

**INFORME
DE
ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PRELIMINAR SOBRE DESARROLLO
DE PROYECTO DE MINERIA EN EL AREA SAN ANTONIO
EN
LA REPUBLICA DE BOLIVIA**

Marzo 1987

**JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY
METAL MINING AGENCY OF JAPAN**

M. P. N.
GR (3)
87-48

INFORME DE ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PRELIMINAR SOBRE DESARROLLO
DE PROYECTO DE MINERIA EN EL AREA SAN ANTONIO EN LA REPUBLICA DE BOLIVIA

Marzo 1987

02
5.1
PN

**INFORME
DE
ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PRELIMINAR SOBRE DESARROLLO
DE PROYECTO DE MINERIA EN EL AREA SAN ANTONIO
EN
LA REPUBLICA DE BOLIVIA**

JICA LIBRARY



1030057[2]

16296

Marzo 1987

**JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY
METAL MINING AGENCY OF JAPAN**

87-48

国際協力事業団

受入 月日	'87. 4. 30	702
登録No.	16276	66-1 MPN

PROLOGO

El gobierno de Japón, de acuerdo con la solicitud de la República de Bolivia, decidió realizar la investigación preliminar de viabilidad de explotación del sector de San Antonio que está situado al sudoeste del departamento de Potosí de la República, y encargó este estudio a la Japan International Cooperation Agency (JICA). JICA, juzgando que ésta investigación pertenece al campo especial de estudios de factibilidad de explotación de minas, ha decidido encargar el estudio a la Metal Mining Agency of Japan (MMAJ).

Esta investigación se ha llevado a cabo desde noviembre de 1986 a febrero de 1987, y se completó como estaba planeado gracias a la colaboración de las autoridades relacionadas del gobierno boliviano, especialmente la Corporación Minera de Bolivia (COMIBOL).

Expresamos nuestro profundo agradecimiento a las autoridades concernientes al gobierno boliviano y el Ministerio de Asuntos Exteriores en Japón, la Embajada del Japón en Bolivia, y a las compañías relacionadas que brindaron cooperación a nosotros para realizar esta investigación.

Marzo de 1987

Keisuke Arita
Presidente
Japan International Cooperation Agency

Junichiro Sato
Presidente
Metal Mining Agency of Japan

AGRADECIMIENTO

El presente informe se ha descrito del resultado de la investigación que la Metal Mining Agency of Japan (MMAJ) encargó la ejecución al International Development Center of Japan (IDCJ).

El objeto de la investigación es analizar y estudiar el plan de explotación de los yacimientos de plata, plomo, y zinc en el área de San Antonio que está situado al sudoeste del departamento de Potosí de la República de Bolivia, y los efectos económicos resultantes.

Deseamos que esta investigación contribuya al desarrollo regional alrededor de los yacimientos y al desarrollo económico de Bolivia, y que intensifique la relación cooperativa y amistosa entre Bolivia y Japón.

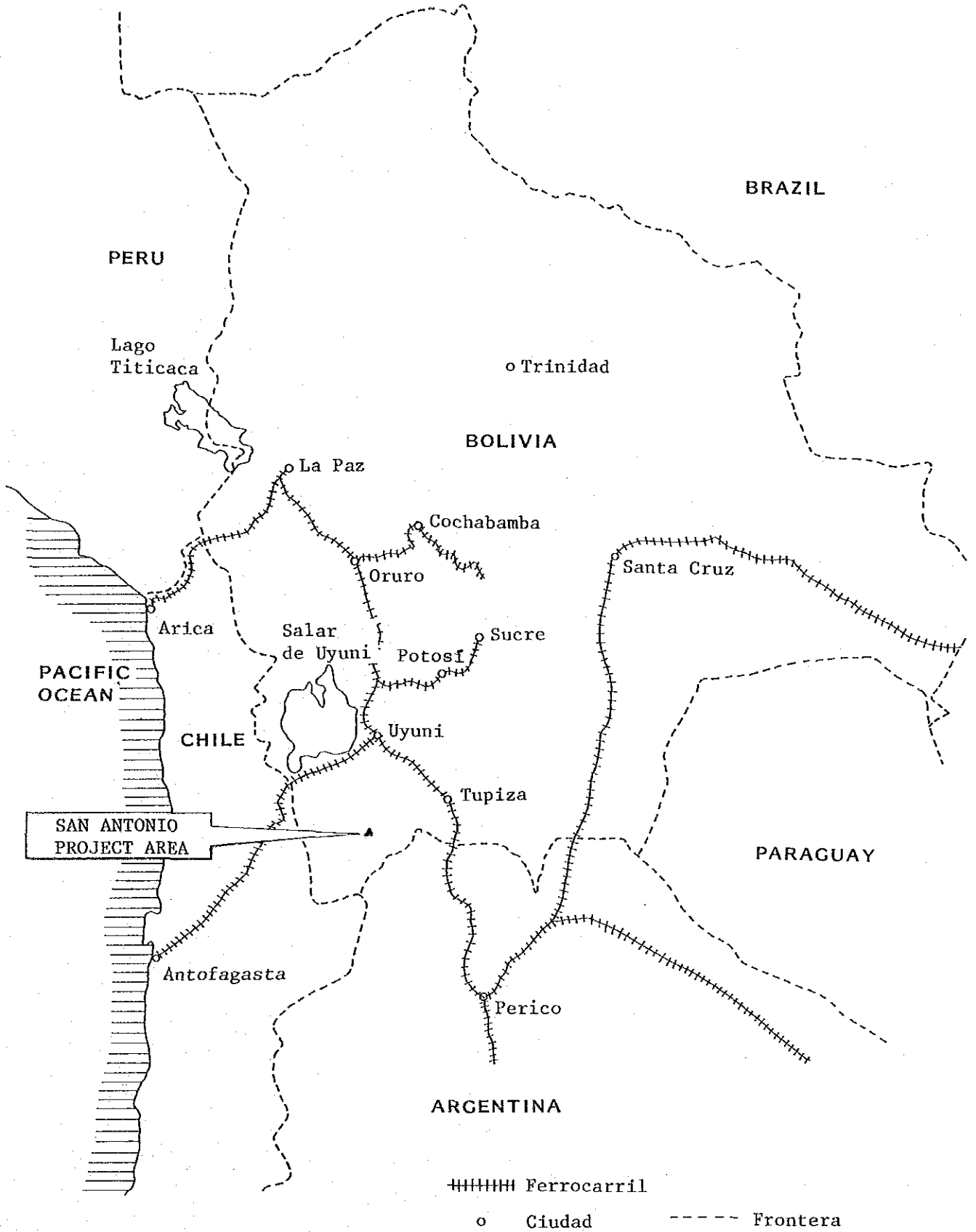
Los miembros de la misión de investigación y su itinerario en el lugar se indican en las tablas adjuntas. Agradecemos mucho la colaboración positiva de las autoridades relacionadas de las instituciones de gobierno boliviano y la amable orientación de la Embajada de Japón y la agencia de la Japan International Cooperation Agency (JICA) en Bolivia que la misión recibió durante su estancia. Sobre todo la Corporación Minera de Bolivia (COMIBOL) nos concedió su mayor colaboración y consejos valiosos.

Por último, expresamos nuestro profundo agradecimiento al Ministerio de Asuntos Exteriores, Japan International Cooperation Agency, Metal Mining Agency of Japan, y compañías relacionadas que tuvieron la bondad de facilitarnos el poder llevar a cabo esta investigación.

Marzo de 1987

Hideo Monden
Presidente
International Development
Center of Japan

MAPA DE UBICACION DEL PROYECTO DE SAN ANTONIO



INDICE

PROLOGO

AGRADECIMIENTO

MAPA DE UBICACION DEL PROYECTO DE SAN ANTONIO

RESUMEN	(1)
1. INTRODUCCION	1
1.1 Reseña Histórica y Areas de Investigación	1
1.2 Objeto y Reseña de la Investigación	7
1.3 Miembros y Programa de Investigación	10
2. DESARROLLO DE MINA	15
2.1 Resumen del Plan de Producción y Sus Alternativas	15
2.2 Geología, Yacimiento, y Reserva Mineral	21
2.3 Explotación de las Minas	39
2.4 Beneficiación	68
3. INFRAESTRUCTURA	91
3.1 Transporte	91
3.2 Recursos Hidráulicos	98
3.3 Energía Eléctrica y Comunicación	105
3.4 Vivienda	112
4. EVALUACION INTEGRAL	123
4.1 Objetivo y Método	123
4.2 Datos del Análisis Financiero	136
4.3 Datos del Análisis Económico	143
4.4 Resultados del Análisis y Análisis de Sensibilidad	145
4.5 Influencia en las Regiones Cercanías	153

5. CONCLUSION Y PROPUESTAS 159

FOTOGRAFIAS

LISTA DE CUADROS Y FIGURAS

1. INTRODUCCION

Fig. 1-1-1 Mapa de Ubicación del Proyecto 4

2. DESARROLLO DE MINA

Cuadro 2-1-1 Reserva de Mineral Explotable (Noviembre de 1985) 15

Cuadro 2-1-2 Producción Anual de Mineral Concentrado 17

Cuadro 2-1-3 Disposición de Personal 18

Cuadro 2-1-4 Resumen de los Planes Alternativos de Producción 20

Cuadro 2-2-1 Reserva Total Según Clase y Veta 31

Cuadro 2-2-2 Reserva General de Mineral 32

Cuadro 2-3-1 Costo de Obras Directas al Cuadro Alfa 45

Cuadro 2-3-2 Costos de Obras Directas del Reconocimiento 50

Cuadro 2-3-3 Costos de Obras Directas en 2da Face 56

Cuadro 2-3-4 Costos de Explotacion por Shrinkage (en Caso de 400 t/día de Explotación) 60

Cuadro 2-3-5 Costos de Explotacion por Shrinkage (en Caso de 800 t/día de Explotación) 61

Cuadro 2-3-6 Resumen de Costos de Obra (en Caso de 400 t/día) 62

Cuadro 2-3-7 Resumen de Costos de Obra (en Caso de 800 t/día) 63

Cuadro 2-3-8 Valor de Compra y Costos de Mantenimiento del Equipo (en Caso de 400 t/día de Producción) 64

Cuadro 2-3-9 Valor de Compra y Costos de Mantenimiento del Equipo (en Caso de 800 t/día de Producción) 65

Cuadro 2-3-10 Distribución de Personal en la Perforación y Explotación 65

Cuadro 2-3-11 Costos de Materiales Principales en la Perforación y Explotación 66

Cuadro 2-3-12 Resumen de Precio de Compra de los Equipos Principales por la Perforación y Explotación 67

Cuadro 2-4-1 Resultados de Análisis Químico Completo de Muestras de Cabeza por Prueba 69

Cuadro 2-4-2	Resultado Presumido de Beneficiación	71
Cuadro 2-4-3	Resultado de Análisis Químico Completo de Concentrados Pb y Zn, y Deshecho	72
Cuadro 2-4-4	Análisis de Agua Residual	73
Cuadro 2-4-5	Cálculo de Principal Material y Precio Unitario por Tonelada	80
Cuadro 2-4-6	Cálculo del Costo de Operación Directa del Ingenio (1986)	81
Cuadro 2-4-7	Especificación y Contización de los Equipos de Ingenio de Mina San Antonio (400 t/día)	83
Cuadro 2-4-8	Especificación y Contización de los Equipos de Ingenio de Mina San Antonio (800 t/día)	84
Fig. 2-1-1	Organograma de la Mina San Antonio	19
Fig. 2-2-1	Carta Geológica de la Zona San Antonio	23
Fig. 2-2-2	Carta Longitudinal Veta y Posición de Perforación de Yacimiento de San Antonio	25
Fig. 2-2-3	Bloque de Reserva Posible de Veta II	29
Fig. 2-2-4	Carta Longitudinal Veta I	35
Fig. 2-2-5	Carta Longitudinal Veta II	37
Fig. 2-3-1	Plano y Sección del Cuadro Alfa S=1/30	42
Fig. 2-3-2	Sección de Accesos de Desarrollo y Producción	47
Fig. 2-3-3	Plano y Sección del Cuadro Trackless S=1/2,000	52
Fig. 2-3-4	Sección de Rajos por el Método Shrinkage S=1/500	57
Fig. 2-4-1	Flujograma de Ingenios	82
Fig. 2-4-2	Disposición de Equipos y Maquinarias de Ingenio (400 t/D)	85
Fig. 2-4-3	Disposición de Equipos y Maquinarias de Ingenio (800 t/D)	87
Fig. 2-4-4	Programa de Construcción del Ingenio de Mina San Antonio	89

3. INFRAESTRUCTURA

Cuadro 3-1-1	Demandas del Transporte	94
Cuadro 3-1-2	Cuadro Comparativo de las Costos Según Rutas de Transporte	97
Cuadro 3-2-1	Precipitaciones Mensuales	100
Cuadro 3-2-2	Demandas de Agua	101
Cuadro 3-2-3	Calidad y Caudal de las Fuentes de Agua	102
Cuadro 3-3-1	Demandas de Energía Eléctrica	108
Cuadro 3-3-2	Comparación de los Métodos de Suministro de la Energía Eléctrica	111
Cuadro 3-4-1	Habitantes del Campo de Mina	113
Cuadro 3-4-2	Costo de Construcción de Instalaciones de la Mina	121
Fig. 3-1-1	Red de Transporte del Oeste de Bolivia	92
Fig. 3-2-1	Mapa Hidrográfico de Bolivia	99
Fig. 3-2-2	Sistema de Suministro de Agua	104
Fig. 3-3-1	Sistema de la Energía Eléctrica	106
Fig. 3-4-1	Lugares Propuestos Para el Campo	115
Fig. 3-4-2	Distribución de las Construcciones en el Campo	118

4. EVALUACION INTEGRAL

Cuadro 4-2-1	Costos de Explotación, Alternativa I (Contización Básica)	137
Cuadro 4-2-2	Costos de Beneficiación, Alternativa I (Contización Básica)	137
Cuadro 4-2-3	Costos de Infraestructura y Administración, Alternativa I (Presupuesto Básica)	138
Cuadro 4-2-4	Flujo de Efectivo (para el Análisis Financiero) Alternativa I (Presupuesto Básico)	138
Cuadro 4-2-5	Costos de Explotación, Alternativa II' para Cálculo de Prueba (Contización Básica)	139
Cuadro 4-2-6	Costos de Beneficiación, Alternativa II para Cálculo de Prueba (Contización Básica)	139

Cuadro 4-2-7	Costos de Infraestructura y Administración, Alternativa II' para Cálculo de Prueba (Cotización Básica)	140
Cuadro 4-2-8	Flujo de Efectivo (para Análisis Financiero), Alternativa II' para Cálculo de Prueba (Presupuesto Básico)	140
Cuadro 4-2-9	Costos de Explotación, Alternativa II (Cotización Básica)	141
Cuadro 4-2-10	Costos de Beneficiación, Alternativa II (Cotización Básica)	141
Cuadro 4-2-11	Costos de Infraestructura y Administración, Alternativa II (Cotización Básica)	142
Cuadro 4-2-12	Flujo de Efectivo (para el Análisis Financiero), Alternativa II (Presupuesto Básico)	142
Cuadro 4-3-1	Flujo de Costos y Beneficiación (para Análisis Económico), Plan Alternativa I (Presupuesto Básico)	143
Cuadro 4-3-2	Flujo de Costos y Beneficiación (para Análisis Económico), Plan Alternativa II' para Cálculo de Prueba (Presupuesto Básico)	144
Cuadro 4-3-3	Flujo de Costos y Beneficiación (para Análisis Económico), Plan Alternativa II (Presupuesto Básico)	144
Cuadro 4-4-1	Tendencia de la Cotización de Metales	147
Cuadro 4-4-2	Análisis de Sensibilidad de la Alternativa I (400 t/día. 10 años)	151
Cuadro 4-4-3	Análisis de Sensibilidad de la Alternativa II' (800 t/día. 5 años)	151
Cuadro 4-4-4	Análisis de Sensibilidad de la Alternativa II (800 t/día. 10 años)	152

RESUMEN

RESUMEN

En cuanto a la Mina de San Antonio que está situada al sudoeste del departamento de Potosí de la República de Bolivia, hemos establecido los planes de explotación de minas y arreglo de infraestructuras de acuerdo con los datos actuales y supuestos adecuados, y basándonos en estos planes, hemos estudiado la factibilidad de explotación.

Actualmente, la reserva de mineral comprobada en esta mina son 1,300,000 toneladas, y en el caso de realizar la operación de la cabeza a escala de 400 toneladas diarias, la vida de la mina será de diez años, y suponemos esto como el plan alternativo I. Hay posibilidad de que la reserva explotable aumente, y en el caso de que ésta alcance 2,600,000 toneladas en el futuro, la producción diaria sería de 800 toneladas, y la vida de la mina será diez años. Suponemos esto como el plan alternativo II.

(1) Geología y yacimientos

El yacimiento de San Antonio es del tipo de veta hidrotermal en las dacitas del terciario, que contiene principalmente plata, plomo, y zinc. En el margen de unos 2.5 kilómetros de Este a Oeste y 2 kilómetros de Norte a Sur, se conoce la existencia de muchos afloramientos y minas antiguas. Las vetas principales son la veta I, veta II, y veta III, y hay unos grupos de ramos que derivan de ellas. Estas vetas corren de Este a Oeste en paralelo con buzamiento brusco hacia el Norte o Sur. El resumen de la reserva se indica en la tabla siguiente.

Reserva General de Mineral

Clase	Cantidad (ton)	Ley			Cantidad de Metal Fino		
		Ag(g/t)	Pb(%)	Zn(%)	Ag(kg)	Pb(t)	Zn(t)
Positivo	14,778	260	1.23	0.37	3,840	181.2	54.1
Probable	34,277	258	2.47	2.75	8,849	845.9	942.7
Posible	1,425,854	149	3.26	5.37	211,869	46,450.8	76,614.9
Total	1,474,909	152	3.21	5.26	224,558	47,477.9	77,611.7
Taqueo	52,910	259	1.08	0.36	13,699	571.7	335.0
Gran Total	1,527,819	156	3.14	5.10	238,257	48,049.6	77,946.7

En la zona oriental y otros sitios de este yacimiento se encuentran muchas áreas que tienen la posibilidad de encontrarse a yacimientos si se realizan las exploraciones, se puede esperar el aumento de la reserva.

(2) Explotación

Como plan de explotación, dividimos la construcción de apertura en dos etapas (un año para cada etapa). En la primera apertura, realizaremos el desagüe del pique alfa, reparación, y pozo interior, y después de completar el cuadro, se efectúan la galería para exploración, corrida, y chimenea. Si se comprueba la existencia de reserva factible de permitir la industrialización, entraremos en la siguiente etapa. En la segunda apertura, realizaremos las construcciones de las rampas "trackless", etc, y la construcción preparatoria de en explotación de mineral.

Tomando en cuenta el buzamiento y anchura de las vetas, cualidad de la roca encajonante y mineral, y la difusión en Bolivia, hemos decidido emplear el método de explotación de Shrinkage.

La ley de mineral de explotación es de 145 g/t de plata, 2.92% de plomo, y 4.73% de zinc.

(3) Beneficiación

Según una serie de experimentos de flotación "batch" y observaciones microscópicas en el laboratorio, la estructura de mena de este yacimiento es

tan fina que para la separación de plomo y cinc será necesario una trituración suficiente. Puesto que la acción de la plata es parecida a la del mineral de plomo, la mayoría de la plata se recupera en la mena concentrada de plomo. Esta propiedad es muy conveniente desde el punto de vista económico. Se espera que se obtenga un resultado relativamente óptimo mediante el sistema general de flotación diferencial recta que se usa principalmente cianuro de sodio.

Como resultado de concentración se espera que la ley del concentrado de plomo sea del 49%, la recuperación del 77%, la ley del concentrado de cinc del 53%, la recuperación de cinc del 75%. Del concentrado de plomo se prevé recuperar plata al 80%.

(4) Infraestructura

Hemos establecido los planes de arreglo de infraestructuras dividiéndolos en las categorías de transporte, recursos acuáticos, electricidad, telecomunicaciones, y campamento en la mina. La demanda principal de transporte es la de concentrados producidos. Como medios de transporte a la ciudad o estación ferroviaria próximas, se pueden considerar tres rutas -- vía Uyuni, vía Escoriani, y vía Tupiza. Después de estudiar el costo y otras condiciones, se ha confirmado que la ruta de vía estación Escorial es la más adecuada, y basándonos en esto hemos establecido los planes de arreglo de carreteras, camiones, y depósito de concentrados.

En caso de producción diaria de 400 toneladas, la demanda de agua será de 1,630 m³/día, y en el caso de 800 toneladas, 3,110 m³/día. De acuerdo con el análisis de cantidad y calidad de agua de cada hidrografía, hemos decidido aprovechar, en el caso de 400 toneladas, el agua del río de Mina Blanca y el agua de interior de la mina, y en el caso de 800 toneladas, además de estas dos fuentes, habrá que usar el agua del río Yuraj Salli también.

El consumo máximo de energía de instalaciones de producción, auxiliares, y de bienestar se supone que será de aproximadamente 1,600 kW (producción diaria de 400 toneladas), y 2,200 kW (producción diaria de 800 toneladas). El consumo promedio es de aproximadamente 1,200 kW y 1,799 kW, el consumo anual, 9,213 MWh y 12,541 MWh, y el consumo promedio mensual será de 770,000 kWh y 1,050,000 kWh, respectivamente. Después de estudiar la generación mediante diesel o la adquisición de energía a ENDE, se ha comprobado que la mejor medida es prolongar 140 km el cable eléctrico de COMIBOL, que actualmente se extiende hasta la Mina Tatasí. En cuanto a la instalación de telecomunicaciones, hemos decidido emplear el sistema telefónico alámbrico para la comunicación dentro de la mina con un cuadro de distribución automática con 50 circuitos, y la radio para la comunicación con los exteriores de la mina.

El número de trabajadores en el sitio de la mina es de 166 (producción diaria de 400 toneladas), y 237 (producción diaria de 800 toneladas), y calculando en base de estas cifras, los habitantes del campamento serán 882 y 1,258, respectivamente. En cuanto al sitio de campamento, como resultado del estudio de algunos sitios propuestos, consideramos que la meseta situada a aproximadamente 1 kilómetro al Oeste de la boca de la mina actual es más adecuada. Hemos planeado construir aquí la residencia, escuela, clínica, etc.

(5) Evaluación integral

Los resultados de análisis son resumidos a los siguientes.

1) En el plan alternativo I (400 t/día, 10 años de operación) la tasa interior de rendimiento financiero se hace a negativo. Con este proyecto no se puede recuperar sólo el capital sino pagar el interés, además igualmente la tasa de rendimiento económico presenta 5.48% lo cual no debe de ser buen oportunidad de inversión por el país.

2) En el caso del plan alternativo II (producción diaria de 800 toneladas, operación de 10 años), la tasa de ganancia desde el punto de vista financiero también será negativa, sin embargo, la tasa interior de rendimiento financiero será grande desde el punto de vista económico y se presenta 24.16% e influye óptimamente en la economía del país. Incluso aunque no puedan realizarse mejoras en el rendimiento y costo, este proyecto se considera muy positivo para la economía del país, y por lo tanto, debe llevarse a cabo, mejorando las condiciones financieras mediante medidas en favor de los impuestos, tales como el impuesto de importación o la regalía.

(6) Conclusión y propuestas

La conclusión y propuestas sacadas a base de la evaluación integral son las siguientes.

1) Es indispensable aprovechar eficientemente los equipos de concentración y eléctricos en paro.

2) En caso de producción diaria de 400 toneladas, este proyecto no sería viable, a no ser que se realizaran algunas mejoras en el costo o rendimiento. En cambio, en el caso de producción diaria de 800 toneladas, la viabilidad se elevaría. En la misma condición de 800 toneladas de producción diaria, cuanto mayor sea la reserva y cuanto más larga sea la vida de la mina, tanto mejor será el proyecto. Se espera que con la exploración intensa en el futuro, la reserva alcance, si es posible, 2,600,000 toneladas.

3) En cualquier escenario, es necesario mejorar la remunerabilidad financiera del proyecto. En el escenario de producción diaria de 800 toneladas, su efecto en la economía del país no podemos dejar de apreciarlo, y pensamos que este proyecto debe llevarse a cabo de toda costa, por ejemplo, mediante medidas de favor de los impuestos.

1. INTRODUCCION

1. INTRODUCCION

1.1 Reseña Histórica y Areas de Investigación

1.1.1 Reseña Histórica de Investigación

Por solicitud de la República de Bolivia, y de acuerdo con un convenio de cooperación técnica entre Japón y Bolivia, se realizó entre los años 1982 y 1984 durante tres años, el proyecto "La Exploración Cooperativa de Mineral en el Area San Antonio" mediante la Japan International Cooperation Agency (JICA), y la Metal Mining Agency of Japan (MMAJ).

El primer año se llevaron a cabo los estudios de geología, la zona alterada, la investigación detallada del interior de mina, y perforación desde el interior de la mina en el área de 20 km² alrededor de la Mina San Antonio. En base a los resultados del estudio de primer año, el segundo año se llevó a cabo solamente el estudio de perforación, y en el tercer año se lo continuó. En estos tres años, el número total de taladros fue de 13 y la longitud perforada alcanzó a 3,814.8 metros.

La Corporación Minera de Bolivia (COMIBOL), en paralelo con los estudios realizados con la ayuda del gobierno japonés para la perforación principalmente desde el interior de la mina, llevó a cabo los taladros desde la superficie de la mina. El número total de taladros hasta la fecha (noviembre de 1986) fue 25 y la longitud perforada 3,579.22 metros. Sumando los estudios de Japón y de Bolivia, se realizaron 38 taladros con una longitud de 7,394.02 metros.

La Mina San Antonio se había explotado en la época colonial española, pero se abandonó, y en los últimos años del siglo anterior, pasó a la administración de la Compañía Huanchaca de Bolivia, en posesión del Dr. Aniceto Arce, y se continuó la explotación desde 1866 hasta 1884. Después de

esta explotación, se cerró, y en 1980 COMIBOL comenzó la rehabilitación de la mina Mesa de Plata, que es la galería principal de la Mina San Antonio. Se elaboraron los planes de perforación, y para llevarlos a cabo, se solicitó la cooperación técnica de JICA.

Integrando los resultados de los estudios realizados durante tres años por Japón y los de COMIBOL, se ha aclarado que el yacimiento de San Antonio es hidrotermal con oro, plata, plomo, y zinc que se encajonan en las dacitas, productos del último período de actividades volcánicas ácidas que derramaron en la época última del Neógeno. Por los resultados se ha aclarado que la mina San Antonio es muy promesa.

Las vetas principales de la Mina San Antonio eran la I y II, pero como el resultado de la exploración, se ha confirmado que existen aún más. Las zonas desarrolladas ya se están explotadas, pero la zona Este y su inferior están vírgenes y se supone que la reserva minera llegara a dos millones toneladas.

En estas circunstancias COMIBOL juzga que sea necesario evaluar los yacimientos y realizar trabajos de "follow-up" tales como el cálculo de reservas y estudios aproximados sobre el desarrollo de minas, y por lo tanto solicita la ayuda técnica al gobierno japonés a través del gobierno boliviano. En respuesta a esta solicitud, el gobierno japonés ha enviado dos expertos por mediación de JICA y MMAJ, y les encargó realizar las operaciones solicitadas.

Mediante estos trabajos, se ha estimado que la reserva mineral es de 1,520,000 toneladas, con las leyes de 156 g/t de plata, 3.14% de plomo, y 5.10% de zinc.

La mayor parte de los ingresos de COMIBOL se debía hasta ahora a la producción de estaño, y debido a la caída reciente de la cotización del estaño en el mercado, la sección financiera de minas del estaño de esta

empresa ha ido de mal en peor junto con la baja de la ley del metal. Para solucionar esta situación difícil y mejorar el estado financiero, COMIBOL decidió aumentar la producción de plata, plomo, zinc, etc.

COMIBOL trató con MMAJ acerca de la realización de estudios preparatorios integrados sobre la exploración de la Mina San Antonio, arreglos de infraestructuras correlacionadas, y desarrollo regional. Se firmó el día 5 de septiembre de 1986 el Scope of Work sobre este proyecto, según el que realizó esta investigación.

1.1.2 Areas de Investigación

El sector de San Antonio pertenece administrativamente al cantón San Antonio, la provincia de San Pablo de López del Departamento de Potosí de la República de Bolivia. Este sector está localizado en la parte Sudoeste de Bolivia y cerca de la frontera con Argentina (Ver Fig. 1-1-1).

Para llegar al área de investigación desde la capital de La Paz, hay dos maneras; en automóvil, o en automóvil y ferrocarril. Sin embargo, en ambos casos, en la época de lluvias de enero a marzo, las carreteras se cortan en muchos sitios, y el tránsito se interrumpe frecuentemente. Las vías automovilísticas principales son las siguientes;

La Paz ----- Oruro ----- Uyuni ----- San Antonio
 (240 km) (400 km) (200 km)

La Paz ----- Oruro ----- Potosí ----- Tupiza ----- San Antonio
 (240 km) (300 km) (624 km) (225 km)

La Paz ----- Oruro ----- Potosí ----- Atocha ----- San Antonio
 (240 km) (300 km) (200 km) (200 km)

En el caso de usar el automóvil y ferrocarril;

La Paz ----- Uyuni ----- San Antonio
 (Ferrocarril) (Automóvil)

La Paz ----- Atocha ----- San Antonio
 (Ferrocarril) (Automóvil)

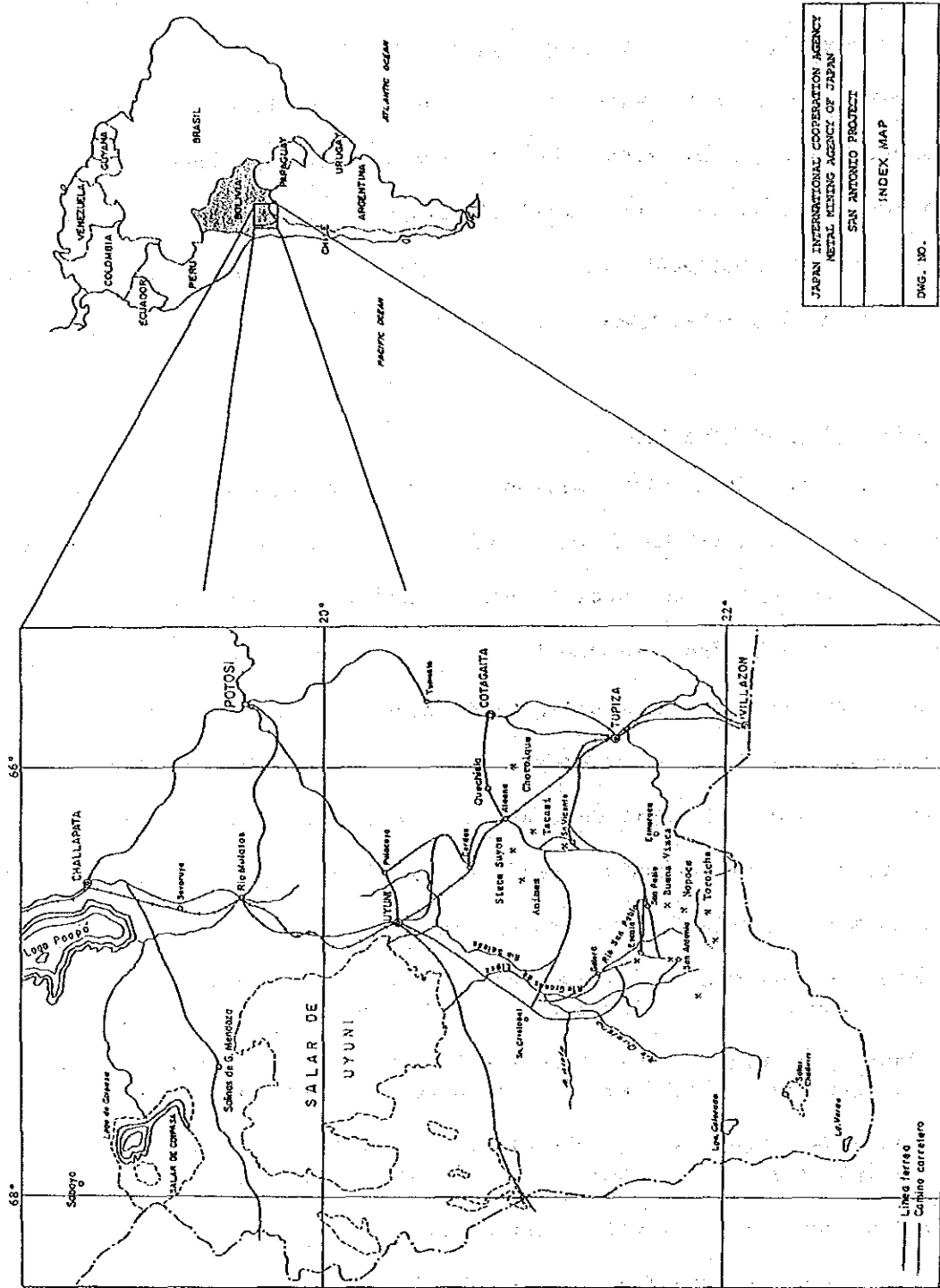


Fig. 1-1-1 Mapa de Ubicación del Proyecto

La Paz ----- Tupiza ----- San Antonio
(Ferrocarril) (Automóvil)

En actualidad es muy difícil asegurar automóviles en Uyuni, Atocha y Tupiza, y por lo tanto el empleo de la vía de ferrocarril es prácticamente imposible. Empleando cualquier vía, se tardan tres días por lo menos desde La Paz. El camino desde Atocha y Tupiza es montañoso y con poco tráfico, y el camino del altiplano es bueno, pero el camino desde San Pablo de Lípez hasta la Mina San Antonio, de unos 46 km, es muy malo e intransitable en la época de lluvias.

La topografía del área de investigación es de montañas con una altura de más de 4,000 metros, que forma parte de la Cordillera Oriental de los Andes. Aquí se concentran varias montañas altas de más de 5,000 metros, tal como el Cerro Lípez (5,933 m). La zona de galerías principales de la Mina San Antonio y los sitios de principales instalaciones de la Mina están a 4,600 metros de altura. El sector que rodea la Mina San Antonio es una montaña en forma de cerro, y la altura desciende gradualmente a partir del Cerro Lípez.

Desde el punto de vista hidrográfica, está el Río Mina Blanca, el que es origen del Río Grande de Lípez, que corre hacia el norte en el sector Mina San Antonio. Este río confluye con el Río Yuraj Salli en el extremo Norte del sitio de las instalaciones mineras y desde ahí corre hacia el norte como el Río Santa Rosa. En el cantón de San Antonio de la parte Oeste del área minera está el Río Llahutamayu que viene de Cerro Lípez. Este río corre hacia el norte, confluyendo con el Río Grande de Lípez, entra en el Salar de Uyuni, que es un gran lago salado. Con estos puntos se puede decir que la hidrografía del área de investigación no se dirige hacia el mar exterior sino hacia interior de continente.

Este área está situada a unos 22° de la latitud Sur. El clima en esta latitud es generalmente tropical o subtropical, pero con la altura más de

4,000 metros, hace frío en el área de investigación. Las temperaturas nocturnas son inferiores a cero durante todo el año. La época de lluvias y la de sequía están muy diferenciadas. La época de lluvias corresponde el verano, de diciembre a marzo, y la mayor precipitación del año, de aproximadamente 400 mm se da durante esta época. En este área, debido al frío, la lluvia se convierte en nieve o aguanieve. La temperatura más alta de esta época es de aproximadamente 22°C y la más baja es aproximadamente -5°C. La época de sequía es el invierno. La temperatura más alta es 17°C y la más baja -22°C. En invierno hace viento fuerte occidental y la diferencia diaria de la temperatura es superior a 30°C. Hace mucho frío y la humedad es de 0 - -20%, por tanto es el lugar muy difícil para vivir.

Teniendo en consideración estas circunstancias de clima, los trabajos de exploración se limitan a los meses entre septiembre y diciembre, en los que el clima es más agradable.

Bajo estas circunstancias, la vegetación es muy rara. Solamente hay paja que es una planta cereal en forma de aguja. Es un semi-desierto y en el sitio de mayor altura, más de 5,000 metros, casi no hay vegetación.

Debido a estas condiciones naturales tan severas, prácticamente no cuenta con agricultura y el quechua vive de autarquía pastoreando la llama y la oveja, y la densidad de población es muy pequeña. San Pablo de López, el pueblo central de este área, está situado a 35 km al Nordeste de la Mina San Antonio y tiene unos 200 habitantes. No hay alojamientos ni tiendas. Para la adquisición de alimentos y artículos de primera necesidad hay que desplazar a Atocha y Tupiza.

Como se ha descrito hasta aquí, las condiciones de la naturaleza y de la vida de esta zona son muy duras.

1.2 Objeto y Reseña de la Investigación

1.2.1 Objeto de la Investigación

El objeto de esta investigación es estudiar la posibilidad de desarrollo, según los datos actuales y supuestos adecuados, sobre el yacimiento de tipo hidrotermal en forma de veta con plata, plomo, y zinc de la Mina San Antonio, que se encuentra en el cantón San Antonio de la provincia San Pablo de Lipez del departamento Potosí de la República de Bolivia, y al mismo tiempo, considerar la influencia que darán a este área el desarrollo de mina y de infraestructuras relacionadas. Los tres temas principales de la investigación son los siguientes.

(1) Estudiar la posibilidad de explotación del yacimiento de la Mina San Antonio con plata, plomo, y zinc desde el punto de vista de la rentabilidad en nivel empresarial, así como del aprovechamiento de los recursos naturales en nivel estatal. Además, basándose en los resultados, estudiar si es razonable la inversión.

(2) Estimar y estudiar el efecto de exploración de las minas circundantes haciendo el desarrollo de la mina San Antonio al núcleo.

(3) Evaluar la influencia regional de la explotación minera y proponer las líneas de explotación.

1.2.2 Reseña de la Investigación

Para completar el informe de esta investigación se han tomado los pasos siguientes.

(1) Se llevaron a cabo en Tokio los estudios preparatorios según los datos existentes, y se enviaron cuestionarios al lugar a fin de poder reunir los datos necesarios durante el período limitado de investigación de terreno y solicitó la ejecución inmediata de contraparte boliviana.

(2) Se mandaron seis expertos al lugar para intercambiar opiniones sobre las líneas básicas de investigación con sus contrapartes bolivianas, que las comprobaron y decidieron la manera de poner en marcha los trabajos.

(3) La misión de investigación y su contraparte boliviana llevaron a cabo los estudios y colección de datos de acuerdo con los temas de trabajos encargados. Volviendo a intercambiar opiniones en base a los datos, comprobaron los puntos fundamentales sobre los planes alternativos de producción, etc.

(4) La misión de investigación se organizaba por un jefe y expertos de geología, minera, beneficiación, infraestructura, y análisis económico. Al volver a Japón, se estudiaron y planearon los temas siguientes para la planificación de la exploración.

- 1) Cálculo de reserva mineral y minerales explotables
 - 2) Plan de explotación
 - 3) Plan de beneficiación
 - 4) Plan de producción
 - 5) Infraestructuras
 - (a) Transporte
 - (b) Recursos hidráulicos
 - (c) Electricidad, telecomunicaciones
 - (d) Campamento en minas
 - 6) Evaluación integral
 - (a) Análisis financiero
 - (b) Análisis económico
 - (c) Análisis de sensibilidad y evaluación integral
 - (d) Influencia regional
- (5) La identificación de planes de beneficiación se ha basado en el informe sobre los exámenes de beneficiación.

(6) En cuanto a la evaluación, se llevó a cabo la evaluación financiera sobre la explotación de la Mina San Antonio en primer lugar, y luego la evaluación económica mediante el análisis de los datos coleccionados con relación en el arreglo y cambio de las cifras básicas.

1.3 Miembros y Programa de Investigación

1.3.1 Miembros de Investigación

(1) Concertación de Scope of Work

Parte de Japón

Takeshi Izumi (Metal Mining Agency of Japan)

Toshihiko Hayashi (Japan International Cooperation Agency)

Saburo Yamaguchi (Representante Residencial de la oficina de La Paz de
JICA)

Takeshi Takano (Secretario de la Embajada de Japón en la República de
Bolivia)

Parte de Bolivia

Ing. Gonzalo Barrientos (Gerente General, COMIBOL)

Ing. Edwin Portocarrero (Gerente de Planificación y Proyectos, COMIBOL)

Ing. Saúl Cabrera (Director de Proyectos, COMIBOL)

Ing. Raúl Colque (Gerencia de Planificación y Proyectos, COMIBOL)

Ing. Jorge Caballero (Subgerente Geología, COMIBOL)

(2) Gerencia de investigación

Makoto Ishida (Metal Mining Agency of Japan)

Yozo Baba (Metal Mining Agency of Japan)

Hideyuki Ueda (Metal Mining Agency of Japan)

(3) Equipo investigador

<u>Cargo</u>	<u>Nombre de miembro</u>
Supervisión General	Hiroji Kuronuma (IDCJ)
Geología	Naoaki Tomizawa (IDCJ)
Explotación de las minas	Toshinobu Tahata (IDCJ)
Beneficiación	Shigeru Hashimoto (IDCJ)
Infraestructura	Norimichi Toyomane (IDCJ)

Evaluación Económica Masayuki Doi (IDCJ)

(4) Contrapartes de investigación (COMIBOL)

Ing. Gonzalo Barrientos Careaga, Gerente General

Ing. Edwin Portocarrero, Gerente de Planificación y Proyectos

Ing. Raúl Colque, Gerencia Planificación y Proyectos

Ing. Rafael Revollo, Gerente de Operaciones

Lic. Antonio Revollo, Subgerente Financiero

Ing. Saúl Cabrera, Dirección Proyectos - Oruro

Ing. Angel Pinaya, Dirección Proyectos - Oruro

Ing. Jorge Claros, Subgerencia de Geología - Oruro

Ing. Freddy Vargas, Subgerencia de Geología - Oruro

Ing. Jorge Flores, Subgerencia de Geología - Oruro

Ing. Raúl Echenique, Empresa Minera Colquiri

Ing. Luis Carretero, Ingeniería Auxiliar - Oruro

Ing. Eduardo Robles, Gerencia de Operaciones

Lic. Carlos Guzman, Gerencia de Planificación y Proyectos

Lic. Julio C. Peñaranda, Jefe Comercialización

Tec. Jorge Azuga, Geología - Oruro

Ing. Walter Arias, Proyectos - Oruro

Dr. Gonzalo Oroza, Asesor de Wactone Unidas

(5) Otras personas y organizaciones colaboradoras de Bolivia

Ministerio de Minería y Metalurgia

Dr. Jaime Villalobos Sanjinez, Ministro

Ing. Freddy Paz, Subsecretario Técnico

Departamento de Potosí

CORDEPO (Corporación Regional de Desarrollo de Potosí)

Instituto Nacional de Colonización

Instituto Geográfico Militar

Servicio Nacional de Meteorología y Hidrología

Ministerio de Finanzas

Ministerio de Trabajo y Desarrollo Laboral

Ministerio de Transportes y Comunicaciones

SENAC (Servicio Nacional de Caminos)

Banco Central de Bolivia

Ministerio de Planificación y Coordinación

Sindicato de Transporte Pesado a Larga Distancia

ENFE (Empresa Nacional de Ferrocarriles del Estado)

ENDE (Empresa Nacional de Electricidad, S.A.)

Ministerio de Educación y Cultura

Instituto Nacional de Estadística

USAID/Bolivia

CMK (Complejo Metalúrgico Karachipampa)

Complejo Industrial de los Recursos Evaporíticos del Salar de Uyuni

(Nota)

IDCJ: International Development Center of Japan

COMIBOL: Corporación Minera de Bolivia

1.3.2 Programa de Investigación

(1) Programa general de investigación

Programa de investigación

Item	1986 Noviembre	Diciembre	1987 Enero	Febrero	Marzo	Observación
Investigación del terreno	11/16	12/14		Presentación de prueba de beneficiación		
Redacción de Informe						
Prueba de beneficiación						

(2) Programa de investigación local

	Jefe de Misión	Geólogo	Ingeniero de Mina	Ingeniero de Infraestructura	Economista	Metalurgista
Nov. 16 (dom)	TKO 1200	NY 1020 (JL6),				
17 (lun)	NY 900	MH 1139 (EA009), MH 1341	LPZ 2231 (EA987)			
18 (mar)	Visita de cortesía a JICA, Visita de cortesía a la Embajada del Japón, Visita de cortesía a COMIBOL.					
19 (mié)	Reunión con COMIBOL, Reunión de la misión de investigación, Comida amistosa patrocinada por MMAJ					
20 (jue)	Viaje a Oruro 800, Comida amistosa patrocinada por COMIBOL, Reunión en la sucursal de Oruro (integral y en grupo)					
21 (vie)	Reunión en grupo y colección de datos en la sucursal de Oruro y en las minas circundantes, Reunión integral en la sucursal de Oruro					
22 (sáb)	Reunión en grupo y colección de datos en la sucursal de Oruro y en otros lugares, Reunión de la misión de investigación					Viaje a La Paz 1500
23 (dom)	Viaje a Tupiza 800					PZ 911 MH 1635 (EA992)
24 (lun)	Adquisición de alimentos (Audición de asuntos ferroviarios para el grupo de Infraestructuras), Viaje a San Antonio 1130					MH 745 NY 1010 (PA360), NY 1230 TYO 1630 (JL005)
25 (mar)	Investigación de los exteriores de la mina			Investigación de los lugares propuestos para las infraestructuras, Audición en el cantón de San Antonio		
26 (mié)	Investigación de los interiores de la mina (Veta I, II)			Viaje a Tupiza 800, Audición en San Vicente, Audición en la estación de Escorial		
27 (jue)	Investigación de Mina Buena Vista, Investigación de Mina Escala			Viaje a Potosí 600, Audición en el Departamento de Potosí, Audición en CORDEPO		
28 (vie)	Investigación de Mina Trapiche			Audición en CORDEPO, Arreglo de datos		
29 (sáb)	Investigación de Mina San Vicente, Viaje a Tupiza			Viaje a La Paz 1000		
30 (dom)	Viaje a Oruro 700					
Dec. 1 (lun)	Colección de datos en la sección de exploración de Subgerencia de Geología de Oruro			Arreglo y análisis de datos, JICA		
2 (mar)	Colección de datos en la sección de exploración de Subgerencia de Geología de Oruro			Reunión con COMIBOL, Instituto de Colonización		JICA
3 (mié)	Colección de datos en la Sección de Concentración y Metalurgia			Instituto Geográfico Militar, Servicio de Meteorología, COMIBOL		Ministerio de Finanzas, Ministerio de Trabajo
4 (jue)	Investigación de Mina Bolívar			Ministerio de Transportes, Servicio Nacional de Caminos		Banco Central, Ministerio de Planamiento, Ministerio de Minería
5 (vie)	Colección de datos en la Sección de Geología de la sucursal de Oruro			Sindicato de Transporte Pesado, Ferrocarriles Nacional		Departamento de finanzas de COMIBOL
6 (sáb)	Viaje a La Paz 900			ENDE (COCHABAMBA)		JICA Santa Cruz
7 (dom)						
8 (lun)	Colección de cartas de topografía			Ministerio de Educación, Servicio de Meteorología		Instituto Nacional de Estadísticas
9 (mar)	Reunión en la misión de investigación, Arreglo de datos, Reunión con COMIBOL, Reunión de la misión de investigación			Reunión de CMK, Comida amistosa patrocinada por COMIBOL		COMIBOL, CIRESU
10 (mié)	Reunión integral del grupo Boliviano y la misión de investigación, Informe a JICA y Embajada del Japón, Comida amistosa patrocinada por la misión de investigación					
11 (jue)	Universidad de La Paz			Departamento de transporte de COMIBOL		Audición de USAID
	Arreglo de datos					
12 (vie)	LPZ 911 MH 1635 (EA992)					
13 (sáb)	MH 745 NY 1010 (PA360), NY 1230					
14 (dom)	TKO 1630 (JL005)					

(3) Programa de presentación

Enero 25 (dom) TKY 12:00 → NY 10:20 (JL006)
26 (lun) NY 09:00 → MM 11:39, MM 13:41 → LPZ 22:31 (EA009/932)
27 (mar) Visita de cortesía a JICA y Embajada de Japón
Visita de cortesía COMIBOL (LPZ)
28 (mié) Presentación del resultado de pruebas y reunión en
COMIBOL (LPZ)
29 (jue) La Paz Oruro (coche)
Visita de cortesía a COMIBOL (Oruro), presentación y
mitin
30 (vie) Prueba de Demonstración (1)
31 (sáb) Reunión intermedia
Feb. 1 (dom)
2 (lun) Prueba de Demonstración (2)
3 (mar) Prueba de Demonstración (3), (4)
4 (mié) Arreglo de datos, reunión intermedia
5 (jue) Prueba de Demonstración (5)
6 (vie) Prueba de Demonstración (6), (7)
7 (sáb) Prueba de Demonstración (8)
8 (dom) Oruro → Potosí (coche)
9 (lun) Visita a Refinería Karachipampa (Pb-Ag)
10 (mar) Potosí → Oruro (coche)
11 (mié) Arreglo de datos
12 (jue) Presentación integral y reunión
Oruro La Paz (coche)
13 (vie) Presentación y mitin en COMIBOL (LPZ)
Presentación a JICA y la Embajada de Japón
14 (sáb) Arreglo de datos
15 (dom) LPZ 9:20 → MM 16:55 (EA992)
16 (lun) MM 07:45 → NY 10:10 (PA360), NY 12:30 →
17 (mar) →TKY 16:30 (JL003)

2. DESARROLLO DE MINA

2. DESARROLLO DE MINA

2.1 Resumen del Plan de Producción y Sus Alternativas

El elemento fundamental de la explotación de la mina es la reserva de mineral, por lo cual describiremos en los capítulos posteriores. Aquí presentamos la reserva de mineral destinado a la operación, es decir, la reserva de mineral explotable que se ha determinado tomando en consideración la condición mineralizada y el método de explotación de la Mina San Antonio. Y basándonos en ésta, estableceremos el plan de producción y sus alternativas.

2.1.1 Reserva de Mineral Explotable

Calculamos esta cantidad en cuanto al sector en que existen los depósitos nuevos que se han descubierto mediante las exploraciones en la mina paralizada. Por lo tanto, la mayoría de esta reserva es la posible.

Cuadro 2-1-1 Reserva de Mineral Explotable (noviembre de 1985)

Clase	Reserva (t)	Ley			Cantidad de metal		
		Ag (g/t)	Pb (%)	Zn (%)	Ag (kg)	Pb (t)	Zn (t)
Positivo	12,769	242	1.15	0.33	3,090.9	147.3	45.1
Probable	29,604	241	2.30	2.56	7,122.7	682.1	758.6
Posible	1,237,657	138	3.02	4.96	171,434.2	37,403.2	61,485.6
Subtotal	1,280,030	142	2.99	4.86	181,647.8	38,232.6	62,289.6
Taqueo *1)	41,725	232	0.98	0.58	9,672.9	410.7	243.0
Total	1,321,755	145	2.92	4.73	191,320.7	38,643.3	62,532.6

Nota *1) Taqueo es la mena resultante de la mezcla de mena residual de rajo y relleno.

2.1.2 Producción Anual y Vida de la Mina

Como se ha mencionado en el cuadro anterior, la reserva de mineral destinado a la operación es de 1,300,000 toneladas, y si establecemos la vida de la mina como diez años, la escala de producción mensual es de aproximadamente 10,000 toneladas. Si la vida de la mina fuese más corta, deberíamos realizar la producción solamente durante el período en que la cotización fuese bajo y, en caso contrario, cuando esta cotización fuese alto. Si hay diez años la fluctuación de cotización puede igualarse durante este período, y consideramos que el plazo de unos diez años es adecuado como vida de la mina.

Por consiguiente, la producción diaria de cabeza se ha determinado como de 400 toneladas, más o menos. En cuanto a los días de trabajo, Bolivia propuso 26 días al mes, y si se acepta, cada ítem será como sigue:

Producción anual : 124,800 toneladas (400 t x 26 días x 12 meses)
Días de trabajo anual : 312 días
Vida de la mina : $1,321,755 \text{ t} \div 124,800 \text{ t} = 10.6 \text{ años} \doteq 10 \text{ años}$

Así, en base a una producción diaria de 400 toneladas (alternativa I), será posible la operación de la mina durante unos diez años.

En segundo lugar, vamos a considerar el plan alternativo, tomando como base 800 toneladas de producción diaria. La razón de establecer esta cifra es que podemos realizar arreglos aumentando sólo la mano de obra y el costo de materiales necesarios que aumenten en proporción con el aumento de la producción, sin aumentar la inversión en instalaciones y equipo, y lo que es más, hay hasta mérito de bajada de costo como resultado del aumento de la producción. Además, podremos obtener beneficios inmediatos y elevar su valor actual.

El cálculo con los mismos días de trabajo que arriba es el siguiente:

Producción anual : 249,600 toneladas (800 t x 26 días x 12 meses)

Días de trabajo anual : 312 días

Vida de la mina : $1,321,755 \text{ t} \div 249,600 = 5.3 \text{ años} \approx 5 \text{ años}$

La vida de la mina se hace tan corta como cinco años. Por lo tanto para mantener la vida de la mina es necesario aumentar la reserva. Verdaderamente tiene bastante posibilidad de aumentar la reserva por exploración en próximo futuro, y además hay esperanza de aumento de la reserva en el período de operación. Con la condición de que explotación se avanza tomamos el plan alternativo II que es diez años de la vida de mina, y también el de cinco años sin cambio (alternativa II') para explicar cálculo de prueba. Examinamos geológicamente en clausula 2.2.5 sobre la posibilidad actual de aumento de la reserva a medida que la vida de mina se ploronga hasta diez años.

2.1.3 Producción de Mineral Concentrado

Si se produce la cabeza de 400 t/día o 800 t/día como se ha mencionado arriba, obtendremos la siguiente cantidad de producción anual de concentrado. En este caso, el ley de mineral deberá ser igual todos los años equilibrando los rajos.

Cuadro 2-1-2 Producción Anual de Mineral Concentrado

(1) En el caso de explotación diaria de 400 toneladas

Clase	Cantidad (t)	Ley			Recuperación		
		Ag (g/t)	Pb (%)	Zn (%)	Ag (%)	Pb (%)	Zn (%)
Cabeza	124,800	145	2.92	4.73	100	100	100
Mineral concentrado de plomo	5,741	2,522	49.0	16.0	80	77	16
Mineral concentrado de Zinc	8,362	173	3.6	53.0	8	8	75
Cola	110,697	20	0.48	0.50	12	15	9

(2) En el caso de producción diaria de 800 toneladas

Clase	Cantidad (t)	Ley			Recuperación		
		Ag (g/t)	Pb (%)	Zn (%)	Ag (%)	Pb (%)	Zn (%)
Cabeza	249,600	145	2.92	4.73	100	100	100
Mineral concentrado de plomo	11,482	2,522	49.0	16.0	80	77	16
Mineral concentrado de Zinc	16,723	173	3.6	53.0	8	8	75
Cola	221,395	20	0.48	0.50	12	15	9

Las producciones diarias de plomo y zinc, en los 312 días de trabajo al año, en el caso de 400 t/día, serán 18.4 t/día y 26.8 t/día, y en el caso de 800 t/día, 36.8 t/día y 53.6 t/día respectivamente.

2.1.4 Plan de Personal

Las actividades productivas bajo el control directo de la mina incluyen hasta el transporte de los minerales concentrados a la estación de Escariani por lo cual se calcula el número de personal como el siguiente;

Cuadro 2-1-3 Disposición de Personal

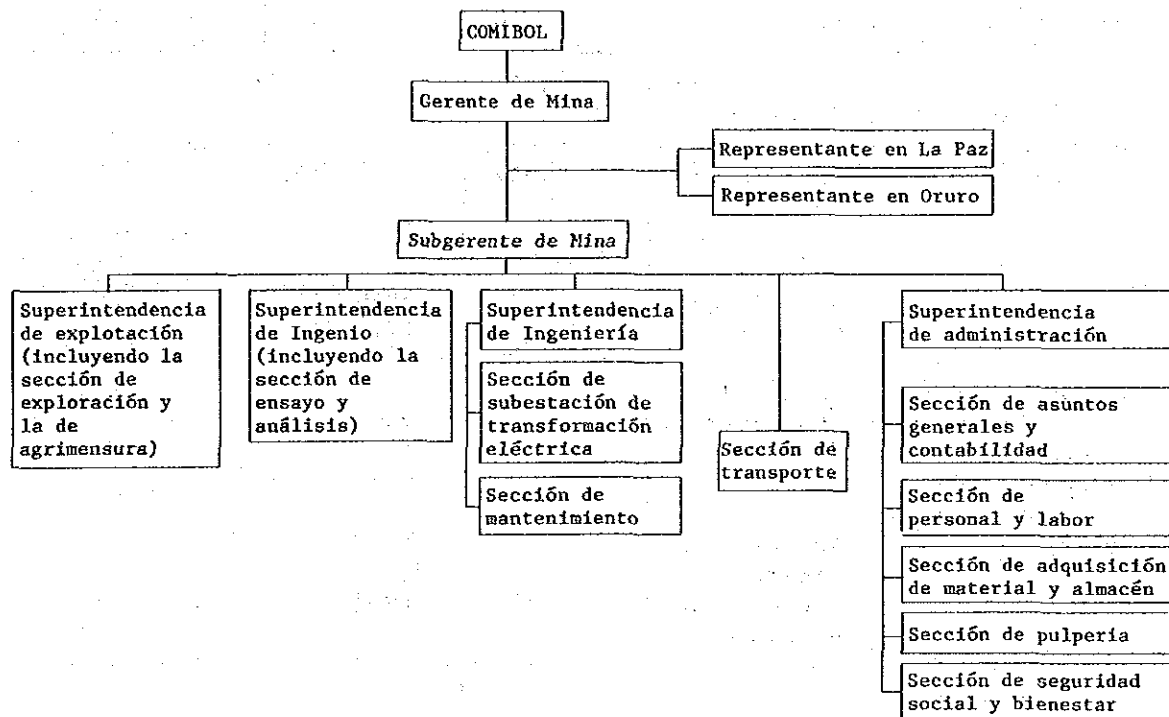
Item	400 t/día			800 t/día		
	Obrero	Empleado	Total	Obrero	Empleado	Total
Mina	71	10	81	119	14	133
Ingenio	22	8	30	24	8	32
Infraestructuras						
Subestación de transformación eléctrica	4	1	5	4	1	5
Mantenimiento	3	9	12	9	3	12
Transporte		14	14		25	25
Total	7	24	31	13	28	42
Administración						
Oficina de mina		24	24		30	30
Oruro		1	1		2	2
La Paz		1	1		1	1
Total		26	26		33	33
Gran total	100	68	168	156	83	240

Nota: *1 Incluyendo geólogo y mensurista

*2 Incluyendo experimentos de beneficiación y análisis química

La Mina San Antonio es la mina que pertenece a la COMIBOL, y su organización es la siguiente.

Fig. 2-1-1 Organograma de la Mina San Antonio



2.1.5 Resumen de Los Planes Alternativos

El Cuadro 2-1-4 ofrece el resumen de los planes alternativos mencionados hasta aquí. En base de éstos, estableceremos los planes de explotación, beneficiación, e infraestructuras, y efectuaremos los análisis financieros y económicos.

En cualquier alternativa suponemos que el concentrado de zinc se exporta a las refinerías en Francia o Belgica via Antofagasta situada en la parte norte de Chile, y el concentrado de plomo se vende a la refinería de Karachipampa situada en cercanías de Potosí.

Cuadro 2-1-4 Resumen de los Planes Alternativos de Producción

Plan alternativo		I	II' (prueba)	II
Producción de cabeza (t/día)		400	800	800
Reserva explotable (t)		1,300,000	1,300,000	2,600,000
Vida de la mina (año)		10	5	10
Mineral concentrado producido (t/año)	Concentrado de plomo	5,741	11,482	
	Concentrado de zinc	8,362	16,723	
	Pb(%) de concentrado de plomo		49.0 (77)	
Lay de mineral concentrado y Recuperación (Recuperación entre paréntesis con %)	Zn (%) de concentrado de zinc		53.0 (75)	
	Ag (g/t) en mineral concentrado de plomo		2,522 (80)	
Disposición de personal (personas)		168	240	
Cantidad de agua necesaria (m ³ /día)		1,630	3,110	
Consumo de electricidad necesaria (MWh/año)		9,213	12,541	

2.2 Geología, Yacimiento, y Reserva Mineral

2.2.1 Resumen Geológico

El sector de Sud Lípez, donde se encuentra el yacimiento de San Antonio, está situado en el borde Oeste de la Cordillera Oriental de los Andes. Su geología regional está constituida por un sedimento no metamórfico miogeosinclinal del Ordovísico, sedimento nerítico del Cretácico, el de continental y rocas volcánicas del Terciario, y sedimento glacial del Cuaternario.

Mediante una perforación, en los alrededores del área de investigación, se comprobó la existencia de restos del Cretácico en sus tierras profundas, pero la mayor parte está ocupada por dacitas. En una parte de la superficie hay sedimento glacial difundido.

En cuanto a las dacitas, la parte que constituye la estructura autobrechada, la estructura de flujo, y la parte densa y en estado de bloque se mueve alternativa y gradualmente, y se piensa que éstas constituyen una serie de las lavas y las cúpulas de las lavas que salieron en ese lugar y aproximadamente en la misma época. El área cerca del depósito tiene un color especial, blanco o gris blanquecino. En el área donde la alteración es notablemente intensa, la distinción a simple vista del mineral fenocrystal, es difícil excepto el cuarzo. De las observaciones microscópicas, los fenocristales tienen como principales componentes, cuarzo, plagioclasa, biotita, con un diámetro de menos de 4 mm y formación idiomórfica, y la matriz está constituida principalmente por plagioclasa con biotita fina. La plagioclasa se transforma en sericita, caolín, clorita, y carbonato, y la biotita se transforma en mineral de hierro y clorita.

En este área no se observan fallas, pliegues, etc. que indiquen su estructura geológica. Sin embargo, juzgando por su ubicación, se puede decir

que es una prolongación de estructura básica Norte-Sur y la secundaria Este-Oeste de la Cordillera Oriental de los Andes. En los alrededores del área formada en el Ordovísico y el Terciario se extiende el pliegue homoclinal Norte-Sur (Fig. 2-2-1).

2.2.2 Resumen de Depósitos

Este depósito es de tipo hidrotermal de veta en las dacitas del Terciario, que encajona principalmente plata, plomo, y zinc. En el margen de unos 2.5 kilómetros de Este a Oeste y 2 de Norte a Sur se conoce la existencia de muchos afloramientos y minas antiguas.

En la época colonial española se explotó la parte superior del yacimiento, y a fines del siglo XIX se abrió el socavón principal (Mina Mesa de Plata: altura de bocamina de 4,600 m), y después tres pozo ciego hasta aproximadamente 80 metros de profundidad, y así comenzó la explotación a plena escala. Actualmente, desde el año 1980, se siguieron los trabajos de explotación como una de las minas de mayor prioridad de COMIBOL.

Las vetas principales son las I, II, y III, con un grupo de ramos que derivan de ellas. Estas vetas van de Este a Oeste, en forma escalonada, y adquieren un buzamiento brusco en dirección Norte o Sur. Estas fisuras de systema Este-Oeste presentan la distribución que se formaron por la presión lateral de una zona muy amplia, y teóricamente es la fisura favorable para la formación de depósitos enriquezadas. Se estima que las vetas principales tienen las longitudes de más de 1,000 m, de un buzamiento más de 200 m y una anchura máxima de más o menos 10 m (0.9 a 1.95 m de promedio).

Los minerales primarios están compuesta principalmente por galena, blenda, pirita, y acompañan además marcasita, calcopirita, tetraedrita, plata nativa, argentita, calcoestibita, pirargirita, cuprita, aikinita, cadmio sulfácido. Los minerales de ganga son cuarzo, baritina, siderita.

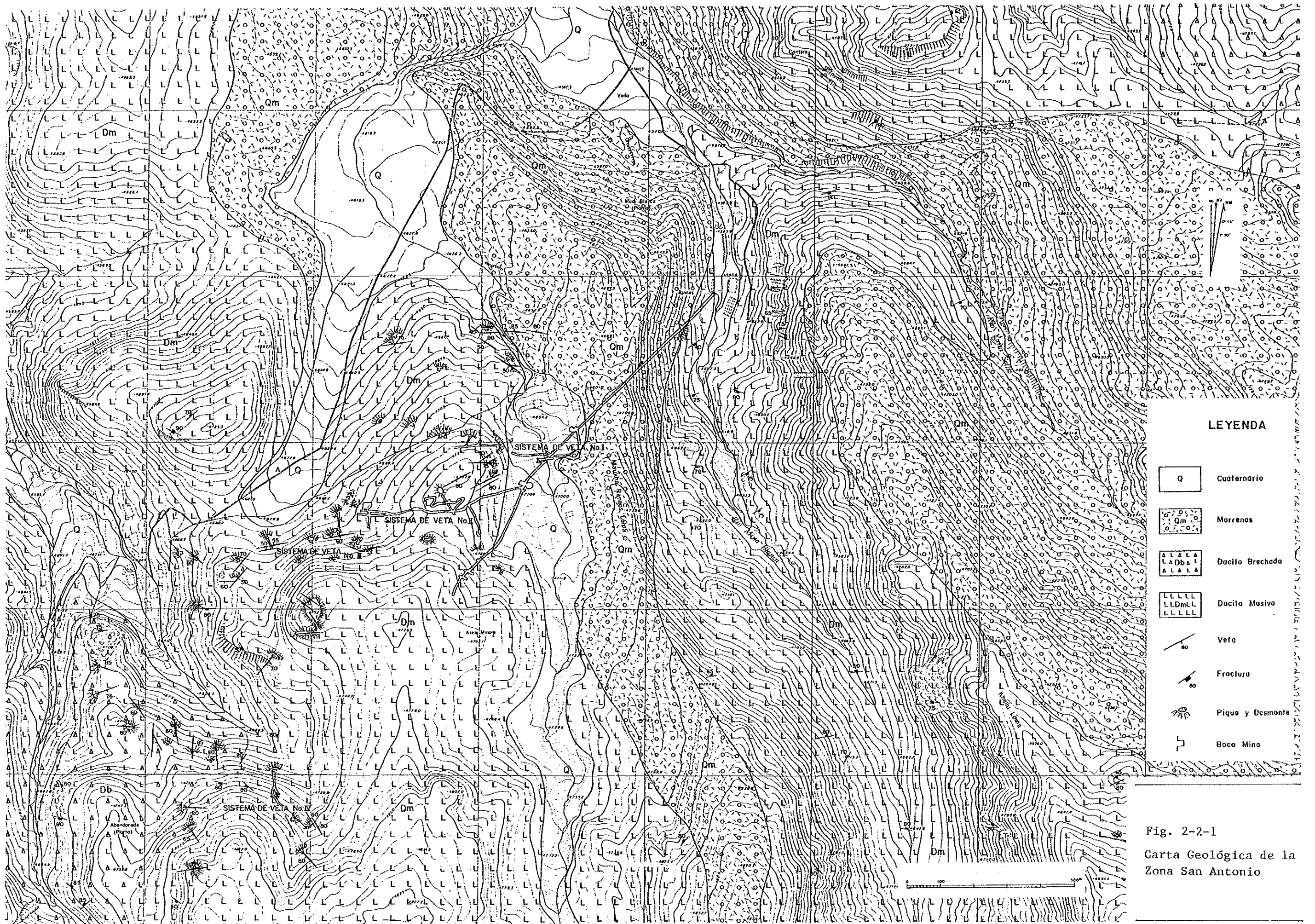


Fig. 2-2-1
 Carta Geológica de la
 Zona San Antonio

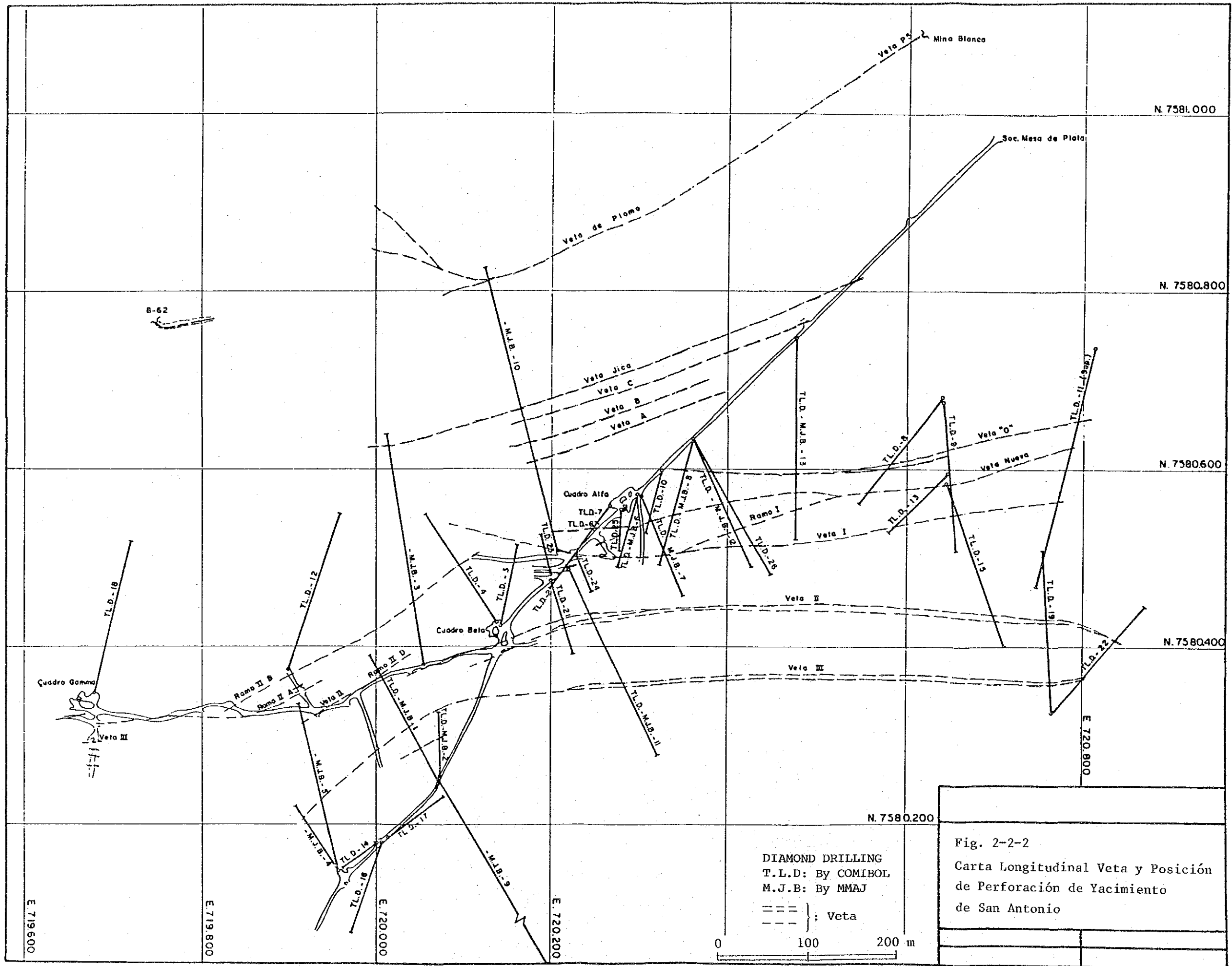


Fig. 2-2-2
 Carta Longitudinal Veta y Posición
 de Perforación de Yacimiento
 de San Antonio

Los minerales secundarios son limonita, goethita, covellina, etc.

En éstos no se observan los minerales formados a alta temperatura. En cambio existen los minerales formados a baja temperatura, tales como marcasita, baritina y siderita. El contenido de hierro en la blenda es muy bajo. No se observan minerales polimetálicas de plata, plomo, ni estaño. El tipo, paragénesis, y estructura del mineral son muy simples por lo cual implica que este yacimiento se ha formado a temperaturas relativamente bajas y con baja presión.

La mineralización se divide en dos etapas principales: En la primera, abundan los minerales de mena, y la mayoría de las gangas son de cuarzo y sufren una cloritización notable. Según el experimento de inclusión fluida, las temperaturas de mineralización son de 170 a 240°C. La primera etapa de mineralización es típica en la veta I. En la segunda etapa, el mineral de mena es escaso, y las gangas son principalmente de cuarzos y contienen también baritinas, y sufren sericitización y caolinización notables. La temperatura de mineralización es 170°C. Esta segunda etapa es típica en la veta II.

La alteración muestra la zonamiento de la zona de clorita, sericita, caolinita, montmorinita, y coincide bien con la mineralización. En cuanto a la superficie de la tierra, se ha comprobado que existe una zona de minerales de sericita - caolinita en el sector de Mesa de Plata y sus alrededores, y ciertas zonas de alteración en otras partes.

2.2.3 Cálculo de Reserva Mineral

Puesto que el yacimiento de San Antonio, como se ha mencionado anteriormente, se había explotado bastante en la época colonial española, y a partir de 1900, en su parte superior y en la sección de desarrollo de galería, la exploración se llevó a cabo principalmente en la parte situada

debajo del nivel de Mesa de Plata. De 1980 a 1985, COMIBOL puso en marcha la exploración con todos sus esfuerzos.

Se llevaron a cabo los ensayos de muestras de mina y perforaciones tanto desde el interior como la superficie de la misma. Al mismo tiempo, MMAJ efectuó una exploración cooperativa de mineral de 1982 a 1984. Durante esta investigación se realizaron el levantamiento geológico, exploración geoquímica y perforaciones. Como resultado de estas perforaciones, se comprobó que en muchos sitios de la parte profunda y de la oriental de la zona de desarrollo de galerías, las vetas preponderantes son comparables a las partes prolongadas de las vetas existentes. Así se confirmó que este yacimiento es muy prometedor.

En noviembre de 1985, COMIBOL realizó un cálculo detallado de reservas con ayuda técnica de Japón. Mediante los datos de las perforaciones, se determinó que en la zona ubicada sobre el nivel de Mesa de Plata las reservas positiva y probable son pequeñas, y que existe una reserva posible por debajo de dicho nivel. También se calculó la reserva de taqueo.¹⁾

(1) Procedimiento de establecimiento de rajos de reserva

A continuación se describe el procedimiento de establecer los rajos de reservas posibles en la parte ubicada por debajo del nivel de Mesa de Plata que ocupa la mayoría de la zona de reserva.

(a) Comparación entre la parte de perforación y la veta

La veta de este yacimiento corre de Este a Oeste. Las vetas situadas al Norte de la veta I tienen tendencia de buzamiento hacia el Norte, y las situadas al Sur de la veta II hacia el Sur. Por lo tanto, haciendo una proyección de 70 u 80°, con respecto al nivel de Mesa de Plata en el sitio de

1) Taqueo es la mena resultante de la mezcla de mena residual de rajo y relleno.

perforación, y correlacionandola con las vetas existentes, I, II, III, se obtuvieron tres nuevas vetas: Cero, Nueva, y Ramo I. Así el objeto del cálculo de reserva mineral es un total de seis vetas (Fig. 2-2-2).

(b) Cálculo de la anchura verdadera de las vetas

Con el rumbo, inclinación de la perforación, y rumbo y buzamiento de la veta, rectificamos la longitud cortada de perforación a la anchura verdadera.

- θ_i = buzamiento de la veta L_t = anchura verdadera
- θ_b = inclinación de perforación L = longitud cortada de perforación
- θ_{st} = ángulo de cruce de rumbo de la veta y dirección de perforación
- $L_t = L \cdot \cos \theta_b \cdot \sin \theta_{st} \cdot \sin \theta_i$

(c) Valor de análisis

Los materiales obtenidos en la mina y el testigo de perforación fueron analizados en los laboratorios de Teramayu de la Empresa Minera Quechisla y de Itos de la Empresa Minera San José.

(d) Dimensionamiento de los bloques de reserva

La posibilidad de continuidad de cada veta es muy grande, por lo tanto, el cálculo se hizo hasta el bloque que abarca las perforaciones en los extremos de cada veta. Su margen superior es el de la Mesa de Plata, y la longitud a lo largo de rumbo y la profundidad tienen 30 metros desde los taladros hacia los extremos exteriores. El bloque de la veta II es el siguiente (Fig. 2-2-3).

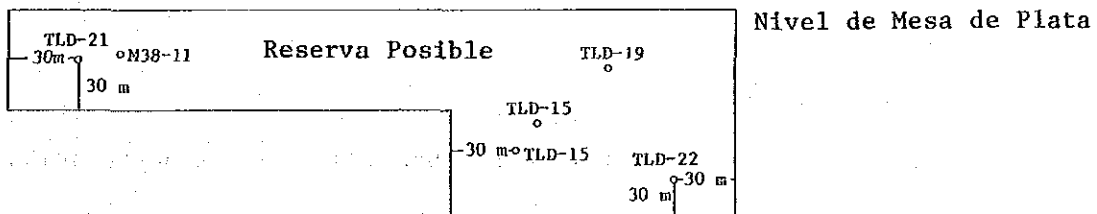


Fig. 2-2-3 Bloque de Reserva Posible de Veta II

(e) Determinación de anchura y ley media en el bloque
Considerando la distancia entre los taladros y su número, la anchura media es el promedio de la suma de la anchura de cada taladro, y la ley media es el promedio geométrica de anchura y ley de cada taladro.

(2) Cálculo de reserva mineral

(a) Se calcularon la reserva positiva, probable, y posible con los ítems siguientes.

Peso específico : 3.0 g/cm³

Factor de seguridad de análisis y muestreo : -20%

Factor de seguridad por anchura verdadera : -20%

Factor de existencia : 0 a -30%

(b) Para el cálculo de reserva de taqueo se emplearon los siguientes ítems.

Peso específico : mena fina seca : 2.54 g/cm³

mena de bloque : 1.98 g/cm³

Humedad relative : 14%

Factor de seguridad de análisis y muestreo : -20%

(c) Como resultado de los análisis anteriores, con fecha de noviembre de 1985, se calculó una reserva mineral de 1,530,000 toneladas, con leyes de Ag 156 g/t, Pb 3.14%, Zn 5.10%. En el Cuadro 2-2-1 se presenta la reserva total según la clase de mineral y veta, en el Cuadro 2-2-2, la reserva general, y en las Fig. 2-2-4 y 2-2-5, una parte del bloque de minerales con los datos de perforación y exploración.

2.2.4 Exploración Adicional

La mayoría de la reserva mineral se ha obtenido mediante perforación, y se ha calculado como reserva posible. Hay irregularidad en la distancia entre cada perforación y por lo tanto, al calcular la reserva y la ley, se empleó el factor de seguridad relativa.

Para comprender la condición de mina y comprobar la continuidad en el bloque de reserva posible, es necesario añadir las perforaciones desde la superficie de la tierra, y aumentar la probabilidad de reserva. Es deseable realizar más tarde el desagüe y rehabilitación de los piques hundidos en agua, y a continuación pasar a la fase de exploración de galerías. Se espera que las perforaciones a añadir sean cuatro, la longitud total 1,000 metros, y la duración del trabajo seis meses.

Cuadro 2-2-1 Reserva Total según Clase y Veta

Veta	Clase	Cantidad (ton)	Ag(g/t)	Pb(%)	Zn(%)	Ag(kg)	Pb(T.F.)	Zn(T.F.)
I	Probable	32,220	263	2.57	2.90	8,474	829.0	936.1
I	Taqueo	16,960	278	1.54	1.10	4,716	261.8	186.5
I	Posible	332,841	70	2.04	4.88	23,298	6,789.9	16,242.6
Total de la veta I		382,021	96	2.06	4.55	36,488	7,880.7	17,365.2
II	Positivo	14,778	260	1.23	0.37	3,840	181.2	54.1
II	Probable	2,057	182	0.82	0.32	375	16.9	6.6
II	Taqueo	35,950	250	0.86	0.41	8,983	309.9	148.5
II	Posible	148,652	121	5.81	18.83	17,987	8,636.7	27,991.2
Total de la veta II		201,437	155	4.54	14.00	31,185	9,144.7	28,200.4
III	Posible	365,822	85	1.87	2.64	31,094	6,840.8	9,657.7
Total de la veta III		365,822	85	1.87	2.64	31,094	6,840.8	9,657.7
"0"	Posible	123,681	307	2.42	2.95	37,970	2,993.1	3,648.6
Total de la veta "0"		123,681	307	2.42	2.95	37,970	2,993.1	3,648.6
Nueva	Posible	342,984	250	3.97	3.50	85,746	13,616.5	12,004.4
Total de la veta Nueva		342,984	250	3.97	3.50	85,746	13,616.5	12,004.4
Ramo I		111,874	141	6.77	6.32	15,774	7,573.8	7,070.4
Total de la veta Ramo I		111,874	141	6.77	6.32	15,774	7,573.8	7,070.4
Gran Total		1,527,819	156	3.14	5.10	238,257	48,049.6	77,946.7

* T.F. : Ton Fino

Cuadro 2--2--2 Reserva General de Mineral

Clase	Cantidad (ton)	Ley			Cantidad de Metal Fino		
		Ag(g/t)	Pb(%)	Zn(%)	Ag(kg)	Pb(t)	Zn(t)
Positivo	14,778	260	1.23	0.37	3,840	181.2	54.1
Probable	34,277	258	2.47	2.75	8,849	845.9	942.7
Posible	1,425,854	149	3.26	5.37	211,869	46,450.8	76,614.9
Total	1,474,909	152	3.21	5.26	224,558	47,477.9	77,611.7
Taqueo	52,910	259	1.08	0.36	13,699	571.7	335.0
Gran Total	1,527,819	156	3.14	5.10	238,257	48,049.6	77,946.7

2.2.5 Espacio Restante de Exploración

En la zona inferior y oriental de la parte de desarrollo de galerías de este yacimiento, se ha calculado una reserva de seis vetas. Además de ellas, se ha confirmado mediante las exploraciones sistemáticas, que hay otros sitios que pueden contribuir al aumento de reservas.

La parte más Este del bloque de minerales posibles del cálculo de reservas está cubierta con la morena glacial en su cresta, pero en la roca encajonante se comprueba una zona alterada muy intensa, y hay mucha posibilidad de prolongación de estas vetas. En esta área se espera una reserva con una escala de aproximadamente un millón de toneladas en exploraciones futuras.

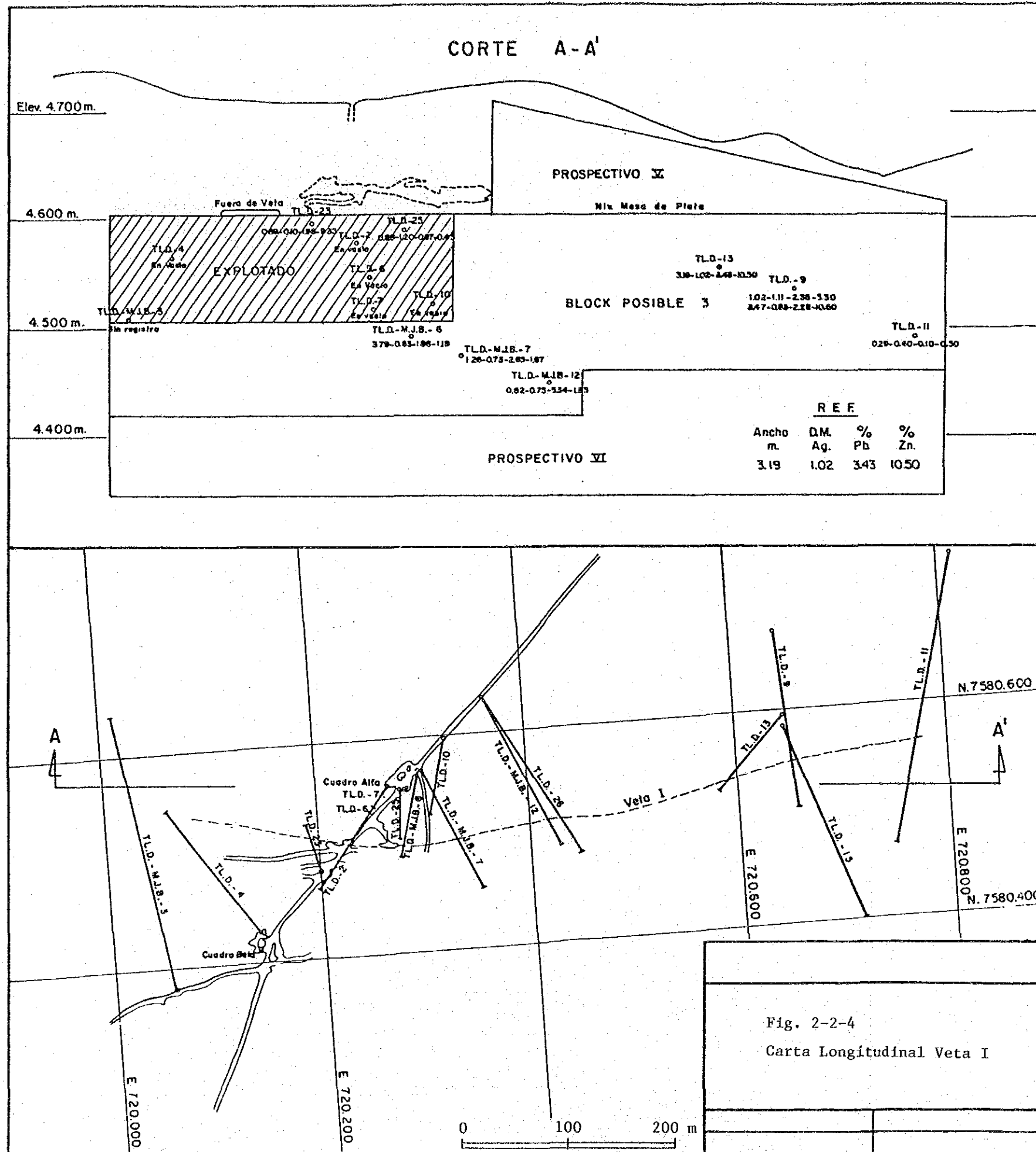
También, en la zona Noroeste de la parte desarrollada por galerías, se ha comprobado un grupo de vetas como la veta A, mediante el taladro MJB-10. Según la longitud de 80 - 500 cm de perforación, la alteración de roca encajonante es muy fuerte. Si se comprueba la prolongación de estas vetas mediante exploraciones posteriores, se espera una reserva de escala de 300,000 toneladas.

Además en el taladro MJB-9 orientado hacia el Sur, se ha comprobado una veta preponderante, y cerca de la zona de perforación de la mina de Mesa de

Plata se prolonga la zona alterada no explorada. Si se realizan exploraciones sistemáticas sobre estas vetas, se puede esperar el aumento de reservas.

Debido al gran número de vetas, con el desarrollo de galerías futuras, es muy posible encontrar reservas explotables en vetas no calculadas. Así este yacimiento San Antonio tiene mayor potencia que la reserva actual.

Hay algunos taladros que se encuentran a oro, pero no son claros como no existen datos analíticos hasta ahora. Si efectúa exploración más detallada habrá una posibilidad de encontrarse a unas partes enriquezadas que aumentan los valores añodidos.

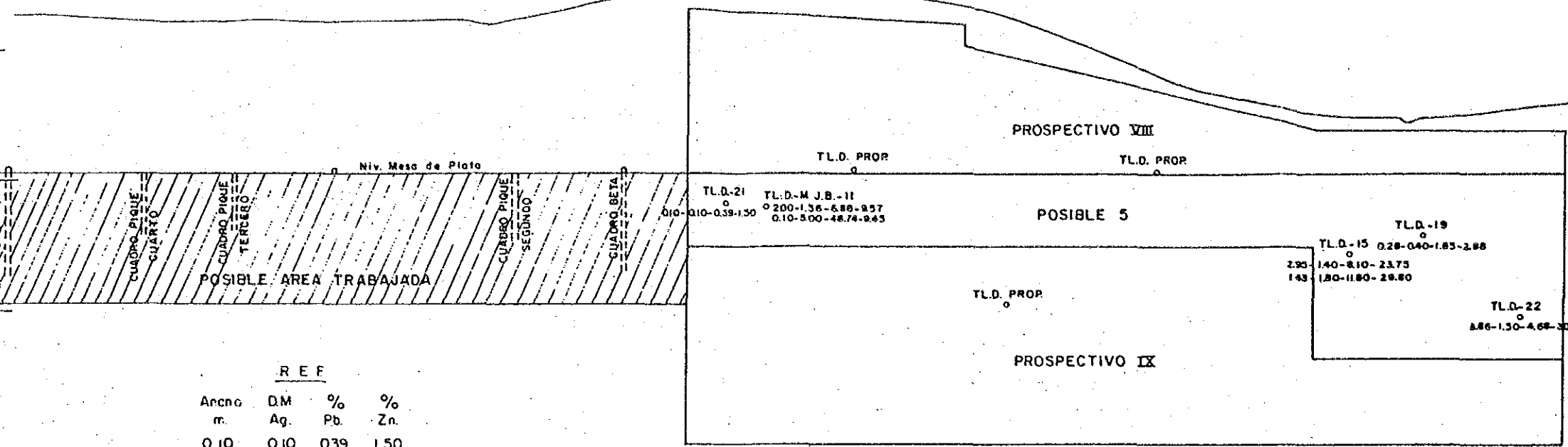


CORTE D-D'

Elev. 4700m

4600m

4500m



REF

Ancno	DM	%	%
m.	Ag.	Pb.	Zn.
0.10	0.10	0.39	1.50

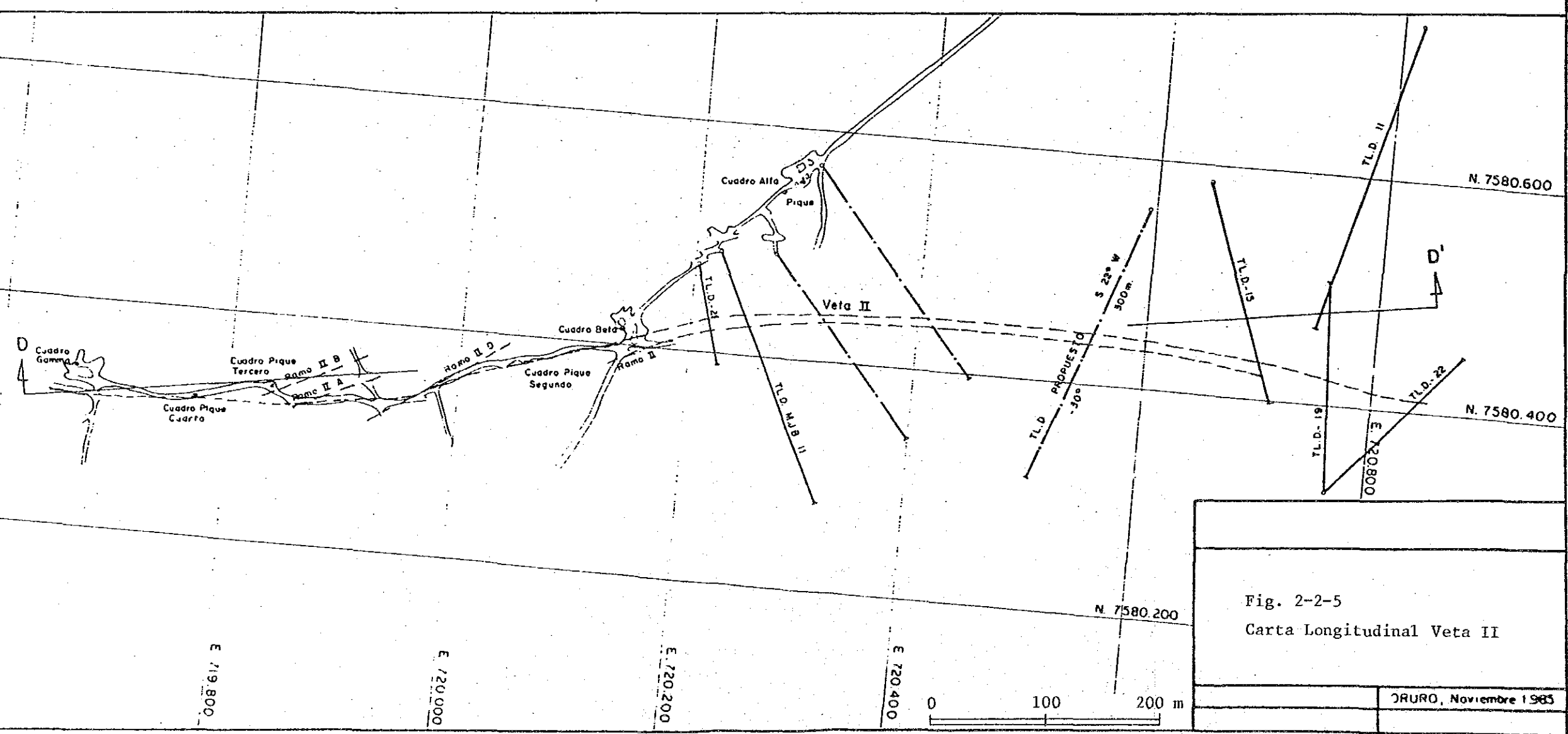


Fig. 2-2-5
Carta Longitudinal Veta II

CRURO, Noviembre 1965

2.3 Explotación de las Minas

2.3.1 Condiciones Previas

(1) Reserva de minerales explotables y ley

Se calculó la reserva de minerales explotables y ley a base de reserva de mineral, y se da el resultado numérico en Cuadro 2-1-1 del párrafo anterior. Es una reserva de minerales explotables de 1,321,755t y ley de Ag 145 g/t, Pb 2.92%, Zn 4.73% en los parametros siguientes:

Factor de recuperación real: 80%

Factor de dilución : +10%

Ley de caja : Ag 20 g/t, Pb 0.25%, Zn 0.20%

Peso específico de caja : 2.4

(2) Horas de trabajo

Habrá 8 horas de trabajo por turno con 6 horas de trabajo efectivo.

La rehabilitación, profundización y perforación de recortes y galerías para exploración del cuadro alfa se efectuarán en 3 turnos por día. En caso de 400 t/día de producción se efectuarán en 2 turnos, y en 3 turnos en caso de 800 t/día. Los días de operación son de 26 días al mes y 312 días al año.

2.3.2 Plan de Apertura de Galerías

Se divide la apertura de galerías en dos fases por dos años. En la primera fase, efectúa desagüe, rehabilitación y profundización del cuadro alfa; y, una vez terminado esto, se realiza perforación de corridas y chimenea. Luego, en confirmación de la reserva de minerales, se entra en la fase siguiente si es posible industrializar. En la segunda fase, se efectúa la excavación como rampa "trackless", etc., así como la preparación de producción de minerales. Esto se hará por las siguientes razones:

(1) Las vetas I y II, a 4,600 m sobre el nivel del mar, ya habían sido

agotados en la época de la colonia.

2) A principios del siglo XX (hace unos 80 años) se desarrolló el cuadro Alfa (36.6 m de profundidad), el de Beta (80 m de profundidad) y el de Gamma (80 m de profundidad), con explotación hasta cerca de los 4,500 m de altitud (profundidad calculada)

3) La perforación a diamantina TLD-22 (realizada por COMIBOL en 1984) en el lado este del cuadro alfa, ha llegado a los minerales de alta ley de plata, plomo y cinc, y es una zona prometedora.

4) El cuadro Alfa actualmente está inundado (pH 6.4 incoloro) sin brotes de agua; pero en su alrededor se ha observado un total aproximado de 0.8 m³/min de pozos de 5 perforaciones. Se supone que esta cantidad de agua se verterá en el cuadro al profundizar.

5) A pesar de la exploración en el pasado, es necesario confirmar la dirección de extensión y escala de las vetas I y II, ya que no existen planos ni documentos concernientes. (La reserva posible es de 95% de la reserva de mineral, de suerte que es necesario confirmar la reserva de la zona este debiéndose dar preferencia a la perforación a diamantina de exterior de la mina.

6) El cuadro Alfa está situado a 580 m sudoeste de la boca de recorte actual de 4,600 m de altitud (nivel 0 m.). La característica litológica hasta el cuadro es dacita cloritizada que en general tiene mayor dureza sin marco, y la sección de galería es grande. Pero la sección de galería de la parte fallada y pedres es de 1.5 m x 1.5 m (con marco de piedra arco), con unos 100 m de continuación intermitente. Esta parte de sección pequeña se podrá aprovechar sin reparación como galería principal para transporte por adoptar carro volteador de 0.6 m³ (0.7 m An x 1.2 m L x 0.7 m Al) y locomotor de 2t (2t B.L.) para sacar cajas.

A pesar de la sección estrecha, ésta galería podrá servir sin problemas

para entrada y salida tanto de personas como de equipos.

7) Existe una sala de guinch, galería de cable, etc. del cuadro Alfa desde principios del siglo XX, que se puede utilizar rehabilitando algunas partes. Será más rápido y económico efectuar la profundización y aprovechar para reconocimiento bajo los 4,600 m de altitud.

(1) Desarrollo de galería en primera fase.

(a) Rehabilitación del cuadro (0 - -36.6 m)

Sacado de agua con una bomba sumergible hasta -36.6 m, visualizable desde el nivel de boca de mina (nivel 0 m) desensamblar el armazón viejo y volver a armar con material de pino, que es resistente a la corrosión, en dos compartimientos de jaula (dos jaulas) y uno para personas (Ver la Fig. 2-3-1).

La sección de rehabilitación es de 3.5 m x 2.0 m, igual a la antigua.

Se usa las vigas de 15 cm para el armazón. Se lo fija hincando en roca unos 10 cm. El intervalo de armazón es de 2.5 m. Se coloca la guía de riel de 15 kg/m en el larguero con herraje.

En todo el compartimiento para personas, establece escalones por cada 2.5 m con escaleras de 3 m para emergencia. Se instala asimismo un conducto galvanizado de aire de $\phi 400$ m/m para ventilación, cañerías de aire de 4", cañerías de desagüe de 4", cañerías de agua de 2", y cables eléctricas. Se pone encerado en el compartimiento para personas en el nivel 0m para prevención de caídas.

Esta zona es de 16 postes, y se realizarán extracción de agua, desarme del poste antiguo y rearme de poste en 3 turnos al día.

(b) Profundización del cuadro (-36.6 - -100 m)

Se adoptará el método de disparo para la profundización a más fondo de -36.6 m.

Se usa un perforador Sinker TY-24 por una persona, y se opera con 2

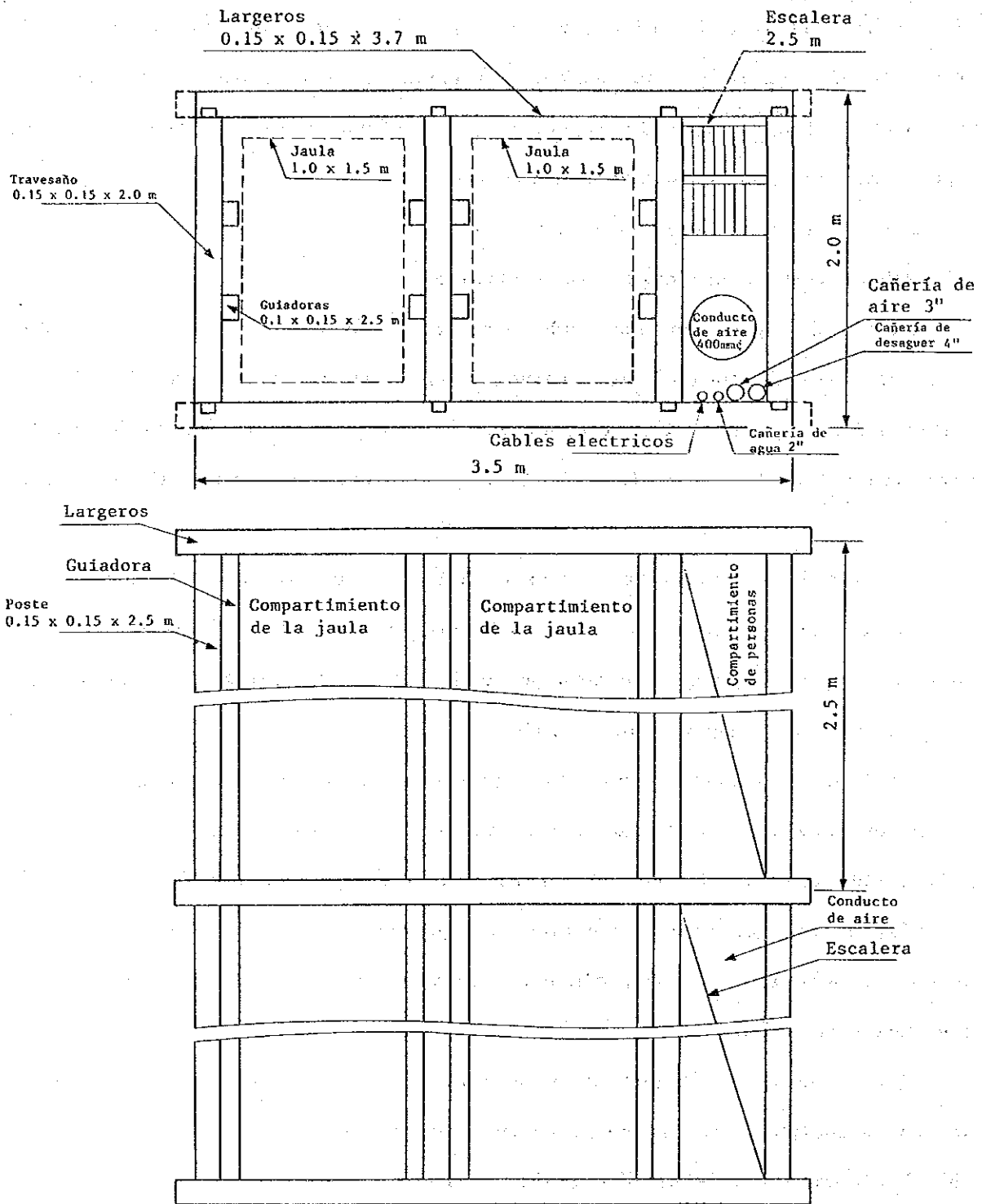


Fig. 2-3-1 Plano y Sección del Cuadro Alfa S=1/30

perforadores. Se establece 25 perforaciones por un disparo de 1.7 m de longitud y 1.5 m de longitud arrancada. La extracción de testigo se realiza por el método arranque V con disparo eléctrico de 20 kgs aprox. de explosivos por cada uno.

Se carga a mano las cajas arrancadas en "cubo" (baldes de hierro de 0.6 m³), y se lo eleva con la doble extracción de 60 kW hasta plataforma de 0 m para transbordar en carros enganchados de 4 - 6 por remolque de B.L 2t y descarga en el exterior de la mina.

Se efectúa el desagüe del cuadro teniendo en cuenta el agua vertida de los alrededores, con una bomba sumergible de alta extracción (22 kW) para 60 m de altura y 1 m³ de capacidad. Se instala la bomba intermedia para más de 60 m de profundidad. Terminado el cuadro, se coloca 2 turbobombas de 30 kW incluido repuesto para inundación anormal. A fin de mejorar la ventilación al excavar, se instala un ventilador de unos 400 m³/min a la plataforma de nivel de 0 m, y conducto de aire galvanizado ϕ 400 m/m al compartimiento para personas.

Se conduce el agua para perforación del río Mina Blanca con bomba hasta el depósito de agua, y abastece ajustando la presión hidráulica (sigue lo mismo).

1er turno: Perforación, ataca de explosivos, disparo (1.5 m de longitud de arranque)

2do turno: Cargar las cajas

3er turno: Enmaderación y/o tubería, etc.

Esta distancia es de 63.4 m, y en ella se tardarán:

$63.4 \text{ m} \div 1.5 \text{ m/día} = 42 \text{ días.}$

En base a estas condiciones, el plazo necesario para el desarrollo de cuadro incluida rehabilitación es de

$(16 + 42) \text{ días} \div 26 \text{ días/mes} = 2.3 \text{ meses}$

Con cierto espacio será de 3.0 meses. Por lo tanto el avance de excavación diaria es:

$$100 \text{ m} \div (3 \text{ meses} \times 26 \text{ días/mes}) = 1.3 \text{ m}$$

En caso de 800 t/día de producción, la excavación del cuadro Alfa será de 125 m por necesitar una galería en el nivel de -120 m.

(c) Costos de profundización del cuadro

(i) Costos de mano de obra

El número necesario de obreros es 33 pers/día. Suponiendo que el sueldo medio de los obreros sea de 5\$ por día (sin costos referidos al personal, sigue lo mismo);

$$33 \text{ pers/día} \times 5 \text{ \$/pers} = 165 \text{ \$/día}$$

Y se necesitarán 5 supervisores por día con un sueldo de 13\$ en promedio por día (sin costos referidos al personal, sigue lo mismo);

$$5 \text{ pers/día} \times 13 \text{ \$/pers} = 65 \text{ \$/día}$$

Asimismo, el total de costo de mano de obra se calcula en 230 \$/día, y el costo unitario de mano de obra es:

$$230 \text{ \$/día} \div 1.3 \text{ \$/día} = 177 \text{ \$/m.}$$

(ii) Costo de materiales

A condición de que se importen todos los materiales de la excavación de cuadro desde los países vecinos, el costo de rehabilitación de 0 m a -36.6 m será de 86 \$/m, y de 139 \$/m en caso del de excavación de -36.6 m a -100 m.

(iii) Costo de combustibles

- Generador diesel

El consumo de energía eléctrica al profundizar el cuadro es de 1.900 kWh por día, suficientemente cubiertos por un generador diesel de 210 PS, 140 kW. En este caso el consumo de combustible será:

$$210 \text{ PS} \times 0.25 \text{ \%/PS.h} \times 70\% \text{ (carga)} \times 1.3 \text{ (rectificación por altitud)} \times 20 \text{ h/día} = 960 \text{ \%/día.}$$

- Compresor

En la rehabilitación hasta de -36.6 m se usará aire comprimido para el soplo de aire, y martillo de pico. Y a profundidad inferior a -36.6 m se necesitará aire comprimido para la perforadora Sinker cuyo consumo es de 2.9 m³/min x 2 unidades = 5.8 m³/min, que se pueden cubrir con un compresor diesel (195 PS, 21 m³/min de cantidad de salida de aire), teniendo en cuenta el uso de soplo de aire en el cuadro. En este caso el consumo de combustible será:

195 PS x 0.25 l/PS.h x 50% (factor de carga) x 1.3 (rectificación de altitud) x 6 h/día = 190 l/día.

Aquí el consumo de combustible por día será de 1.150 lt., y la excavación por 1 m de avance será:

1.150 l/día x 0.43 \$/ l (incluido 25% de aceite y grasa, sigue lo mismo)
 - 1.3 m/día = 380 \$/m.

Cuadro 2-3-1 Costo de Obras Directas al Cuadro Alfa

Division	Long.de Excavación (m)	Plazo (MES)	Mano de Obra (\$/m)	Material (\$/m)	Combustible (\$/m)	Excavación (\$/m)	Obras Directas (\$)
Evacuación, Reparación	36.6	1	177	86	380	643	23,534
Chimenea	63.4	2	177	139	380	696	44,126

(d) Instalaciones de extracción después de la terminación del cuadro

Considerando aumento de eficiencia de extracción y ahorro de energía, se adoptará la siguiente máquina de extracción doble de 60 kW, que se instalará en el nivel 0 m del cuadro Alfa. Además en las plataformas de cada nivel se instalan los paralizadores ("Stopper") como equipo para meter el carro en la jaula.

- Máquina de extracción doble:

Carga máxima : 2,800 kgs
Velocidad de extracción: 120 m/min
Motor de extracción : 60 kW
Cable : 6 x Fi (17) ϕ 22 mm
Dimensión de jaula : 1.0 m W x 1.5 m L x 30 m H
(jaulas en ambos lados)

- Tope de cada plataforma : 3 unidades de pedal*

- Empalme de cada plataforma : 3 unidades de mano*

(* En caso de 800 t/día de producción añadir una más en el nivel de -120 m, consecuentemente 4 unidades en total).

(i) Costo de instalación de la máquina de extracción

Se realizará en un plazo de 1.5 meses con el costo de obra directa como cimentación e instalación, de \$104,000.

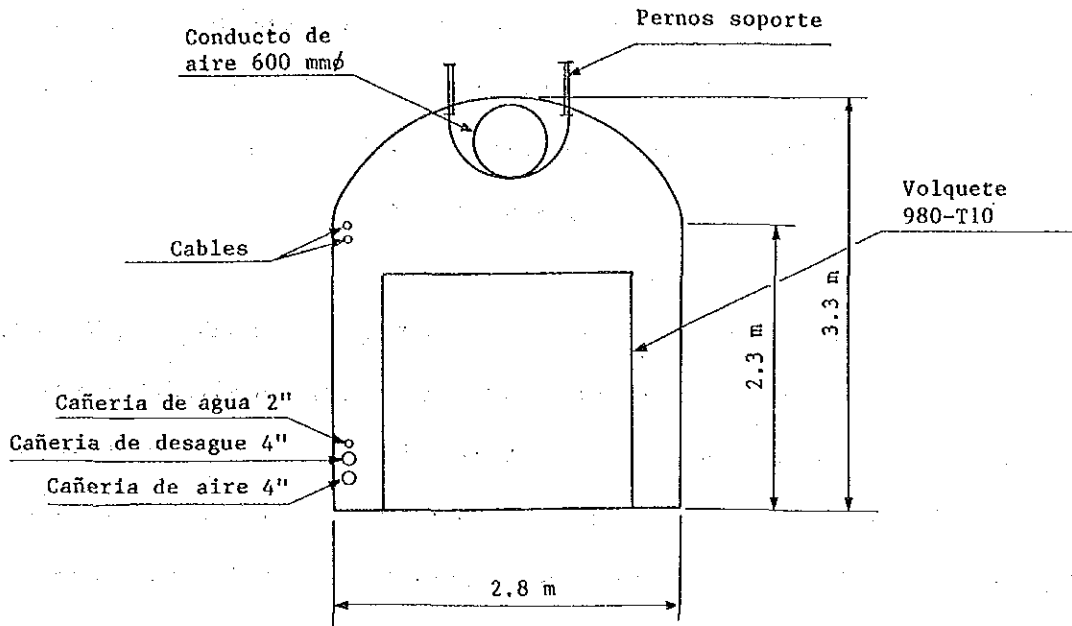
(e) Reconocimiento de las galerías

Los minerales y las cajas que salen de la excavación de los niveles siguientes, se transponen en el carro de 0.6 m^3 con la pala cargadora de 600B Taiku y se llevan al área de descarga vía el cuadro Alfa; luego se llevan los cajas en volquete al área respectiva, y los minerales se depositan temporalmente cerca de la boca de mina para ser llevados al área de beneficio cuando esté en operación.

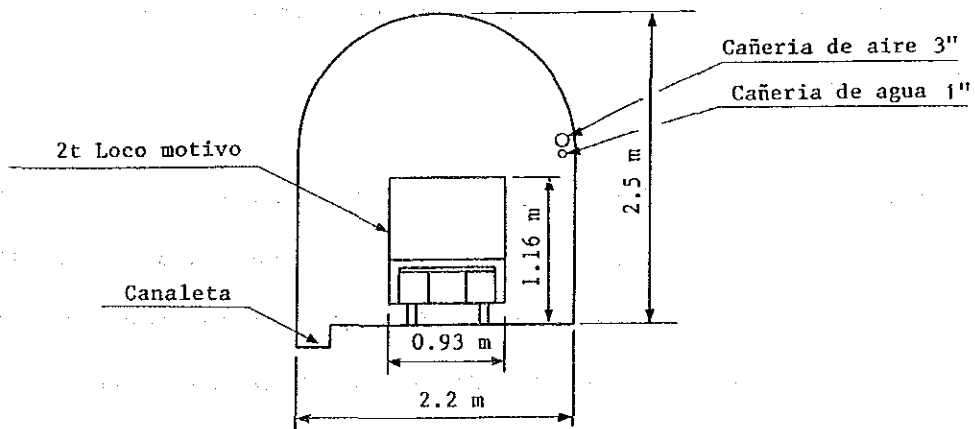
(i) Excavación de galería de reconocimiento

Terminado el cuadro Alfa, se excavará 200 m de la galería horizontal desde el nivel -40 m y -80 m hacia la zona mineralizada de las vetas I y II. (En caso de 800 t/día, se efectuará la exploración en el nivel -120 m también).

La sección de galería será de 2.2 m W x 2.5 m H, según se indica en la Fig. 2-3-2.



SECCION RAMPA DE TRACKLESS S = 1/50



SECCION RECORTES Y CORRIDAS S = 1/50

Fig. 2-3-2 Sección de Accesos de Desarrollo y Producción

El riel será de 10 kg/m y el durmiente de 0.09 m x 0.12 m x 1.0 m con un intervalo de colocación de 0.7 m y jaula de 580 m.

Se usará una perforadora TY-76 por persona, y se perforará con dos máquinas. La longitud de perforación es de 1.3 m y la de arranque de 1.15 m. La cantidad de perforación y explosivo por disparo es:

$$5.5 \text{ m}^2 \times 4 \text{ perforación/m}^2 = 22 \text{ perforaciones}$$

$$6.3 \text{ m}^2 \times 1.3 \text{ kg/m}^3 = 8.2 \text{ kgs.}$$

Se transpone cajas en carro de 0.6 m³ con pala cargadora Taiku 600B y se remolca en 1t B.L hasta el cuadro Alfa. La introducción del carro en la jaula se hace mediante comunicación entre el personal de la jaula y el operador de la máquina de extracción. El personal de la jaula del nivel 0 m entrega el carro extraído del cuadro al operador de 2t B.L, quien engancha 4 o 6 carros y los lleva al área de descarga.

El avance de trabajo por día en 3 turnos será de 3.45 m con un ciclo de perforación, carga, disparo y extracción por cada turno. Considerando algunos problemas, la proporción de seguridad de eficiencia de perforación se calcula en 85%; y como son de dos niveles, el avance será de 2.9 m/día y 5.8 m/día cada uno.

(ii) Avance de corrida

Al llegar a la zona mineralizada en los niveles -40 m y -80 m, se tiende el 200 m de corrida a lo largo de la veta en cada nivel. Considerando la posibilidad de la corrida de transporte de rajos, la sección será de 2.2 m H x 2.5 m H aunque haya aumento de la proporción de entremezclado de estériles.

El método de excavación y la eficacia son iguales a los de la galería de explotación.

(iii) Excavación de chimenea

Confirmada la extensión horizontal de la veta por la corrida, se efectúa la excavación de chimenea para conocer la continuidad vertical de la misma.

La longitud de excavación de la chimenea será:

$$40 \text{ m/c.u.} \times 2/\text{nivel} \times 2/\text{nivel} = 160 \text{ m}$$

La sección de excavación será de 1.5 m x 1.5 m para ventilación y entrada de materiales.

Se usará como marco las vigas de 15 cm con intervalo de un metro.

La longitud de perforación es de 1.1 m y 1.0 m de destrozo usando stopper.

La eficiencia de avance será de 5 m/día en dos lugares calculando en 85% la proporción de seguridad al realizar el ciclo de trabajos (perforación, carga de explosivo, disparo, extracción de cajas y enmaderación) por cada turno.

(f) Costos de excavación de reconocimiento

(i) Costos de mano de obra

- Galería y corrida

$$42 \text{ personas/día} \times 5 \text{ \$/pers} + 6 \text{ pers/día} \times 13 \text{ \$/pers} = 288 \text{ \$/día}$$

(obreros) (supervisores)

5.8 m de avance por día, para 50 \\$/m.

- Chimenea

$$36 \text{ pers/día} \times 5 \text{ \$/pers} + 6 \text{ pers/día} \times 13 \text{ \$/pers} = 258 \text{ \$/día}$$

5.8 m de avance por día, para 52 \\$/m.

(ii) Costos de materiales

Si se importan todos los materiales necesarios, la galería y corrida serán 55 \\$/m, y la chimenea 75 \\$/m.

(iii) Costos de combustible

- Generador diesel

El consumo de energía eléctrica de la galería horizontal, corrida y chimenea es de 2,000 kWh por día, que se pueden cubrir con un generador diesel de 140 kW de potencia, y el consumo de combustible será:

210 PS x 0.25 l/PS.h x 70% (factor de carga) x 1.3 (rectificación por altitud) x 20 h/día = 960 l/día.

- Compresor

Se cubre con un compresor (195 PS, 21 m³/m de cantidad de salida de aire) en todas las excavaciones. El consumo de combustible será:

195 PS x 0.25 l/PS.h x 50% (factor de carga) x 1.3 (rectificación por altitud) x 15 h/día = 480 l/día.

De aquí se calcula el consumo de combustible en 1,440 l por día.

- El consumo de combustible de la excavación de galería transversal será:

1,440 l/día x 0.43 \$/ l ÷ 5.8 m/día = 107 \$/m

- En caso de excavación de chimenea

1,440 l/día x 0.43 \$/ l ÷ 5.0 m/día = 124 \$/m

Cuadro 2-3-2 Costos de Obras Directas del Reconocimiento

Division	Long. de Excavación (m)	Eficiencia (m/MES)	Plazo (MES)	Mano de Obra (\$/m)	Mate- rial (\$/m)	Com- busti- ble (\$/m)	Excava- ción (\$/m)	Obras Directas (\$)
Transversal	400	150	2.7	50	55	107	212	84,800
Corrida	400	150	2.7	50	55	107	212	84,800
Chimenea	160	130	1.3	52	75	124	251	40,160

(2) Desarrollo de galería en la segunda fase

(a) Construcción de la rampa "Trackless"

Observando el resultado de la perforación a diamantina y hecho del reconocimiento de la primera fase, se comienza la segunda fase si son prometedoras las vetas de la zona y vale la pena seguir desarrollando. Empezar a excavar desde el punto de 4,600 m de altitud en la vertiente noroeste a 300 m norte de la boca de la mina actual, y pasando 120 m de

galería horizontal se construye la rampa "Trackless" con inclinación de -10° hasta los 4,500 m de altitud (Ver la Fig. 2-3-3).

La sección de rampa será de 2.8 m W x 3.3 m H, y la longitud de excavación será de 290 m de galería horizontal, o 950 m en total incluidos recortes (10 m/c.u. x 6 recortes o 60 m).

Se establecen estos recortes a lo largo de la rampa con intervalo de 200 m para uso de transpuesto de estériles y apartadero de volquetes.

Se efectúa la perforación por 2 máquinas usando una perforadora Leg TY-76 por persona. La longitud de perforación será de 1.4 m con 1.3 m de destrozo. Se efectúa un ciclo de trabajo (perforación, preparación de explosivo, disparo y extracción de estériles) por turno.

En la conducción de los estériles se usará un L.H.D. tipo 922 con dos volquetes de 980-10, llevándolo hasta la recorrida más cercana. Se transpone en volquete para arrojar en el área de descarga.

Se supone que la propiedad litológica es de dacita cloritizada, de gran dureza; en algunas partes se requieren pernos de roca, y todo el largo de esta rampa queda sin poste.

Es de prever que al sacar estériles empeore el ambiente de rajo a causa del gas de escape ya que el equipo de transporte de estéril es de combustión interna. Para mejorar esto, se instala el conducto de aire galvanizado de $\phi 600$ mm en el techo de la rampa y se envía el aire desde la boca por el ventilador de $\phi 600$ mm.

En la excavación habrá mayor cantidad de agua brotada por influencia de la filtrada del río Mina Blanca, y será necesario instalar la cañería de desagüe 4" en la pared así como una bomba intermediaria en el recorte a fin de realizar el método de extracción de agua en dos niveles mediante la bomba sumergible.

Al conectar la rampa "Trackless" con el cuadro Alfa en el nivel de -100

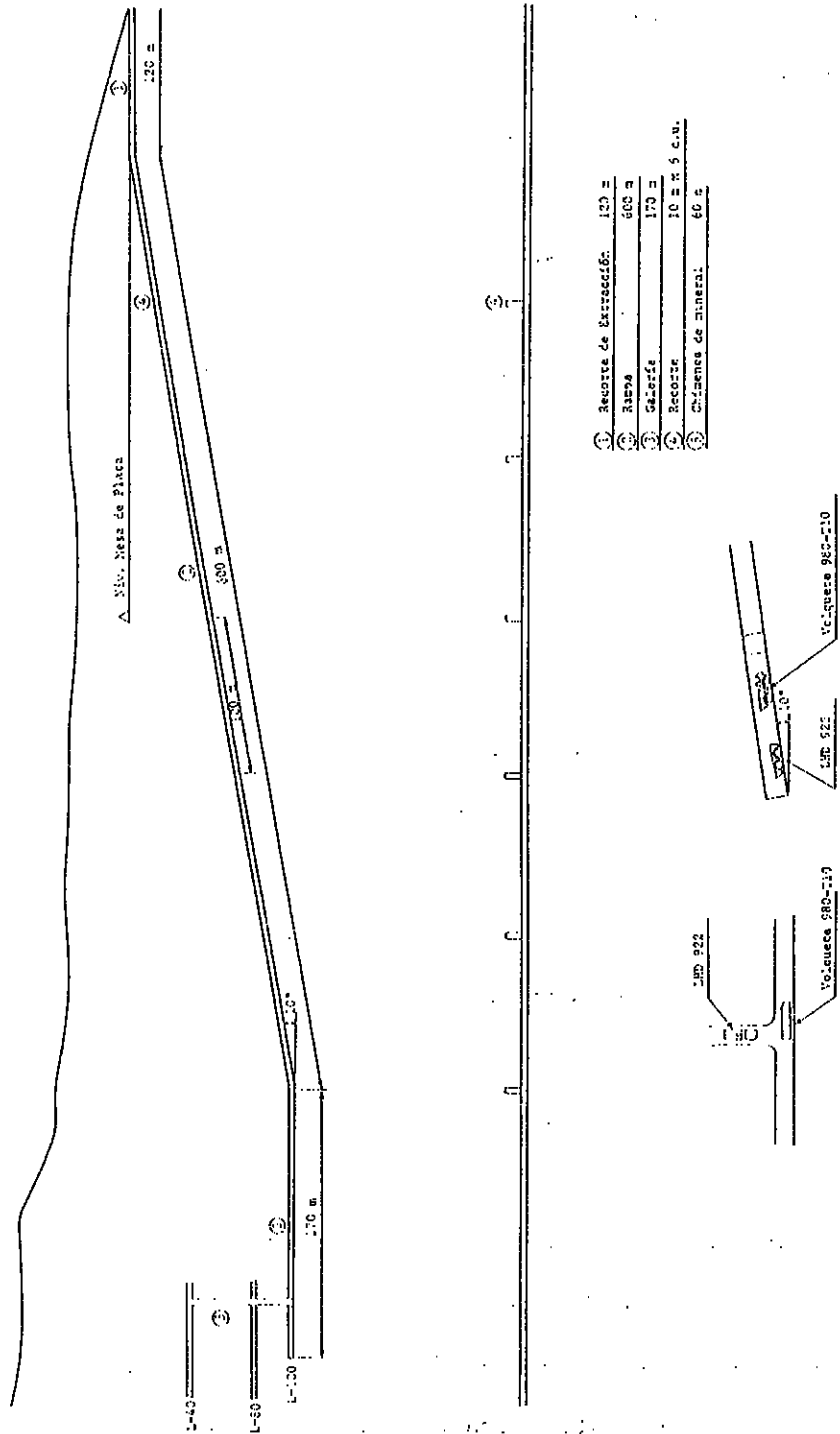


Fig. 2-3-3 Plano y Sección del Cuadro Trackless S=1/2,000

m, se concentra el sistema de desagüe en el fondo de cuadro, y se extrae el agua con la turbobomba de 30 kW ya instalada.

Suponiendo 1.3 m el avance por turno, el avance diario de 3 turnos será de 3.5 m y 90 m al mes con 90% de seguridad.

En caso de 800 t/día de producción, se prolonga la rampa 120 m más, y 80 m la galería horizontal; como es necesario profundizar hasta -120 m, la longitud total será de 1,150 m.

(b) Excavación de la chimenea

Se perfora una chimenea continua (60 m de profundidad) en dos lugares entre los niveles -40 m, -80 m y -100 m para transportar los minerales de rajo por la rampa "Trackless", y se extrae todos los minerales en el nivel -100 m.

El tamaño de la chimenea será de 1.5 m x 1.5 m con método de winze.

La eficiencia de avance es de 5 m/día y 130 m/mes, como en el método antes mencionado.

La eficiencia de transporte se eleva grandemente ya que se usa un método por el cual se cambia del carro al volquete mediante el cuadro Alfa.

En caso de 800 t/día de producción, se construye 3 chimeneas en -40 m, -80 m y -120 m.

(c) Obra de preparación para explotación

Hecha la apertura, es necesario realizar obras de preparación para la explotación a fin de poder producir desde el primer año de explotación 400 t al día.

Por el sistema de Shrinkage se deja un 60% del mineral arrancado en el bloque, sobre el que trabaja el perforador hasta terminarlo. Terminado un bloque, se vacía y se ajusta la producción de otros bloques. Así, para este sistema se necesitan preparación de explotación y depósito de minerales.

Plazo en días para terminación de un bloque:

$$7,310 \text{ t} \div 90 \text{ t/día} = 81 \text{ días}$$

Y el depósito necesario de este plazo será:

$$400 \text{ t/día} \times 81 \text{ días} \times 60\% = 19,440 \text{ t} \approx 20,000 \text{ t}$$

Se efectúa esto en 4 meses y se deposita el mineral en el yarda de exterior de la mina para poder abastecerlo al arrancar el ingenio.

En caso de 800 t/día, la terminación de un bloque tardará:

$$7,310 \text{ t} \div 135 \text{ t/día} = 54 \text{ días por 3 turnos, y:}$$

$$800 \text{ t/día} \times 54 \text{ días} \times 60\% = 26,000 \text{ t del depósito necesario.}$$

(d) Costos de la apertura en segunda fase

(i) Costo de mano de obra

- Excavación de la rampa "Trackless"

$$23 \text{ pers/día} \times 5 \text{ \$/pers} + 6 \text{ pers/día} \times 13 \text{ \$/pers} = 193 \text{ \$/día}$$

(obreros) (supervisores)

Como la avance por día es 3.5 m el costo por metro es 55\$.

- Excavación de la chimenea

$$23 \text{ pers/día} \times 5 \text{ \$/pers} + 6 \text{ pers/día} \times 13 \text{ \$/pers} = 193 \text{ \$/día}$$

(obreros) (supervisores)

39 \\$/m por 5.0 m de avance al día

- Obras de preparación para explotación

$$46 \text{ pers/día} \times 5 \text{ \$/pers} + 4 \text{ pers/día} \times 13 \text{ \$/pers} = 282 \text{ \$/día}$$

Cantidad de producción diaria con preparación de explotación:

$$20,000 \text{ t} \div (4 \text{ meses} \times 26 \text{ días/mes}) = 192 \text{ t/día}$$

Asimismo el costo por 1 t de mineral será:

$$282 \text{ \$/mes} \div 192 \text{ t/día} = 1.5 \text{ \$/t.}$$

(ii) Costo de materiales

Si se importan todos los materiales, los costos serán:

Rampa "Trackless" : 66 \\$/m

Chimenea : 48 \\$/m

Obras de preparación para explotación : 3.8 \$/m

(iii) Costo de combustibles

- Generador diesel

Se necesitan 2 generadores diesel de 140 kW para cubrir 2,200 kW de consumo de energía eléctrica al día. En este caso el consumo de combustible será:

$210 \text{ PS} \times 0.25 \text{ l/PS.h} \times 40\% \text{ (factor de carga)} \times 1.3 \text{ (rectificación de altitud)} \times 20 \text{ h/día} \times 2 \text{ unidades} = 1,090 \text{ l/día}$

- Compresor

Cualquier excavación se cubre con 1 compresor (195 PS, 21 m³/min)

El consumo de combustible será:

$195 \text{ PS} \times 0.25 \text{ l/PS.h} \times 50\% \text{ (factor de carga)} \times 1.3 \text{ (rectificación por altitud)} \times 15 \text{ h/día} = 480 \text{ l/día}$

- Maquinaria minera de carruaje

L.H.D tipo 922 para 84 PS y volquete 980T-10 para 139 PS con el consumo de combustible siguiente:

$(84 + 139 \times 2 \text{ unidades}) \text{ PS} \times 0.25 \text{ l/PS.h} \times 70\% \text{ (factor de carga)} \times 1.3 \text{ (rectificación)} \times 2 \text{ h/turno} \times 3 \text{ turno/día} = 490 \text{ l/día.}$

Y se efectúa el transporte de minerales del plazo de la obra de preparación para explotación vía el cuadro Alfa. En conexión con esto, al establecer la rampa "Trackless" y la chimenea, el consumo total será de 2,060 l/día, y de 1,570 l/día el de preparación para explotación.

- Los costos de combustible de la obra de rampa "Trackless" serán:

$2,060 \text{ l/día} \times 0.43 \text{ \$/l} \div 3.5 \text{ m/día} = 253 \text{ \$/m}$

- Los costos de la excavación de chimenea serán:

$2,060 \text{ l/día} \times 0.43 \text{ \$/l} \div 5.0 \text{ m/día} = 177 \text{ \$/m}$

- Los costos de preparación para explotación serán:

$1,570 \text{ l/día} \times 0.43 \text{ \$/l} \div 192 \text{ t/día} = 3.5 \text{ \$/t}$

Cuadro 2-3-3 Costos de Obras Directas en 2da Face

Division	Avance (m)	Eficiencia (m/MES)	Plazo (MES)	Mano de Obra (\$/m)	Materiales (\$/m)	Combustible (\$/m)	Costo de Exca- vación (\$/m)	Costo de Obras Directas (\$)
Track- less	950	91	11	55	66	253	374	355,300
Chimenea	120	130	1	39	48	177	264	31,680
Prepara- ción para Explota- ción	20,000t	192 t/Día	4	1.5 \$/t	3.8 \$/t	3.5 \$/t	8.8 \$/t	176,000

2.3.3 Plan de Explotación

Se adopta el método de shrinkage por las razones siguientes (ver la Fig. 2-3-4):

- 1) La veta tiene más de 70° de inclinación.
- 2) El ancho de la veta es de 1 a 2 m.
- 3) Las rocas encajonantes (dacita) son tan duras que casi no requieren sostenimiento.
- 4) Los minerales arrancados no fraguan fácilmente ya que contienen menos arcilla.
- 5) Es el método de explotación más general en Bolivia.

Por este método, una parte del mineral arrancado (como el 60%) se deja en el bloque, y se saca 40% del mineral mediante embudos instalados a intervalos de 5 m con altura de techo de 2 m; el perforador trabaja sobre este mineral.

Se usa stoper TY-24 para perforación vertical de 2.4 m c.u. con barrenos afiladores, aplicando 2 perforadoras por 2 operadores para un rajo. Se perfora en zigzag 5 m a intervalos de 0.5 m para evitar bloques grandes (más de $\phi 25$ cm), y colocar explosivos para disparo.

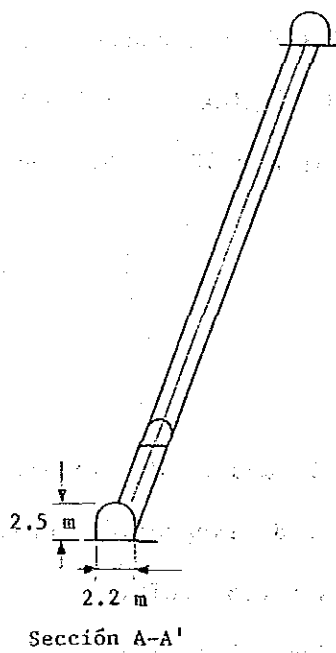
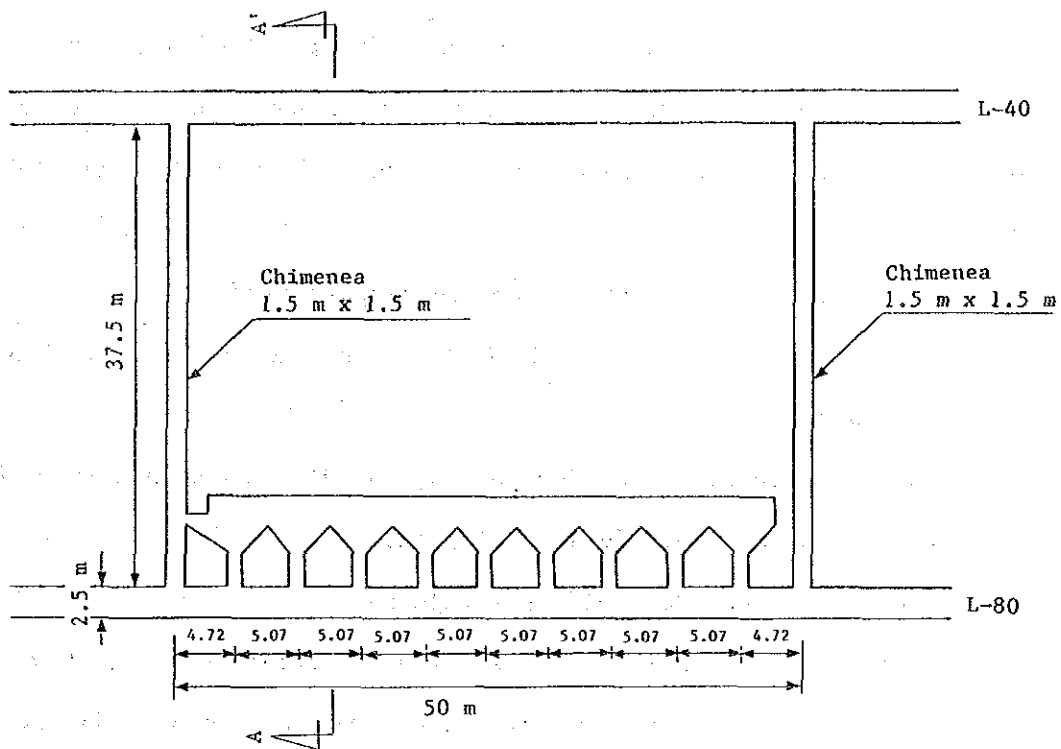


Fig. 2-3-4. Sección de Rajos por el Método Shrinkage $S=1/500$

Como un 40% de minerales arrancados se saca por tolva en carro minero de 0.6 m^3 , y se lleva a la chimenea de la rampa "Trackless" a remolque de B.L 1 t por de 4 a 6 carros. Luego se lo saca y transpone con L.H.D en volquete 980T-10, y se transporta hasta la entrada del ingenio por la rampa "Trackless".

El volumen de mineral arrancado por un disparo será:

$2.0 \text{ m H} \times 1.5 \text{ m W} \times 5.0 \text{ m L} (0.5 \text{ m/línea} \times 10 \text{ líneas}) \times 3 (\text{peso específico}) = 45 \text{ t.}$

El volumen de minerales sacados por rajo al día en dos turnos será:

$45 \text{ t/turno} \times 2 \text{ turno/día} = 90 \text{ t/día.}$

El volumen total de producción por rajo será:

$50 \text{ m L} \times 32.5 \text{ m H} \times 1.5 \text{ m W} \times 3 (\text{peso específico}) = 7,310 \text{ t.}$

Al entrar y salir personas y materiales para la explotación, se pasará siempre por el cuadro Alfa.

El sistema de ventilación es por el método de aire forzado sobre el cuadro Alfa con escape por la rampa "Trackless". Se usará energía eléctrica de la línea de transmisión (de generación hidráulica de COMIBOL).

La cantidad necesaria de rajos para mantener 400 t de producción diaria será:

$400 \text{ t} \div 90 \text{ t/rajo} = 4.5 \text{ rajos}$

Para terminar un rajo se tardarán:

$7,310 \text{ t} \div 90 \text{ t/día} = 81 \text{ días.}$

En 81 días se efectúan por rajo 50 m de avance de corrida y 37.5 m de chimenea. Necesitándose 4.5 rajos, el avance de excavación será:

Corrida : $50 \text{ m/rajo} \times 4.5 \text{ rajo/81 días} = 2.8 \text{ m/día.}$

Chimenea: $37.5 \text{ m/rajo} \times 4.5 \text{ rajo/81 días} = 2.1 \text{ m/día}$

Con el siguiente volumen de producción por excavación:

Corrida : $2.2 \text{ m W} \times 2.5 \text{ m H} \times 2.8 \text{ m/día} \times 3 (\text{peso específico}) = 46$

t/día

Chimenea: $1.5 \text{ m} \times 1.5 \text{ m} \times 2.1 \text{ m/día} \times 3$ (peso específico) = 14 t/día

En total 60 t/día.

(a) Costos de explotación (en caso de 400 t/día)

(i) Costos de mano de obra:

$71 \text{ pers/día} \times 5 \text{ \$/pers} + 10 \text{ pers/día} \times 13 \text{ \$/pers} = 485 \text{ \$/día} \rightarrow 1.2 \text{ \$/t.}$

(ii) Costos de materiales

Importando de los países vecinos todos los materiales, el costo será de 3.0 \$/t.

(iii) Costos de combustibles y energía eléctrica

Cambiar el compresor diesel por el compresor eléctrico.

El consumo de energía eléctrica por día es de 4,600 kWh, y el costo de energía eléctrica por tonelada de mineral será de 0.4 \$ suponiendo 0.03 \$/kWh. ($4,600 \text{ kWh/día} \times 0.03 \text{ \$/kWh} \div 400 \text{ t/día} = 0.4 \text{ \$/t}$).

El consumo de combustible de 1 L.H.D. y 2 volquetes F-10, máquinas carruajes para transporte de minerales, será:

$(84 + 139 \times 2 \text{ unidades})^{\text{PS}} \times 0.25 \text{ \$/PS.h} \times 70\% \text{ (factor de carga)} \times 1.3$

(rectificación por altitud) $\times 10 \text{ h/día} = 820 \text{ \$/día.}$

Por lo tanto, el costo de combustible por tonelada será:

$820 \text{ \$/día} \times 0.43 \text{ \$/\$} \div 400 \text{ t/día} = 0.9 \text{ \$/t.}$

Como resultado de estos cálculos, el combustible y la energía eléctrica por 1 t de minerales costará \$1.3.

Cuadro 2-3-4 Costos de Explotación por Shrinkage
(en Caso de 400 t/día de Explotación)

Volumen de Explotación (t/Día)	Plazo de Explotación (Año)	Costo de Mano de Obra (\$/t)	Costo de Material (\$/t)	Costo de Combustible y Electricidad (\$/t)	Costo de Explotación (\$/t)	Costo Total (\$/10 Años)
400 (10,400 t/Mes)	10	1.2	3.0	1.3	5.5	6,864,000

(b) Costos de explotación (en caso de 800 t/día)

(i) Costos de mano de obra

$$119 \text{ pers/día} \times 5 \text{ \$/pers} + 14 \text{ pers/día} \times 13 \text{ \$/día} = 777 \text{ \$/día} \rightarrow 1.0 \text{ \$/t}$$

(obreros)

(ingenieros)

(ii) Costos de materiales

3.0 \$/t importando de los países vecinos todos los materiales.

(iii) Costos de combustible y energía eléctrica

- Energía eléctrica

$$8,430 \text{ kWh/día} \times 0.03 \text{ \$/kWh} \div 800 \text{ t/día} = 0.3 \text{ \$/t.}$$

- Combustible

El consumo de combustible de 2 L.H.D y 4 volquetes T-10, máquinas carruajes para transporte de minerales, será:

$$(84 \times 2 \text{ unidades} + 139 \times 4 \text{ unidades}) \text{ PS} \times 0.25 \text{ \$/PS.h} \times 70\% \text{ (factor de carga)} \times 1.3 \text{ (rectificación por altitud)} \times 9 \text{ h/día} = 1,480 \text{ \$/día.}$$

Y el costo de combustible por tonelada será:

$$1,480 \text{ \$/día} \times 0.43 \text{ \$/\$} \div 800 \text{ t/día} = 0.8 \text{ \$/t}$$

Como resultado de estos cálculos, el combustible y la energía eléctrica por 1 t de minerales costará 1.1 \$.

Cuadro 2-3-5 Costos de Explotación por Sharinkage
(En Caso de 800 t/día de Explotación)

Volumen Explotacion (t/Día)	Plazo (Año)	Costo de Mano de Obra (\$/t)	Costo de Materiales (\$/t)	Costo de Combustible, y Electricidad (\$/t)	Costo de Explotación (\$/t)	Costo Total (\$/5 Años)
800 (20,800 t/MES)	5	1.0	3.0	1.1	5.1	6,364,800

2.3.4 Obras Auxiliares

Para poder usar la galería de nivel 0 m como entrada y salida de las cajas, materiales y personas, es preciso efectuar arreglo de las partes derrumbadas de nivel 0 m, arreglo del piso de galería e instalación del equipo de descarga del carro fuera del cuadro. También es necesario construir 200 m de camino temporal cerca de la boca de la mina actual como transporte al sacar materiales y cajas.

Se darán 2 meses para hacer los pedidos de materiales y equipos y para la inspección de los mismos.

Las obras auxiliares constarán:

Mano de obra: (8 pers/día x 5 \$/pers + 2 pers/día x 13 \$/pers)

(obreros)

(supervisores)

x 26 días/mes x 2 = 3,432 \$.

Costo del camino temporal: 200 m x 40 \$/m = 8,000 \$

11,432 \$ en total.

2.3.5 Resumen de los Costos Directos de Obra

En los Cuadros 2-3-6 y 2-3-7 se indican los costos de obra dividiendo en 400 t/día y 800 t/día de producción.

Cuadro 2-3-6 Resumen de Costos de Obra (en Caso de 400 t/día)

Items	Programa (eficiencia de excavación)	Plazo de obra, más Supervisor (personas)	Plan de personal			Costos de excavación por metro y de explotación por toneladas				Costos de obra directa (sin incluir equipos) (\$)
			Obrero (personas)	Total (personas)	Costo de mano de obra (\$)	Costo de material (\$)	Costo de combustible (\$)	Total (\$)		
1. Desarrollo en primera fase (primer año)	(1) Preparación (obras auxiliares)	2mes	2	8	10	3.432\$		3.000\$		11.432
		1.5mes								104.000
(2) Instalación de máquina de extracción	(3) Extracción de agua y rehabilitación del cuadro Alfa (36.6 m)	1mes	5	33	38	177	86	380	643	23.524
		2mes	5	33	38	177	139	380	696	44.128
(4) Profundización del cuadro Alfa (33.4 m)	(5) Reconocimiento	2.7mes	6	42	48	50	55	107	212	84.800
		2.7mes	6	42	48	50	55	107	212	84.800
Cortida	N-40 200 m N-90 200 m	1.3mes	6	36	42	52	75	124	251	40.160
										(392.852)
Total										
2. Desarrollo en segunda fase (segundo año)	(1) Rampa "Trackless"	1mes	6	23	29	55	66	253	374	355.300
		4mes	4	46	50	1.55\$/t	3.8\$/t	3.55\$/t	8.8\$/t	176.000
(2) Chimenea 60 m x 2	(3) Preparación de explotación	1mes	6	23	29	39	48	177	264	31.880
		4mes	4	46	50	1.55\$/t	3.8\$/t	3.55\$/t	8.8\$/t	(562.980)
Total										
3. Explotación	Explotación por Shrinkage	10años	10	71	81	1.2\$/t	3.0\$/t	1.3\$/t	5.5\$/t	6.864.000
										(7.819.832)

Materiales para operación
 - Kerosén (para la maquinaria ligera de carruaje): Agua para perforación: 15 m³/día
 820 l/día = 680 kg/día, 0.82 de peso específico
 Explosivos (0.53 kg/t): 210 kg/día
 Otros materiales: 1 t/día

Costos de materiales - Importados de los países vecinos
 Costos de combustibles - Autoabastecimiento en energía eléctrica, kerosén y lubricante

Cuadro 2-3-7 Resumen de Costos de Obra (en Caso de 800 t/día)

Items	Programa (eficiencia de excavación)	Plazo de obra, mes	Plan de personal		Costos de excavación por metro y de explotación por tonelada				Precio de equipos	
			Supervisor (personas)	Obrero (personas)	Total (personas)	Costo de mano de obra (\$)	Costo de material (\$)	Costo de combustible (\$)		Costo de obra directa (sin incluir equipo) (\$)
1. Preparación en primera fase (primer año)	Zona	1.5mes	2	8	10	3.432\$	—	3.000\$	—	11.432
		1.5mes	—	—	—	—	—	—	—	145.800
(1) Preparación (obras auxiliares)										
(2) Instalación de máquinas de extracción										
(3) Extracción de agua y rehabilitación del cuadro A1a (30.0 m)	(1.3m 1.0mas /día)	1.0mes	5	33	38	177	86	380	943	23.584
(4) Profundización del cuadro A1a (30.0 m)	(1.3 m/día)	2.6mas	5	33	38	177	135	380	696	61.526
(5) Reconocimiento										
Recorrido de reconocimiento	(6.7 m/día)	2.7mes	6	50	56	38	55	107	200	120.000
Corrida	(6.7 m/día)	2.7mes	6	50	56	38	55	107	200	120.000
N=40 (30m x)										
N=120										
Chilense										
N=40 (30m x)	(7.5 m/día)	1.3mes	6	42	48	38	75	124	267	56.880
N=120										
Total										(538.972)
2. Desarrollo en segunda fase (segundo año) "facilise"	(2.5 m/día)	13mes	6	23	29	55	66	253	374	430.100
(1) "facilise"										
(2) Chilense, Excavación (80m x)	(7.5 m/día)	1.3mes	6	23	29	26	42	107	181	43.440
(3) Preparación de explotación (26.000t)		4mes	5	60	65	1.557	3.887	8.557	8.837	228.800
Total										(702.340)
3. Explotación	2años	5años	14	119	133	1.057	3.057	1.157	5.157	8.364.800
(1) Explotación por Shrinkage 800 t/día		10años	14	119	133	1.057	3.057	1.157	5.157	12.729.600
(2) Explotación por Shrinkage 800 t/día										
Total (5 años de explotación)	(Suponiendo aumento de reserva.)									[7.806.112]
Total (10 años de explotación)										[13.970.912]

Materiales para operación
 Kerosén (para la maquinaria ligera de carruaje): Agua para perforación: 20 m³/día
 1.480 t/día = 1.230 kg/día, 0.83 de peso específico
 Explosivos (0.53 kg/t): 420 kg/día
 Otros materiales: 2 t/día
 Costos de materiales - Importados de los países vecinos
 Costos de combustibles - Autoabastecimiento en energía eléctrica, kerosén y lubricante

2.3.6 Precio de Compra y Costo de Reparación de los Equipos y los

Maquinarias

Se presenta un cuadro del sumario de valores de compra de máquinas y equipos de los casos de 400 t/día y 800 t/día en orden en los Cuadros 2-3-8 y 2-3-9.

Cuadro 2-3-8 Valor de Compra y Costos de Mantenimiento del Equipo
(En Caso de 400 t/día de Producción)

	Valor de compra (\$)	Costo de transporte (20%) (\$)	Impuestos de importaciones (20%) (\$)	Total (\$)
Desarrollo en 1ra fase (Primer año)	767,000	153,000	153,000	1,073,000
Desarrollo en 2da fase (Segundo año)	485,000	97,000	97,000	679,000
Explotación (Primer año de operación)	609,000	122,000	122,000	853,000
Costos de mantenimiento:	$(1,073,000 + 679,000) \times 5 \text{ \%/año} \times 5 \text{ año} = 438,000$ $853,000 \times 4 \text{ \%/año} \times 5 \text{ año} = 171,000$ Total \$1,462,000 (292,000 \$/año)			
Explotación (Sexto año) *1	$(1,073,000 + 679,000 + 853,000) \times 40\% = 1,042,000$			
Costos de mantenimiento:	$(1,073,000 + 679,000 + 853,000) \times 5 \text{ \%/año} \times 5 \text{ año} = 651,000$ Total \$1,693,000 (339,000 \$/año)			
Gran Total	\$4,907,000			

*1 Explotación (6 - 10 años):
Apropiar el 40% de precio total del equipo hasta año anterior en el presupuesto para la inversión intermediaria sin considerar el precio subsistente.

**Cuadro 2-3-9 Valor de Compra y Costos de Mantenimiento del Equipo
(en Caso de 800 t/día de Producción)**

	Valor de compra (\$)	Costo de transporte (\$)	Impuestos de importaciones (20%) (\$)	Total (\$)
Desarrollo en 1ra fase (Primer año)	857,000	171,000	171,000	1,199,000
Desarrollo en 2da fase (Segundo año)	485,000	97,000	97,000	679,000
Explotación (Primer año de operación)	965,000	193,000	193,000	1,351,000
Costos de mantenimiento: $(1,199,000 + 679,000) \times 5\%/\text{año} \times 5 \text{ años} = 470,000$				
$1,351,000 \times 4\%/\text{año} \times 5 \text{ años} = 270,000$				
Total \$2,091,000 (418,000 \$/año)				
Precio subsistente* $(1,199,000 + 679,000 + 1,351,000) \times 20\% = -646,000$				
Gran Total				\$3,323,000

* Precio subsistente: Será 20% de precio total del equipo.

Cuadro 2-3-10 Distribución de Personal en la Perforación y Explotación

Ocupación	Profundización de cuadro (personas)	Desarrollo en la primera fase (personas)	Desarrollo en la segunda fase (personas)	Explotación (400 t/día) (personas)	Explotación (800 t/día) (personas)	
Obreros	Mínero	12	18	12	34	65
	Winchero	3	3	-	2	3
	Operador de jaula	3	3	-	2	3
	Personal de transporte	3	3	-	6	12
	Personal de explosivo	3	3	3	2	3
	Electricista y mecánico	3	3	3	4	5
	Muestreo	-	3	-	2	3
	Enmaderador canllanos y otros	-	-	-	11	12
	Peones	3	3	3	2	3
	Auxiliares	3	3	2	6	10
	Total de obreros	33	42	23	71	119
Técnico e ingeniero	Ing. de mina	1	1	1	4	4
	Geólogo	-	1	1	1	1
	Mensurista	1	1	1	1	1
	Técnico minero	3	3	3	4	8
	Total de técnicos e ingenieros	5	6	6	10	14
Gran total	38	48	29	81	133	

Cuadro 2-3-11 Costos de Materiales Principales en la Perforación y Explotación

Materiales principales		Volumen de uso en la excavación y explotación						Nota
Nombre	Especificación	Precio (\$/unidad)	Profundización del cuadro	Desarrollo en la primera fase	Desarrollo en la segunda fase	Explotación (88 t/día)		
			Por 1 disparo, 1.5 m	Por 1 disparo, 1.15 m	Por 1 disparo, 1.3 m	Por 1 disparo, 45 t		
Detonador eléctrico	D.S.D., Resistencia	0.68 c.u.	25 c.u.	22 c.u.	32 c.u.	50 c.u.	Costos de materiales al excavar.	
Dinamita (arcilla refractaria)		2.53 kg	18.9 kg	8.2 kg	14.4 kg	24.0 kg		
Barreras	38 mmφ	9.79 c.u.	0.42 c.u.	0.25 c.u.	0.48 c.u.	0.6 c.u.	Desarrollo en la primera fase:	
Varillas	22 mmφ x 1.7 m	13.88 c.u.	0.21 c.u.	0.13 c.u.	0.24 c.u.	0.3 c.u.	Costos de materiales en el reconocimiento y excavación de la galería.	
Marcos	15 x 15 cm	88.13 m ³	0.476 m ³	-	-	-		
Tablones	3.0 cmc	71.25 m ³	0.160 m ³	0.019 m ³	-	-		
Cañerías	2", 4" Turbo Poli	4.22 m	1.5 m	1.15 m	1.3 m	-	Desarrollo en la segunda fase:	
Conducto de aire	6400 mm. Galvanizador de cinc	3.94 m	1.5 m	1.15 m	1.3 m	-	Costos de materiales en la excavación de la rampa sin carrillera.	
Cables	CVC 3, Carazones 14 mm, CVC 2, Carazones 14 mm	1.01 m	1.5 m	-	-	-	Todos los materiales se importarán de los países vecinos.	
Marco con tres mienbras	15 cmφ x 2.4 m/c.u.	45.0 m ³	-	0.073 m ³	-	-		
Taco de disparo		0.01 c.u.	50 c.u.	44 c.u.	64 c.u.	100 c.u.		
Rieles	10 kg/m	2.62 m	12 m	2.3 m	-	-		
Durmientes	0.09 x 0.12 x 1.0 m/c.u.	75.0 m ³	-	0.022 m ³	-	-		
Conducto de aire	6600 mm Galvanizado de cinc	6.00 m	-	-	-	-		
Otros			1 juego	1 juego	1 juego	1 juego		
Costo de materiales por metro, por tenelada			139\$	55\$	66\$	3.0\$	3.0\$	

Cuadro 2-3-12 Resumen de Precio de Compra de de los Equipos Principales por la Perforación y Explotación

Equipos principales			Cantidad de uso en la perforación y explotación						Nota
Nombre	Especificación	Precio Mil (\$)	Peso (kg)	Profundización del cuadro	Desarrollo en la primera fase	Desarrollo en la segunda fase	Explotación (400 t/día)	Explotación (800 t/día)	
Máquina de extracción	1 juego	312,500	46,000	1 juego	1 juego	1 juego	1 juego	1 juego	La cantidad de uso de los equipos en la excavación del cuadro y reconocimiento es según el caso de 400 t/día de perforación.
Baldes de acero	0.6 m ³	3,750	200	1 unidad	-	-	-	-	
Perforadora Sinker TY-24	2.9 m ³ /min.	1,200	24	3 unidades	-	-	-	-	
Perforadora Leg TY-16	3.1 m ³ /min.	1,810	36	-	6 unidades	3 unidades	6 unidades	12 unidades	
Stoper TY-24	1.7 m ³ /min.	2,740	47	-	2 unidades	3 unidades	12 unidades	24 unidades	
Locomotoras de 2t (con cargador)	1 juego	51,250	300	1 unidad	1 unidad	1 unidad	1 unidad	1 unidad	
Locomotoras de 1t (con cargador)	1 juego	36,250	150	-	2 unidades	2 unidades	3 unidades	5 unidades	
Bomba sumergible	3.7 kW	1,030	310	-	3 unidades	4 unidades	5 unidades	8 unidades	
Bomba sumergible	22 kW, 6 mH x 1 m ³ /min.	5,410	620	2 unidades	-	2 unidades	-	-	
Turbo-bomba de 30 kW		6,490	500	2 unidades	2 unidades	2 unidades	2 unidades	2 unidades	
Compresor diesel	21 m ³ /min., 195 PS	50,000	3,000	1 unidad	2 unidades (incluido 1 repuesto)	2 unidades (incluido 1 repuesto)	-	-	
Generador diesel	140 kW, 210 PS	53,130	3,550	2 unidades (incluido 1 repuesto)	2 unidades (incluido 1 repuesto)	2 unidades (incluido 1 repuesto)	-	-	
Carro (tipo Granby)	0.6 m ³	1,230	350	5 unidades	10 unidades	20 unidades	30 unidades	-	
LHD 922	84 PS	158,130	9,500	-	-	1 unidad	2 unidades (incluido 1 repuesto)	2 unidades (incluido 1 repuesto)	
Volquete 980 T-10	139 PS	115,630	9,300	-	-	2 unidades	3 unidades (incluido 1 repuesto)	5 unidades (incluido 1 repuesto)	
Fala de tractor D315	68 PS	44,690	6,700	-	-	-	1 unidad	1 unidad	
Ventilador local	11 kW	3,830	30	1 unidad	2 unidades	5 unidades	8 unidades	15 unidades	
Compresor con motor eléctrico	75 kW, 11 m ³ /min	37,500	2,000	-	-	-	4 unidades	6 unidades	
Lámpara de cabeza		280	5	40 c.u.	50 c.u.	50 c.u.	90 c.u.	140 c.u.	
Cargadora 600B	6 m ³ /min	25,000	1,900	-	2 unidades	2 unidades	3 unidades	6 unidades	
Instrumentos de mensura	1 juego	3,130	40	1 juego	1 juego	1 juego	1 juego	1 juego	
Martillo de pico	1.2 m ³ /min	190	8	3 unidades	3 unidades	5 unidades	10 unidades	20 unidades	
Bomba de agua	3.7 kW	1,190	300	1 unidad	1 unidad	1 unidad	1 unidad	1 unidad	
Otros	1 juego			1 juego	1 juego	1 juego	1 juego	1 juego	
Precio de compra de los equipos (mil dolares)				579,060\$	767,250\$	1,251,810\$	1,691,810\$	2,307,250\$	
Peso de los equipos				61 t	71 t	110 t	161 t	178 t	