la cantidad de reserva, se toman en cuenta los resultados de medición de peso específico en el ensayo de propiedades físicas de la mena, los cuales resultaron en 2.725 para la mena con una ley alta de Cu y 2.651 para la mena con una ley baja de Cu. En base a la proporción de las dos menas, se utilizó un valor promedio de 2.67 como el peso específico a utilizar para el cálculo de las reservas.

Muestra	Peso específico	Cantidad de reserva
mena con una ley alta	2.725	1x
mena con una ley baja	2.651	2x

Tabla II-1-1 Lista de pozos

hole No.	Location		Altitude (m)	Direction (°)	Inclination (°)	Depth (m)
	N	E				
MJJ-1	35.880	760.270	2,105	-	-90	151.50
MJJ-2	36.005	760.251	2,123	-	-90	151.50
MJJ-3	36.180	760.271	2,180	-	-90	151.00
MJJ-4	35.895	760.493	1,918	30	-60	148.80
MJJ-5	35.890	760.483	1,918	225	-45	300.00
MJJ-6	35.850	760.631	1,960	-	-90	150.50
MJJ-7	35.480	760.719	1,768	270	-45	300.85
MJJ-8	35.475	760.754	1,772	90	-60	233.45
MJJ-9	35.265	760.773	1,730	-	-90	150.00
MJJ-10	35.890	760.485	1,912	325	-45	301.30
MJJ-11	35.840	760.650	1,857	30	-45	302.50
MJJ-12	35.790	760.765	1,832	30	-45	302.00
MJJ-13	35.615	760.705	1,795	90	-45	270.00
MJJ-14	35.291	760.755	1,737	90	-45	300.58
MJJ-15	35.135	760.805	1,710	90	-45	301.21
MJJ-16	34.570	761.682	1,768	-	-90	150.73
MJJ-17	34.722	761.798	1,796	-	-90	150.25
MJJ-18	34.862	761.095	1,737	90	-45	302.56
MJJ-19	35.146	761.180	1,818	90	-45	301.03
MJJ-20	35.146	761.180	1,818	-	-90	393.14
MJJ-21	35.145	761.162	1,818	0	-45	307.14
MJJ-22	34.862	761.612	1,913	-	-90	304.08
MJJ-23	35.033	761.495	2,044	-	-90	401.68
MJJ-24	35.056	761.870	2,037	-	-90	401.68
MJJ-25	35.294	761.275	1,978	-	-90	602.58
MJJ-26	35.294	761.275	1,978	0	-60	502.00
MJJ-27	35.200	761.440	2,028	-	-90	602.58
MJJ-28	35.200	761.440	2,028	0	-60	602.58
MJJ-29	35.050	761.383	2,049	-	-90	601.98
MJJ-30	35.041	761.638	2,020	-	-90	602.56



- Lugar de Perforacion (1996)
- Lugar de Perforacion (1991-1995)

Fig. II-1-1 Ubicación de los pozos de perforación en el área de Imbaoste

2) Determinación del yacimiento para el cálculo de reservas

Con los estudios de perforación realizados hasta la fecha no sido posible determinar los límites de la zona mineralizada. En base a los resultados del estudio geológico se determinaron mapas geológicos en secciones y en planos. En base a la distribución de ley de Cu y la distribución de diques de pórfido granodiorítico, se hicieron inferencias para determinar la forma del yacimiento a utilizar durante el cálculo de reservas. La forma inferida del yacimiento mineral se ilustra en la Fig. II-1-2. Para los cálculos, se determinó que el límite vertical a considerar es desde la superficie hasta 1,350m sobre el nivel del mar.

3) Bloques

Las dimensiones de los bloques se consideraron de 25m de lado por 10m de espesor. En la Fig. II-1-3 se ilustra la distribución de bloques en plano y en sección para el nivel de 1,600m sobre el nivel del mar.

4) Ley de bloque

El valor original de ley se obtuvo cada 2m de testigo, sin embargo, para el cálculo de la ley, se utilizó el promedio de 5 valores de testigo, es decir el cálculo fué de 10 m de testigo. Se utiliza un valor desde 0.01% de Cu como mínimo y de hasta 5.00% de Cu como máximo. El cálculo de la ley promedio de cada bloque se realiza utilizando el metodo del inverso de la distancia por medio del método de malla 'Z grid control' que indica la distribución de ley probable en el yacimiento. Se aplica una distancia de influencia de 150m en base a la distancia de 150m o 200m entre pozo y pozo.

5) Cálculo de computo

Para los cálculos se utilizó el software MINEX que permite efectuar el calculo de reservas con el objeto de determinar la cantidad de reserva y ley promedio de Cu y Mo.

1-3 Resultados de cálculo

La Tabla II-1-2 indica para cada una de las diversas clases de ley de Cu (%), el valor de reserva (ton.), como tambien ley promedio de Cu y Mo, reservas acumuladas y ley promedio de reservas acumuladas.

Datos insuficientes afectan el grado de precisión de los resultados, por lo que dichas reservas deben ser consideradas como reservas posibles de carácter preliminar.

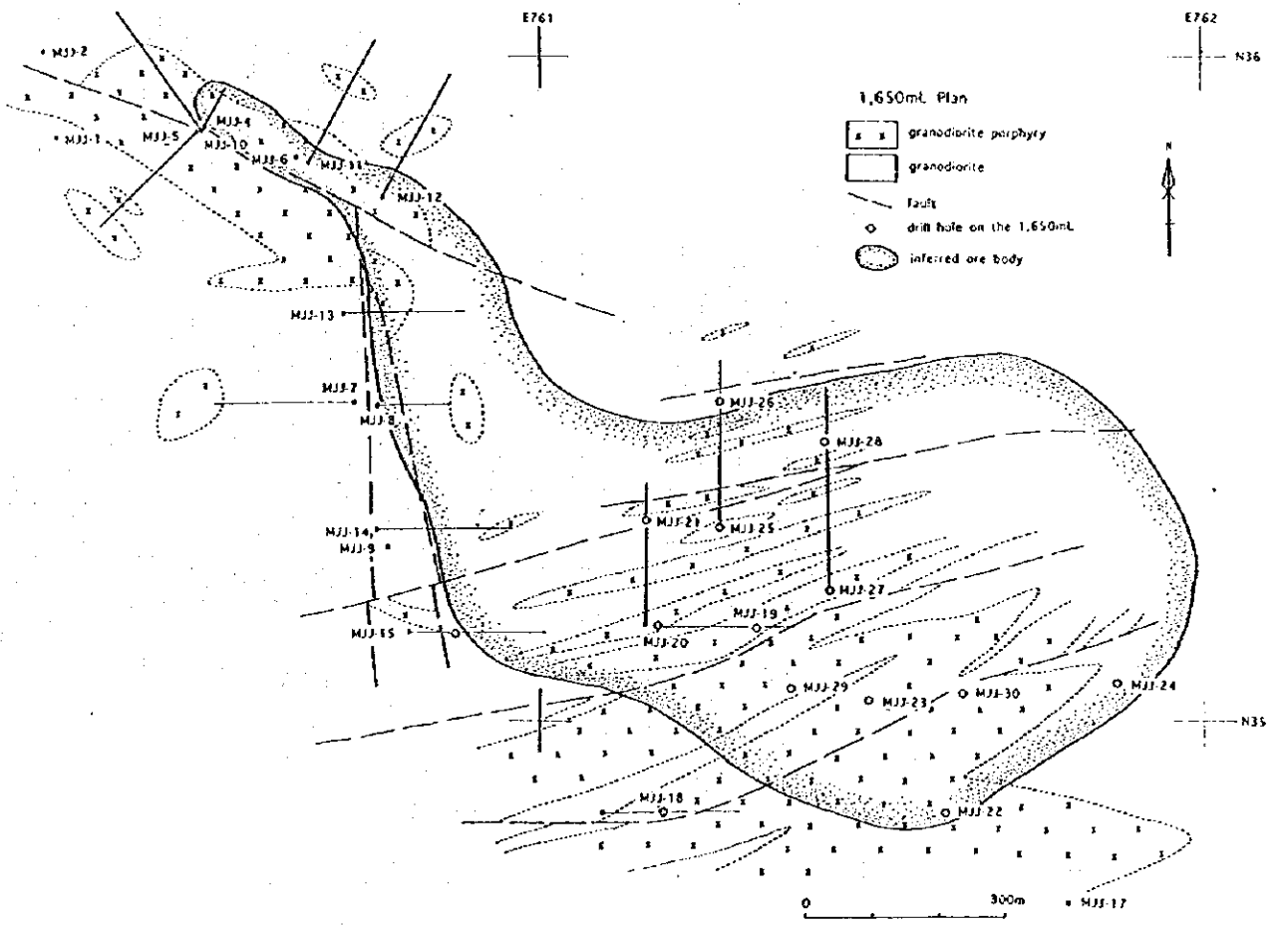
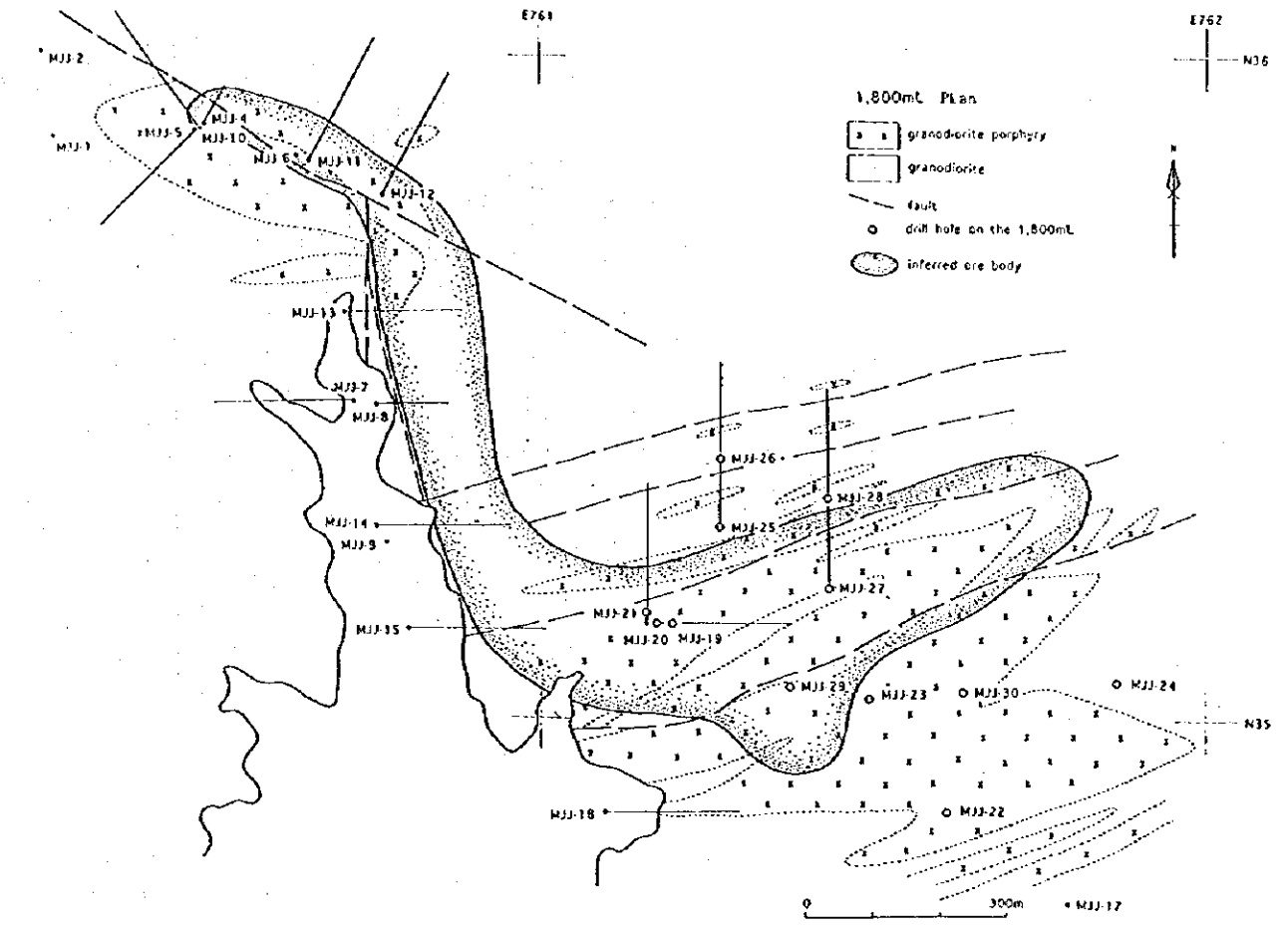
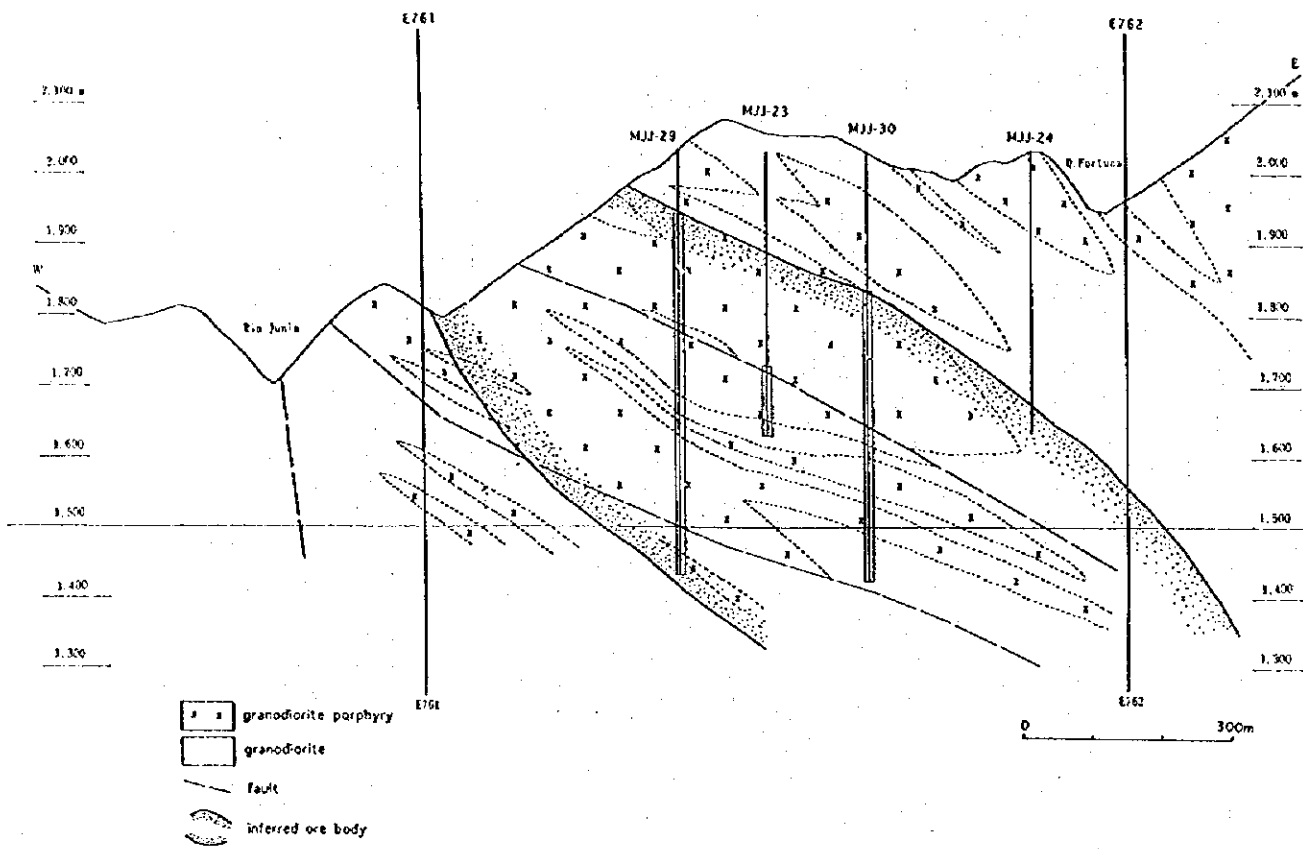


Fig. II-1-2 Foma inferida del yacimiento (1)



N35.041

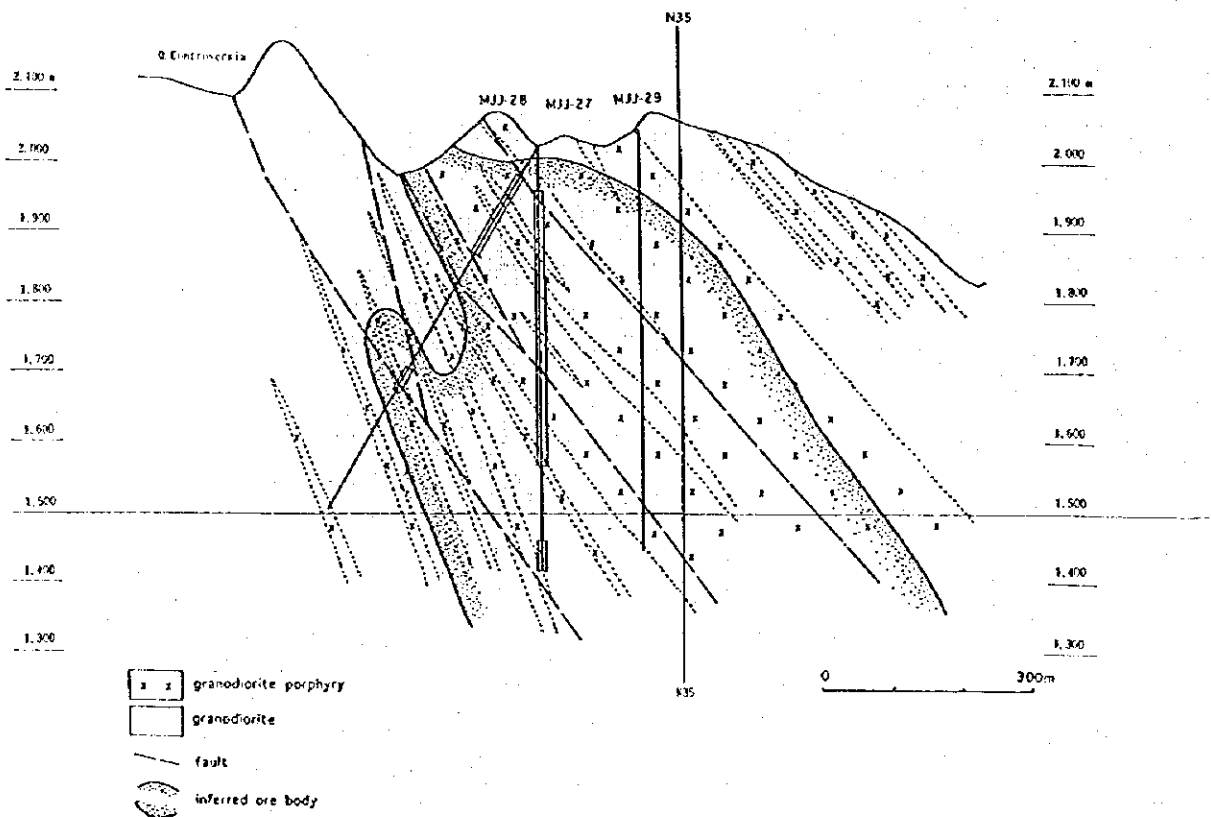


Fig. II-1-2 Foma inferida del yacimiento (2).

E761.430

Segun los resultados del cálculo, se infieren 318 millones de toneladas con leyes promedio de 0.71% de Cu y 0.026% de Mo considerando una ley de corte de 0.4% de Cu. Se infieren 171 millones de toneladas con leyes promedio de 0.91% de Cu y 0.033% de Mo con una ley de corte de 0.6% de Cu, y también se infieren 88 millones de toneladas con leyes promedio de 1.11% de Cu y 0.040% de Mo con una ley de corte de 0.8% de Cu.

Tabla II-1-2 Resultados de Cálculos de Reserva

Clase	Reserva	Ley		Reserva Acumulada	Ley	
(Cu%)	(Ton)	(Cu%)	(Mo%)	(Ton)	(Cu%)	(Mo%)
2.0~	4	2.19	0.083	4	2.19	0.083
1.8~2.0	2	1.88	0.051	6	2.08	0.071
1.6~1.8	3	1.68	0.048	9	1.95	0.063
1.4~1.6	4	1.48	0.051	14	1.80	0.059
1.2~1.4	7	1.30	0.046	21	1.63	0.054
1.0~1.2	18	1.07	0.041	40	1.37	0.048
0.9~1.0	19	0.96	0.036	59	1.24	0.044
0.8~0.9	28	0.83	0.032	88	1.11	0.040
0.7~0.8	37	0.74	0.028	125	1.00	0.036
0.6~0.7	46	0.66	0.025	171	0.91	0.033
0.5~0.6	57	0.55	0.021	229	0.82	0.030
0.4~0.5	89	0.42	0.017	318	0.71	0.026
0.3~0.4	110	0.35	0.013	428	0.62	0.023
0.2~0.3	80	0.24	0.010	509	0.56	0.021
0.1~0.2	36	0.11	0.006	546	0.53	0.020

La distribución de bloques se presenta en la Fig. II-1-3 como también en el Apéndice 4. La distribución de ley se indica en las Figs. II-1-4, y II-1-5 y en los Apéndices 5, 6, 7, 8, 9 y 10. La distribución tridimensional de la ley se indica en la Fig. II-1-6.

En relación con los calculos obtenidos anteriormente durante el año fiscal de 1995, la cantidad de reserva obtenida por el presente calculo ha aumentado considerablemente. Esto se debe a que los resultados de reservan aumentan bastante al considerar reservas que incluyan la ley baja de Cu, por ejemplo 226 millones de toneladas poseen una ley de menos de 0.4% de Cu. A lo anterior hay que agregar la tendencia de dar énfasis a la parte de la ley alta a mas profundidad, como se indica en la Fig. II-1-5.

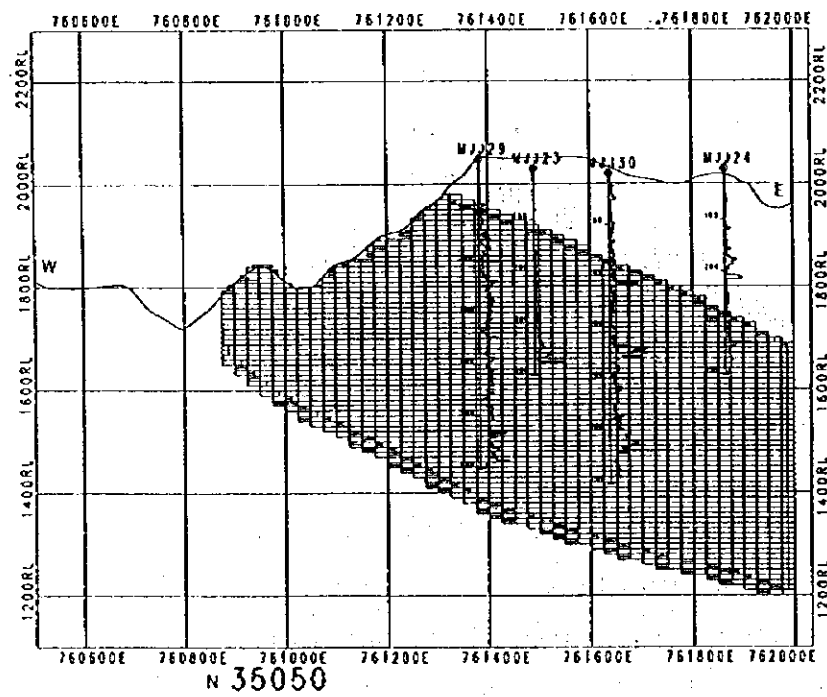
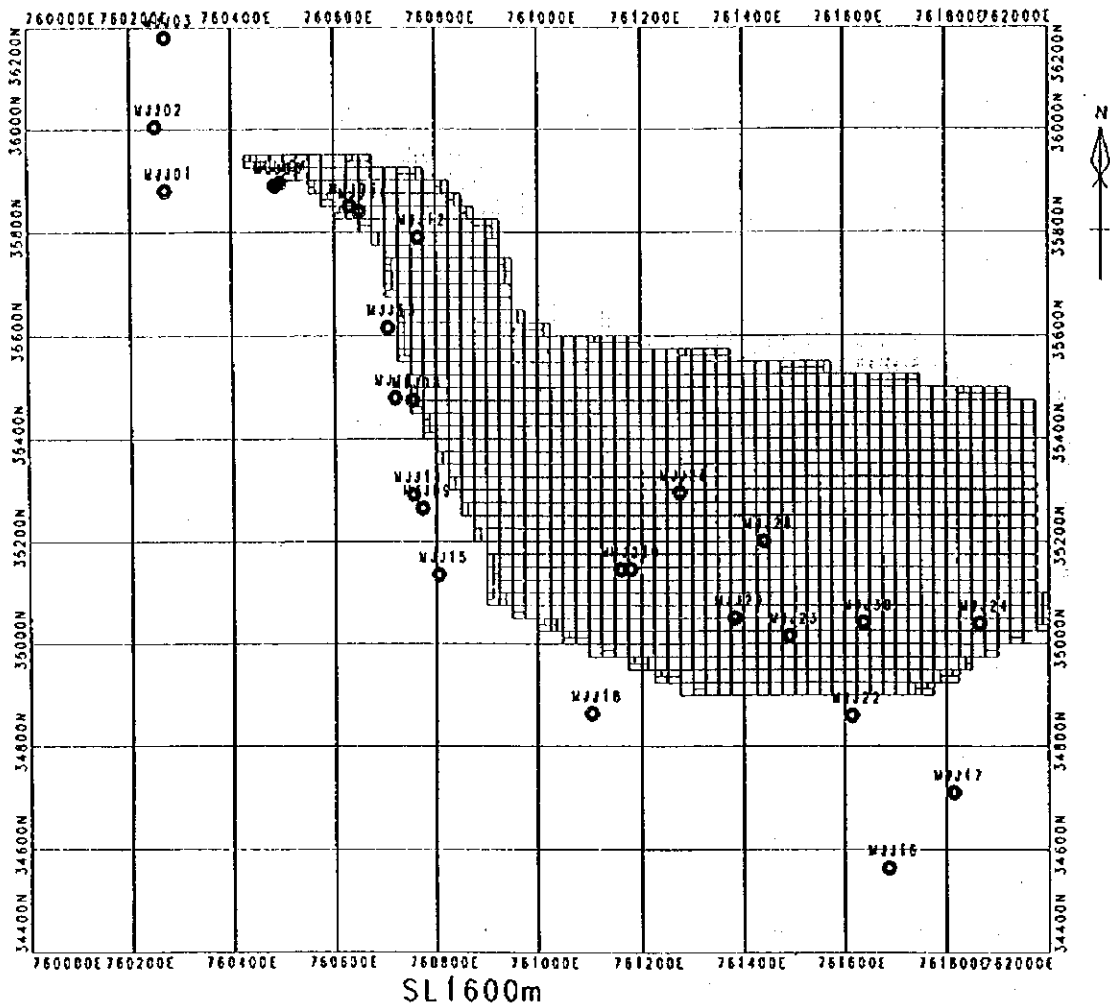


Fig. II-1-3 Distribución de bloques para el cálculo de reserva

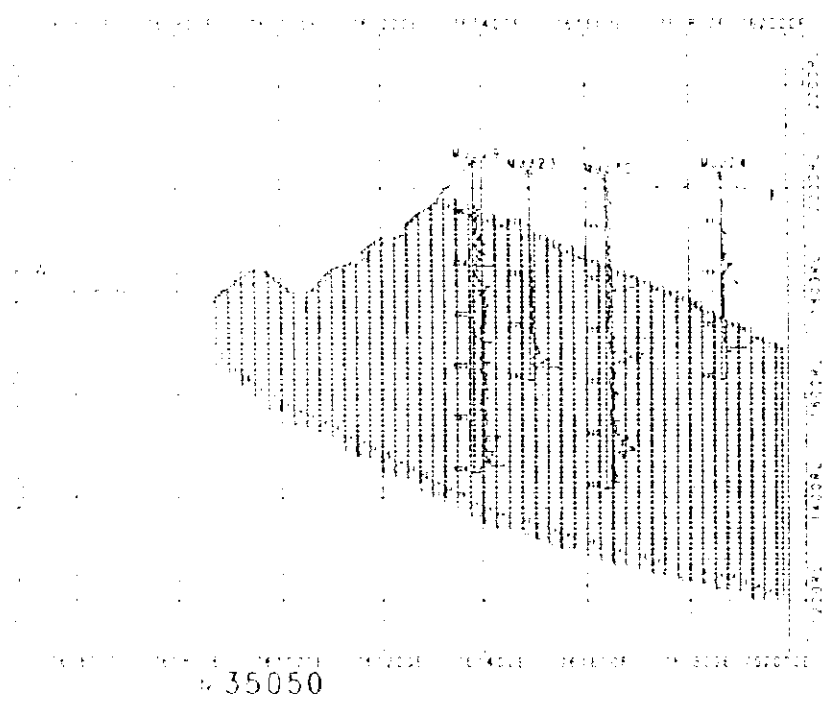
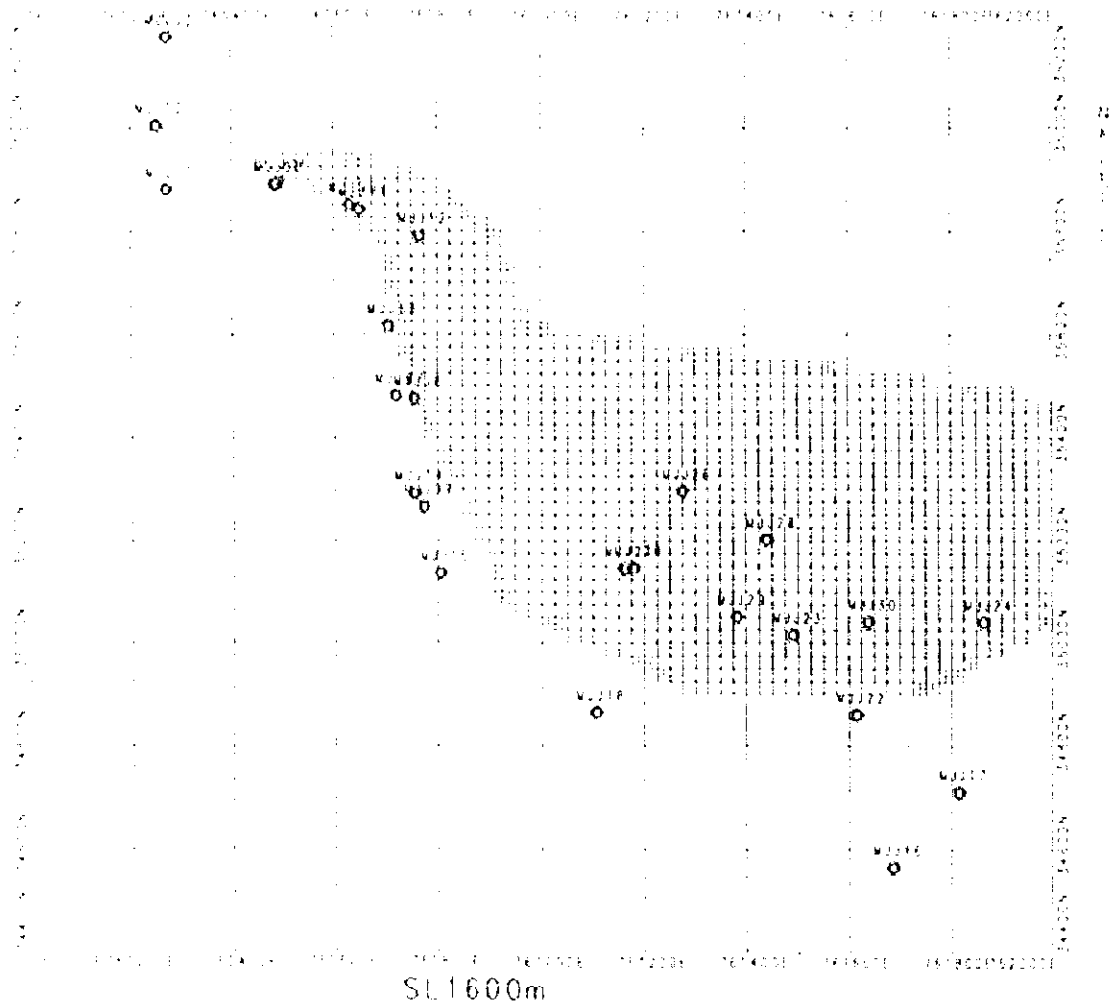


Fig. II-1-3 Distribución de bloques para el cálculo de reserva

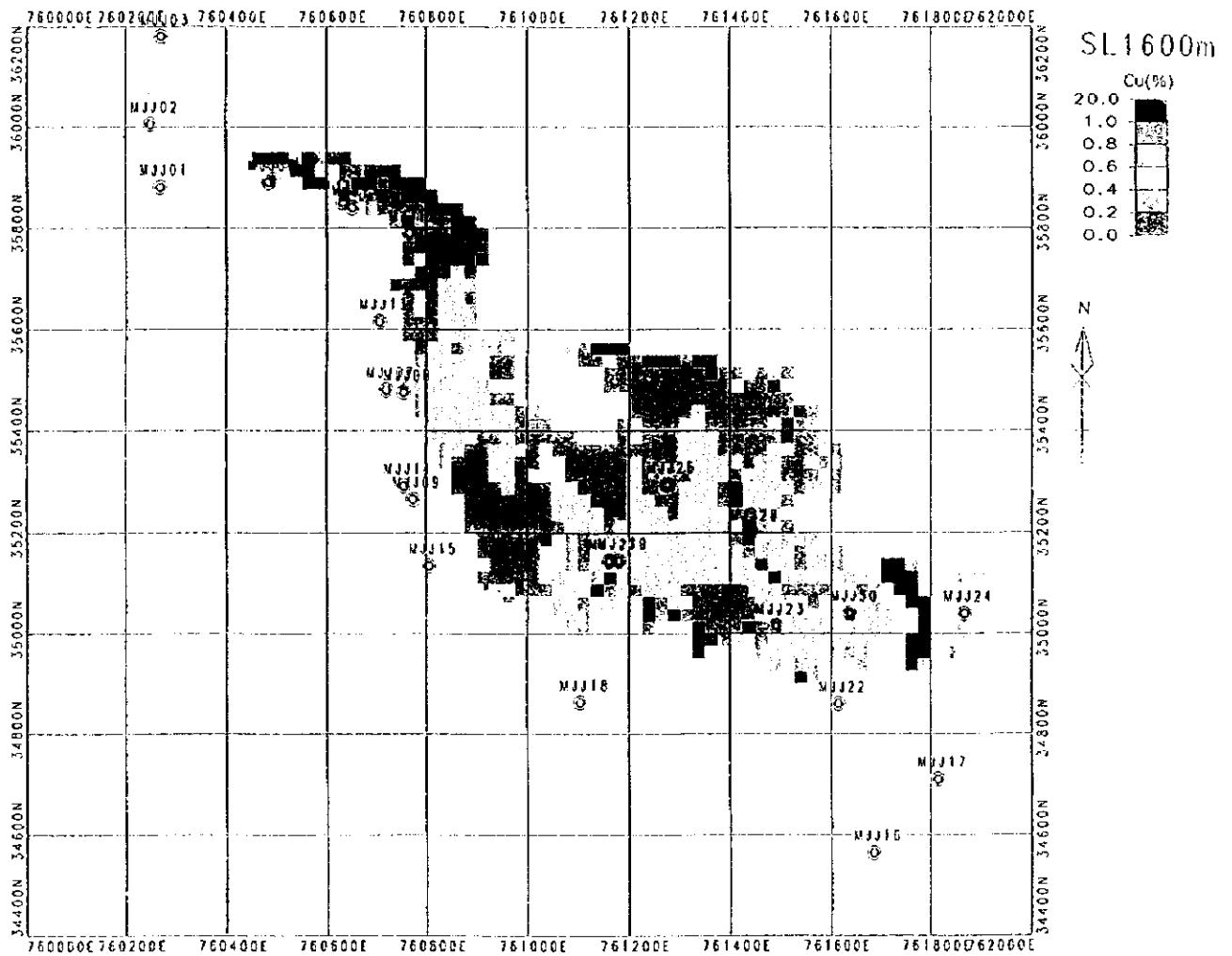


Fig. II-1-4 Mapa en plano de distribución de ley

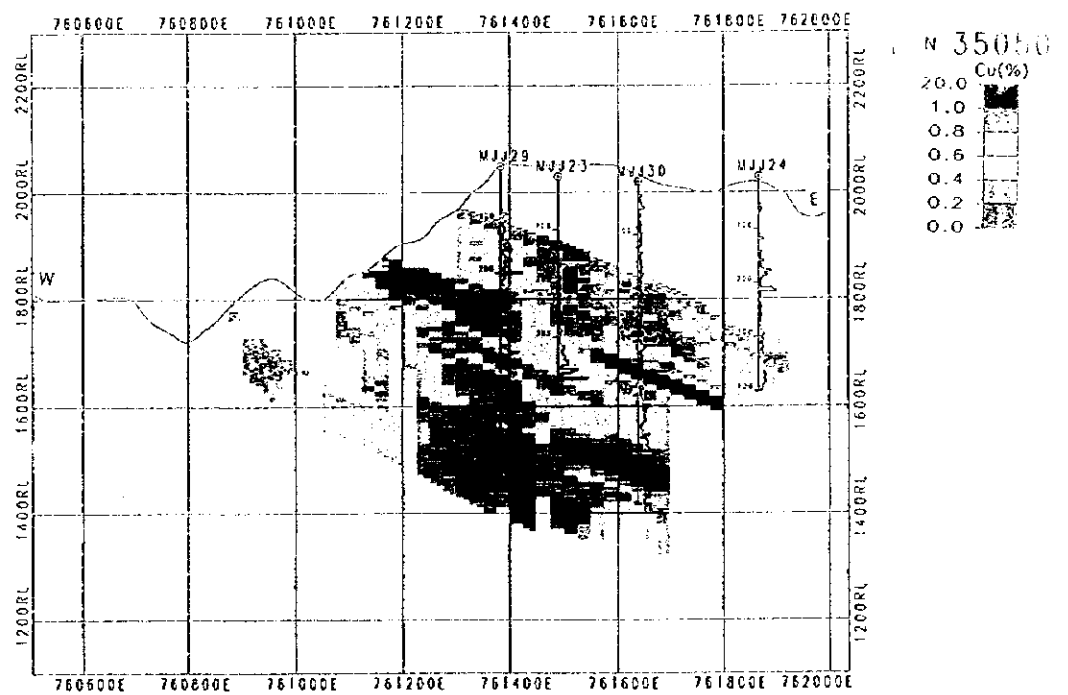


Fig. II-1-5 Perfiles de distribución de ley

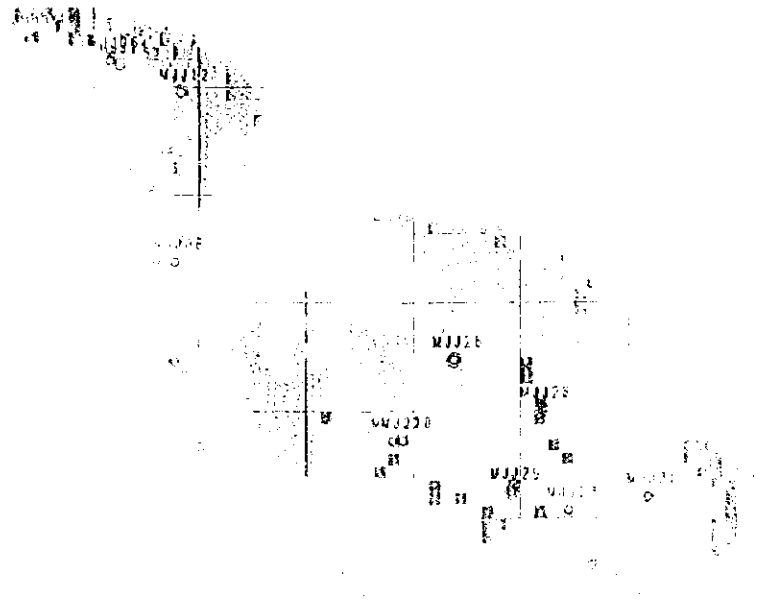


Fig. II-1-4 Mapa en plano de distribución de ley

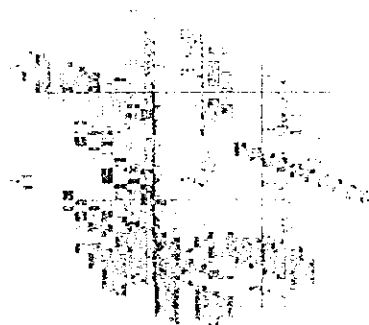


Fig. II-1-5 Perfiles de distribución de ley



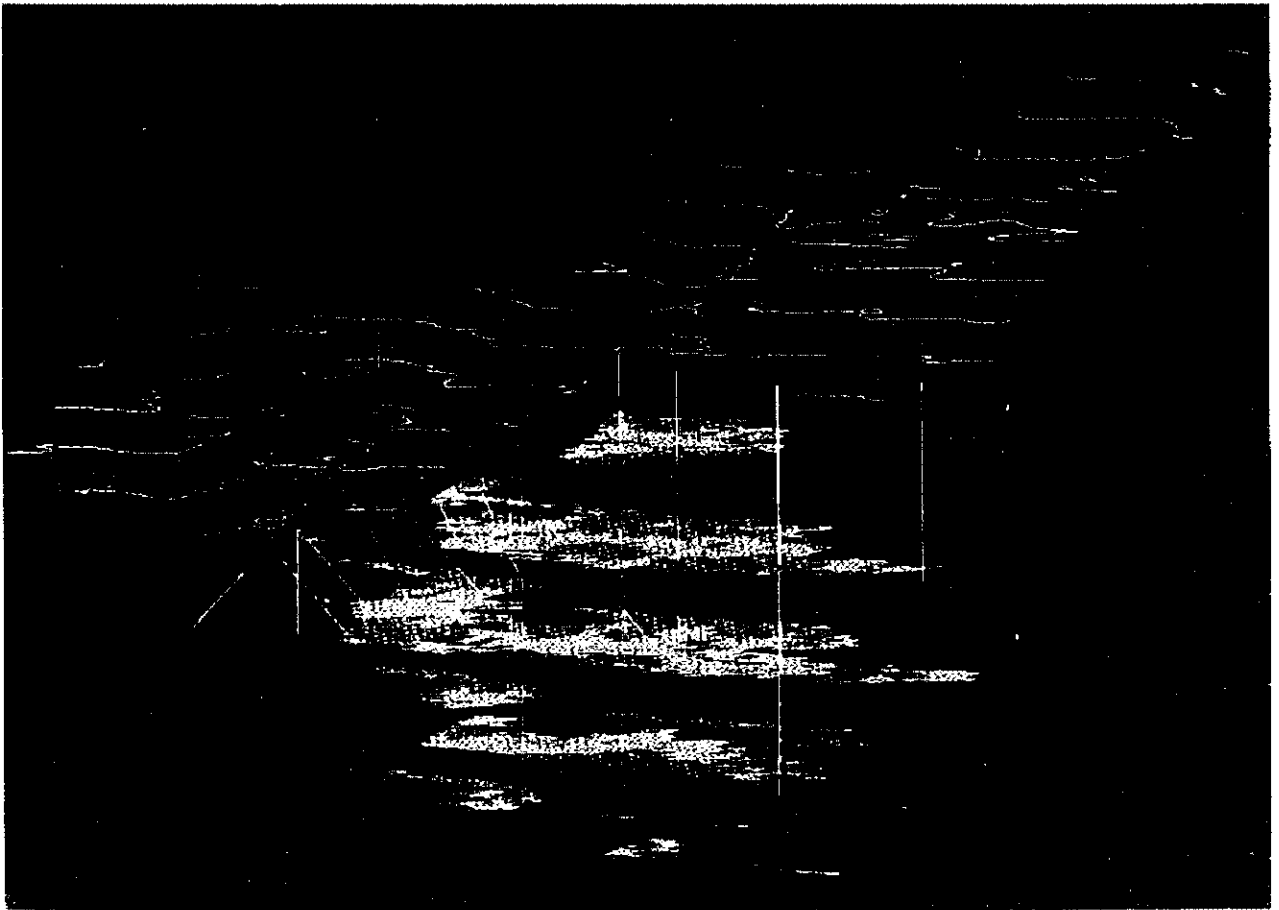
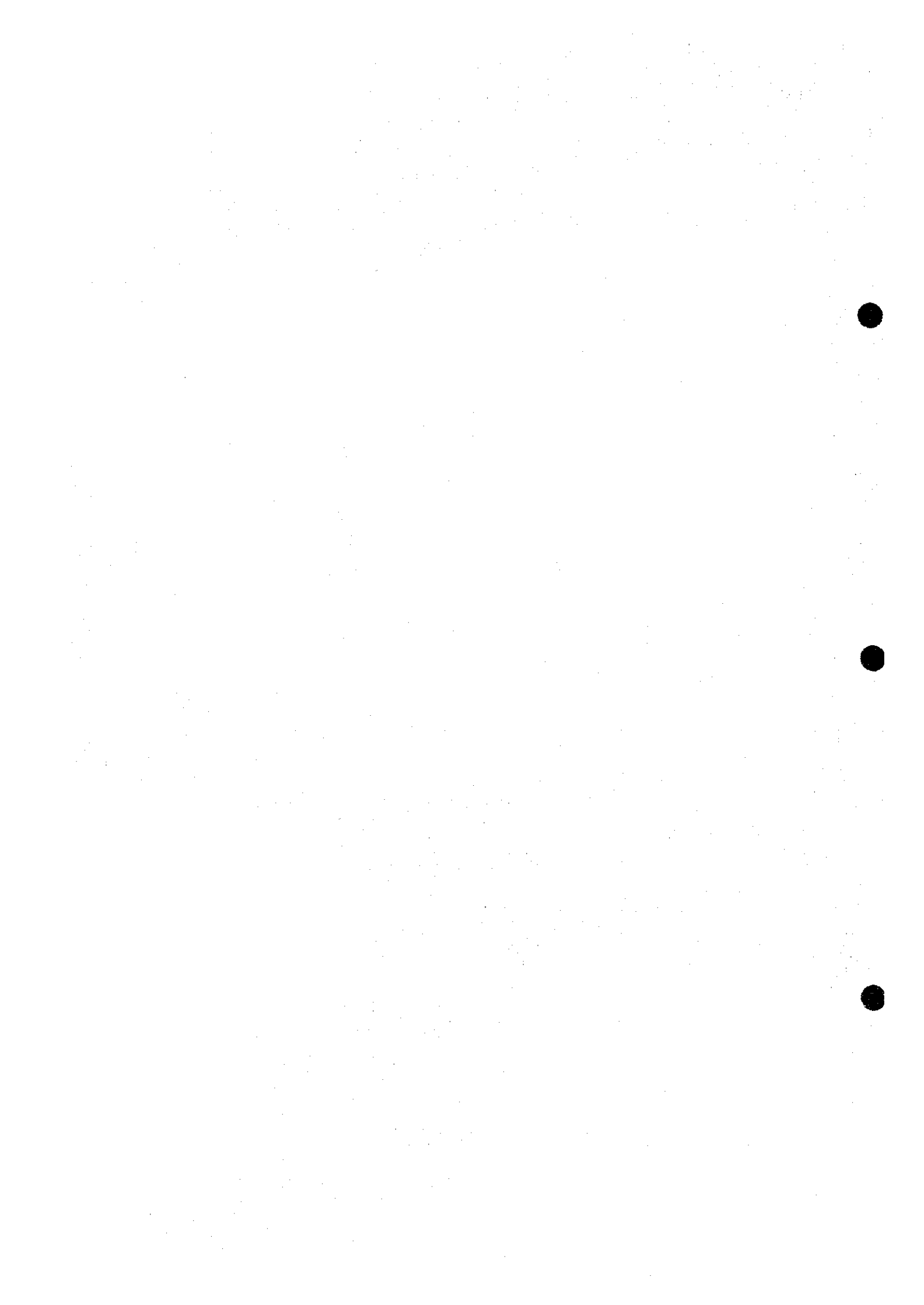


Fig. II-1-6 **Distribución tridimensional de ley**



Para el caso de aplicar una distancia de influencia de 50m, los cálculos infieren los siguientes resultados: 37 millones de toneladas con una ley promedio de 0.73% de Cu con la ley de corte de 0.4% de Cu, 20 millones de toneladas con ley promedio de 0.93% de Cu para una ley de corte de 0.6% de Cu, y 10 millones de toneladas con una ley promedio de 1.13% de Cu con una ley de corte de 0.8% de Cu.

El cálculo de reserva se llevó a cabo a pesar de haber insuficientes datos de perforación. Perforación adicional es necesaria para obtener mejor precisión con suficientes datos para el cálculo. Se espera también obtener reservas con ley alta en las perforaciones ubicadas en la parte noreste y sureste.

1-4 Conclusiones

- 1) Se realizó el cálculo de reservas para determinar en forma preliminar, la cantidad posible de reserva minera y ley de mineral en base a los resultados obtenidos por 30 pozos de perforación (Pozos : MJJ-1 hasta MJJ-30, profundidad total : 7,029.9m).
- 2) Se utilizó un valor promedio de 2.67 como el peso específico a ser utilizado para el cálculo de reservas. El peso específico se calculó en base a la medición de pesos específicos en el ensayo de beneficiación.
- 3) El límite de la zona mineralizada no se ha determinado todavía por falta de mas estudios de perforación. Sin embargo, se determinó una forma preliminar inferida del yacimiento ubicando los bloques para el cálculo de reserva por medio de datos geológicos y las distribuciones de ley de Cu y de diques de porfido granodiorítico.
- 4) El cálculo de la ley promedio por cada bloque se realizó utilizando el método del inverso de la distancia con un método de 'Z grid control' de malla que indica la distribución de ley según la forma del yacimiento. Se aplicó una distancia de influencia de 150m en base a la distancia de 150m ó 200m entre los pozos.
- 5) Para los cálculos se utilizó el software MINEX.
- 6) Según los resultados del cálculo, se infieren los siguientes resultados: 318 millones de toneladas con una ley promedio de 0.71% de Cu y 0.026% de Mo por la ley de corte de 0.4% de Cu; 171 millones de toneladas con ley promedio de 0.91% de Cu y 0.033% de Mo por ley de corte de 0.6% de Cu, y 88 millones de toneladas con una ley promedio de 1.11% de Cu y 0.040% de Mo por ley de corte de 0.8% de Cu.
- 7) Debido a que la insuficiencia de datos de perforación, afecta la precisión obtenida en los cálculos, dichas cantidades posibles de reserva con sus respectivas leyes deberán de considerarse como preliminares.

- 8) En el caso que el cálculo aplique una distancia de influencia de 50m, 37 millones de toneladas se infieren con una ley promedio de 0.73% de Cu por ley de corte de 0.4% de Cu.
- 9) Se recomienda la perforación adicional para obtener datos suficientes que conduzcan a la obtención de cálculos de reserva mas precisos.