



**UNIVERSIDAD DE CHILE  
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS  
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA INDUSTRIAL**

# **EVALUACIÓN ECONÓMICA DEL PROYECTO MINERO SAN ANTONIO ÓXIDOS**

**MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL  
INDUSTRIAL**

**ALONSO DIEGO RIVERA ACUÑA**

**PROFESOR GUÍA**

**GERARDO DÍAZ RODENAS**

**MIEMBROS DE LA COMISIÓN**

**ERIKA GUERRA ESCOBAR**

**JUAN CARLOS BARROS MONGE**

**SANTIAGO DE CHILE**

**SEPTIEMBRE 2011**

## **“EVALUACIÓN ECONÓMICA PROYECTO MINERO SAN ANTONIO ÓXIDOS”**

El objetivo general de la presente memoria es la evaluación económica, a nivel de pre-factibilidad, del proyecto minero San Antonio Óxidos perteneciente a la División Salvador de Codelco. El que consiste en la elaboración de cátodos de cobre a partir de minerales oxidados presentes en la Mina Vieja de Potrerillos.

Este yacimiento cuenta con reservas de 172,740 kt de cobre con una ley de 0,52% y una tasa de recuperación de 62,5%, las que serán extraídas durante 23 años a un ritmo de 30 kt anuales a partir del año 2015. Se considera adicionalmente el aporte desde la Fundición y Refinería de Potrerillos de polvo de fundición, de ácido tipo C y de electrolito de descarte ricos en cobre.

Para ello, se estimó la inversión del proyecto, sus ingresos y sus costos de operación empleando como base la información provista por la empresa, la que consistía en los estudios de ingeniería conceptual de la mina y de la planta de procesamiento, el estudio de pre-factibilidad del proyecto año 2009 y los estudios de orientación comercial de la empresa.

La operación de la mina considera 3 alternativas: la operación propia y mantención de equipos propia (OPMP), la operación propia y la mantención de equipos por terceros mediante convenio MARC (OPMT) y la externalización de la operación de la mina mediante el convenio Servicio Integral por Terceros (SIT).

El VAN del proyecto para cada una de dichas alternativas es de 142,5 MUS\$, 175,7 MUS\$ y 187,7 MUS\$ con inversiones totales de 401,6 MUS\$, 401,6 MUS\$ y 314,9 MUS\$ y con un cash cost de 1,35 US\$/lb, 1,25 US\$/lb y 1,28 US\$/lb respectivamente.

Por otra parte se generaron 2 escenarios adicionales para evaluar la alternativa OPMT, uno optimista y uno pesimista. Los resultados de la evaluación económica del proyecto en estos escenarios son un VAN de 716,5 MUS\$ y de -420,6 MUS\$ y un cash cost de 0,80 US\$/lb y de 2,78 US\$/lb respectivamente. El escenario optimista cuenta con una TIR de 34,9%.

El contexto del proyecto, los aspectos estratégicos de este, junto a una evaluación económica positiva fundamentan la recomendación de llevar a cabo el proyecto. Dada la estrategia de explotación de la DSAL se desarrollará la modalidad OPMT.

El siguiente paso en el desarrollo del proyecto es la etapa de factibilidad.

# CONTENIDOS

CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN .....	12
1.1. ANTECEDENTES GENERALES .....	12
1.2. OBJETIVOS .....	14
1.3. MARCO CONCEPTUAL.....	15
1.4. METODOLOGÍA.....	16
1.5. ALCANCE .....	17
CAPÍTULO 2: ASPECTOS TECNOLOGICOS.....	18
2.1. GEOLOGIA .....	20
2.2. MINERIA .....	20
2.3. PROCESO .....	21
2.4. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO.....	21
2.5. CONSUMOS UNITARIOS.....	27
2.6. PLAN MINERO OPERATIVIZADO.....	28
CAPÍTULO 3: ASPECTOS REGULATORIOS .....	30
3.1. LEGISLACIÓN MINERA.....	30
3.2. LEGISLACIÓN AMBIENTAL .....	31
3.3. LEGISLACIÓN TRIBUTARIA .....	32
3.4. OTRA LEGISLACIÓN APLICABLE .....	33
3.5. POSIBLES CAMBIOS EN LA REGULACIÓN .....	34
CAPÍTULO 4: RECURSOS HUMANOS.....	35
4.1. ORGANIGRAMA .....	35
4.2. DOTACIÓN .....	36
4.3. COSTO DE LA MANO DE OBRA.....	38
CAPÍTULO 5: ESTIMACIÓN DE LA INVERSIÓN .....	40
5.1. MÉTODO DE ESTIMACIÓN .....	40
5.2. BASE DE LA ESTIMACIÓN .....	41
5.3. INVERSIÓN MINA.....	41
5.4. INVERSIÓN PROCESO.....	44
5.5. OTRAS INVERSIONES.....	45
5.6. PLAN DE CIERRE PRELIMINAR.....	45
5.7. RESUMEN INVERSIÓN.....	46
5.1. ANALISIS DE LOS RESULTADOS .....	46

CAPÍTULO 6: ESTIMACIÓN DE LOS COSTOS.....	48
6.1. METODO DE ESTIMACION .....	48
6.2. BASE DE LA ESTIMACION .....	48
6.3. COSTOS DE OPERACIÓN MINA.....	49
6.4. COSTOS DE OPERACIÓN PROCESO.....	50
6.5. COSTOS DE ADMINISTRACIÓN Y PLANIFICACIÓN.....	52
6.6. COSTOS DE COMERCIALIZACIÓN.....	52
6.7. RESUMEN COSTOS DE OPERACIÓN.....	53
6.8. ANALISIS DE LOS RESULTADOS .....	53
CAPÍTULO 7: EVALUACIÓN ECONÓMICA.....	57
7.1. METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN.....	57
7.2. MODELO DE EVALUACIÓN.....	57
7.3. SUPUESTOS .....	57
7.4. EVALUACIÓN ECONÓMICA .....	58
7.5. ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD.....	58
7.6. ESCENARIOS.....	61
CAPÍTULO 8: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	64
REFERENCIAS.....	67
ANEXOS .....	70

# ANEXOS

ANEXO A: RESUMEN GEOLOGÍA.....	71
ANEXO B: RESUMEN MINERÍA.....	90
ANEXO C: RESUMEN PROCESO .....	111
ANEXO D: DIMENSIONAMIENTO PLANTA.....	123
ANEXO E: INVERSIÓN JRI .....	132
ANEXO F: INVERSIÓN DIRECTA MINA .....	135
ANEXO G: INVERSIÓN PLANTA DE PROCESAMIENTO .....	138
ANEXO H: RESUMEN INVERSIÓN.....	140
ANEXO I: RESUMEN COSTOS DE OPERACIÓN .....	143
ANEXO J: FLUJOS DE CAJA .....	150
ANEXO K: DISTRIBUCIÓN PRECIO CU.....	154

# FIGURAS

Figura 1.1: Evolución del precio del cobre .....	13
Figura 1.2: Ubicación del Proyecto San Antonio .....	14
Figura 2.1: Área seca .....	22
Figura 2.2: Área húmeda – Lixiviación .....	23
Figura 2.3: Área húmeda – Extracción por solventes .....	24
Figura 2.4: Área húmeda – Electro-Obtención .....	25
Figura 2.5: Procesamiento de polvo de fundición.....	26
Figura 4.1: Estructura Organizacional .....	35
Figura 6.1: Costos de operación del Proyecto (miles de US\$) .....	53
Figura 6.2: Distribución del OPEX mina .....	54
Figura 6.3: Distribución promedio OPEX Planta de procesamiento .....	55

# TABLAS

Tabla 2.1: Información de la disciplina geología.....	18
Tabla 2.2: Información de la disciplina minería .....	19
Tabla 2.3: Información de la disciplina Proceso .....	19
Tabla 2.4: Pertenencias mineras Proyecto San Antonio .....	20
Tabla 2.5: Resumen Reservas Certificadas .....	21
Tabla 2.6: Aportes FuRe .....	26
Tabla 2.7: Consumos unitarios - Proceso .....	27
Tabla 2.8: Consumo de Energía (MWh).....	27
Tabla 2.9: Consumo de Potencia (MW/h) .....	28
Tabla 2.10: Plan Minero Operativizado .....	29
Tabla 3.1: Tasa Impuesto Específico (VEQ <= 50.000 tmf) .....	32
Tabla 4.1: Resumen dotación - Proceso .....	36
Tabla 4.2: Resumen del personal de administración y planificación (2016).....	37
Tabla 4.3: Resumen del personal externo - Proceso .....	37
Tabla 4.4: Costo unitario mano de obra – Mina.....	38
Tabla 4.5: Costo unitario mano de obra - Proceso .....	39
Tabla 4.6: Costo unitario servicios de terceros - Proceso .....	39
Tabla 5.1: Precio de equipos y repuestos - Mina .....	42
Tabla 5.2: Plan de adquisición equipos - Mina .....	43
Tabla 5.3: Inversión equipos - Proceso .....	44
Tabla 5.4: Inversión instalaciones e infraestructura - Proceso .....	45
Tabla 5.5: Inversiones proyectadas 2010 - 2011.....	45
Tabla 5.6: Resumen Inversión.....	46

Tabla 5.7: Inversión por tonelada promedio de Cu.....	47
Tabla 6.1: Resumen consumo de combustibles mina .....	49
Tabla 6.2: Costo unitario - Otros insumos .....	51
Tabla 6.3: Costo unitario – Materiales de mantención .....	52
Tabla 6.4: Costos unitario de comercialización .....	53
Tabla 6.5: Cash Cost de Proyecto.....	53
Tabla 6.6: Distribución del Cash Cost de Proyecto .....	55
Tabla 7.1: Resultados evaluación económica .....	58
Tabla 7.2: Resultados evaluación económica con aportes FuRE .....	58
Tabla 7.3: VAN - WACC vs Precio Cu – OPMP (MUS\$).....	59
Tabla 7.4: VAN - WACC vs Precio Cu – OPMT (MUS\$).....	59
Tabla 7.5: VAN - WACC vs Precio Cu – SIT (MUS\$).....	59
Tabla 7.6: VAN - Ley de Cu vs Precio Cu – OPMT (MUS\$).....	60
Tabla 7.7: VAN - Recuperación de Cu vs Precio Cu – OPMT (MUS\$) .....	60
Tabla 7.8: VAN – Precio H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> vs Precio Cu – OPMT (MUS\$).....	61
Tabla 7.9: VAN – Precio Energía vs Precio Cu – OPMT (MUS\$).....	61
Tabla 7.10: Escenarios.....	62



# GLOSARIO

ACMC	Andes Copper Mining Company: Empresa que explotó el mineral de Potrerillos hasta su cierre en 1959
CASH COST	Costo de producción del proyecto. Este costo sólo considera desembolsos que corresponden a flujos de caja por lo que no incorpora inversiones, depreciación ni amortización de activos intangibles.
CAPEX	Capital Expenditure. Inversión.
CIF	Cost, Insurance and Freight: Este término INCOTERM indica que el vendedor se hace cargo de los costos necesarios para que la mercancía llegue a su destino.
COCHILCO	Corporación Chilena del Cobre. Organismo gubernamental chileno que presta apoyo los productores de cobre chilenos.
CODELCO	Corporación Nacional del Cobre. Empresa minera estatal de Chile enfocada en la producción de cobre.
Cu	Cobre
CuS	Cobre Soluble
CuT	Cobre Total
DIA	Declaración de Impacto Ambiental: Versión simplificada del EIA reservada a proyectos cuyo daño ambiental se considere reducido.
DSAL	División Salvador: División de Codelco que cuenta con operaciones en la 3era región.

EIA	Estudio de Impacto Ambiental: Proceso del SEIA que busca determinar el grado de daño ambiental que genera un proyecto y su grado de cumplimiento de la normativa vigente.
FOB	Free on Board: Este término INCOTERM indica que el vendedor entrega la mercancía a bordo del medio de transporte. El comprador es responsable de los costos de transporte y de los seguros.
kt	kilotonelada: De acuerdo al Sistema Internacional, corresponde a 1.000 toneladas
ktha	kilotoneladas húmedas por año: Cantidad de kilotoneladas húmedas o alta humedad removidas por año.
ktpa	kilotonelada por año: Cantidad de kilotoneladas por año.
ktsa	kilotoneladas seca por año: Cantidad de kilotoneladas secas o muy baja humedad removidas por año.
LME	London's Metal Exchange. Bolsa de metales de Londres. Principal mercado de cobre del mundo.
Mineral	Material proveniente de la mina que contiene cobre con una ley superior a la ley de corte. Las pilas de lixiviación están compuestas de este material.
MOP	Ministerio de Obras Públicas de Chile
MTT	Ministerio de Transportes de Chile
OPEX	Operating expense. Costo de operación.
PSAO	Proyecto San Antonio Óxidos
PSA	Proyecto San Antonio

ROM	Run-of-Mine: Mineral directamente extraído desde el yacimiento. No incorpora costos de fletes, procesamiento ni seguros.
SEA	Servicio de Evaluación Ambiental: Organismo gubernamental chileno que regula los proyectos mineros y no mineros que estén sujetos a la una evaluación de impacto ambiental de acuerdo a la legislación chilena.
SEIA	Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental: Sistema a través del cual se solicita autorización para llevar a cabo un proyecto que sea susceptible de realizar daños ambientales de acuerdo a la legislación chilena.
SERNAGEOMIN	Servicio Nacional de Geología y Minería. Organismo gubernamental chileno que presta apoyo técnico y fiscaliza las faenas mineras de Chile.
SII	Servicio de Impuestos Internos: Organismo gubernamental chileno encargado de recabar información relativa a la tributación de las personas y empresas para transmitirla a la Tesorería General de la República para el cobre (o devolución) de impuestos.
t	tonelada, mil kilogramo
tmf	Toneladas Métricas de Fino: término empleado para indicar 1.000 kilogramos de cobre fino.
VEAM	Vicepresidencia de Exploraciones y Asociaciones Mineras de Codelco.

# **CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN**

## **1.1. ANTECEDENTES GENERALES**

Desde la era precolombina, la minería ha sido un importante elemento en historia de Chile. Con exportaciones que ascendieron a US\$ 30.461 MM el año 2009, esta actividad económica es una de las principales del país aportando el 15,5% del producto interno bruto (PIB) y con una creación de empleos directos e indirectos de alrededor del 7% del empleo total nacional (Fuente: Banco Central de Chile).

### **1.1.1. DESCRIPCIÓN DEL SECTOR**

Chile es el principal productor mundial de cobre con una participación de mercado de 35,6% para el cobre de mina y 16,3% para el cobre refinado, siendo los competidores más cercanos EE.UU., China, Rusia, Perú y Polonia.

Representando un 13,6% del PIB, la minería del cobre es la principal actividad minera del país. La producción se concentra en las regiones I, II, III. Ubicándose esta última en tercer lugar con una producción de 428.927 tmf, después de la II Región de Antofagasta (2.940.184 tmf) y de la I Región de Tarapacá (730.739 tmf). La gran minería del cobre responsable del 93,9% de la producción cuprífera nacional.

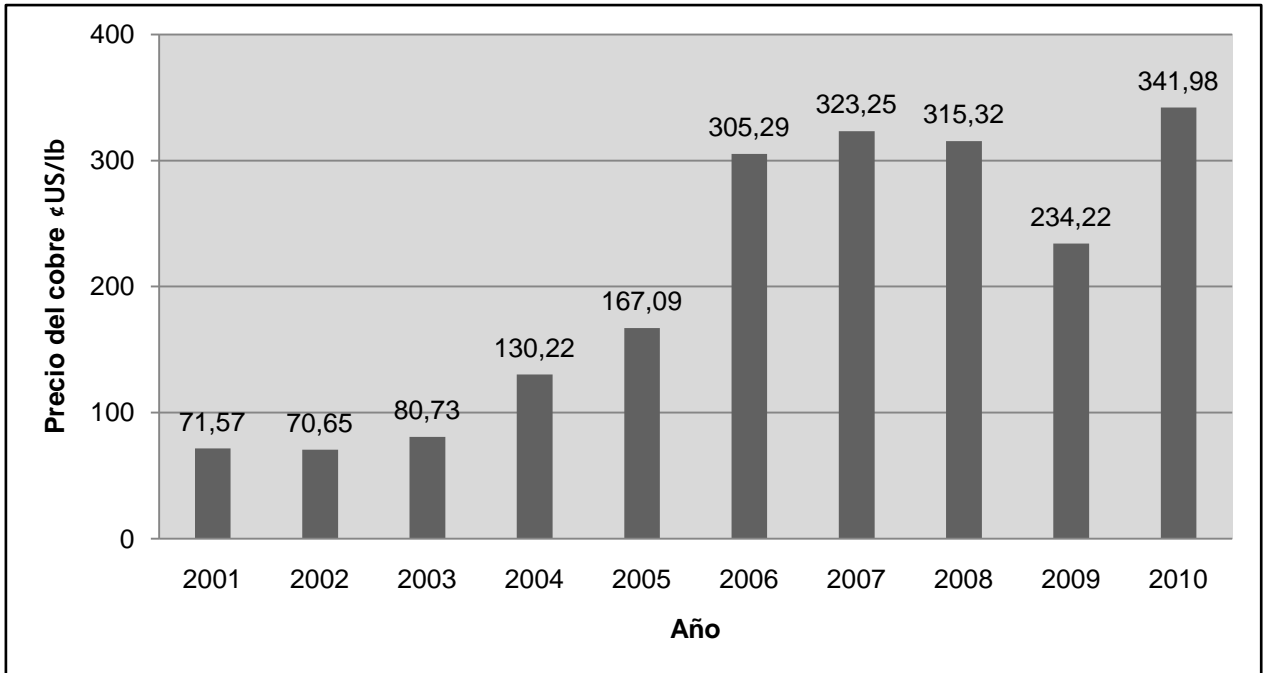
En la última década, el precio del cobre ha experimentado un alza significativa desde 71,57 ¢US/lb (año 2001) hasta superar los 341,98 ¢US/lb (año 2010). Esto, combinado a adelantos tecnológicos y una tendencia a la baja en la ley de los minerales de cobre, ha permitido que yacimientos antes considerados económicamente poco atractivos por su baja ley de cobre sean considerados hoy atractivos.

### **1.1.2. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA**

La Corporación Nacional del Cobre de Chile es una empresa autónoma de propiedad del Estado de Chile que fue fundada en el año 1976 como parte del programa de nacionalización del cobre lanzado en 1971.

Codelco es el principal productor de cobre a nivel mundial (11%) con una producción de 1,78 millones de toneladas. Adicionalmente, posee alrededor de 20% de las reservas mundiales de dicho metal. Los principales destinos de sus productos son Asia (61%), Europa (18%), Sudamérica (11%) y Norteamérica (10%). En Chile, entre sus principales competidores se encuentran FreeportMcMoran, BHP Billiton, Anglo American y Xstrata.

Figura 1.1: Evolución del precio del cobre



Fuente: Cochilco

### 1.1.3. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

Pertenciente a la División Salvador de Codelco Norte, el proyecto San Antonio Óxidos (PSAO) se orienta a producir cátodos de cobre a partir de óxidos de cobre remanentes en la Mina Vieja de Potrerillos ubicada a 8 km en línea recta al Sur Este de la fundición de Potrerillos. Esta mina paralizó sus operaciones en 1959 dado que la baja ley de cobre de sus reservas hacía su explotación poco atractiva desde el punto de vista económico.

Sin embargo, dado el alto precio del metal rojo y la tendencia a la baja en las leyes de los minerales, este yacimiento ha visto mejorado su atractivo económico.

De acuerdo al estudio de minería y de reservas mineras, el yacimiento cuenta con reservas mineras declaradas de 172.740 kt de mineral, de las cuales se espera obtener, durante 23 años de operación, 567,8 kt de cobre fino. El estudio de perfil indica que el ritmo de producción óptimo para ello corresponde a 30 kt de Cu anuales.

Los estudios del proyecto actual fueron iniciados el año 2007 y la inversión realizada en su estudio asciende a US\$ 10 MM. Este esfuerzo consiste en la realización de sondajes en el yacimiento y los alrededores (A la fecha se cuenta con más de 80.000 metros de sondaje relacionados con el proyecto), estudios realizados por la empresa, consultoras externas y auditorías.

Figura 1.2: Ubicación del Proyecto San Antonio



Fuente: Codelco

## 1.2. OBJETIVOS

### 1.2.1. OBJETIVOS GENERALES

- Evaluar la factibilidad económica del proyecto San Antonio Óxidos.

### 1.2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Estimar la inversión del proyecto.
- Estimar los costos de operación del proyecto.
- Realizar un análisis de sensibilidad con respecto a las siguientes variables:
  - Ley de cobre promedio
  - Recuperación de cobre
  - Tasa de descuento
  - Precio del cobre
  - Precio del ácido sulfúrico

### 1.3. MARCO CONCEPTUAL

La minería es una actividad esencial en la economía Chilena. Aportando la gran minería del cobre sumas considerables a las arcas del fisco por conceptos de impuesto a la renta y por un impuesto específico. El año 2010, dicho impuesto fue modificado al alza mediante la promulgación de la ley 20.469. Adicionalmente, el Estado chileno posee el principal productor de cobre de Chile y del Mundo, la Corporación Nacional de Cobre Chileno.

En Chile, dicha actividad se encuentra regulada por el Código de Minería, sin perjuicio de estar sujeta a las demás leyes del país como las laborales, ambientales y tributarias.

Participan además un conjunto de instituciones gubernamentales entre las que destacan el Ministerio de Minería, el Servicio Nacional de Geología y Minas, la Empresa Nacional de Minería que tiene como foco el fomento de la pequeña y mediana minería.

Entre los participantes en la industria minera, además de proveedores, participan pirquineros, pequeñas y medianas empresas, Junior Mining Companies listadas principalmente en las bolsas TSX-V y ASX, y grandes trasnacionales como Kinross, Xstrata y Codelco.

- En el estudio de perfil se identificó el proceso de lixiviación como el adecuado para el procesamiento de los minerales óxidos del proyecto. Este proceso cuenta con 3 etapas, las que son descritas a continuación:
- Lixiviación en pilas o Heap Leach (HL): En esta etapa, el mineral es dispuesto en pilas de 342m por 1102 m con 3 metros de altura sobre una superficie impermeable, luego de lo cual se trata con una solución ácida (La que puede ser calentada para mejorar la eficiencia del proceso) durante un periodo de 64 días. Esta solución ácida se recupera y es enviada a la siguiente etapa del proceso.
- Extracción por solventes o Solvent Extraction (SX): La solución proveniente de la etapa anterior es tratada con solventes para formar una nueva solución que es enviada a la siguiente etapa del proceso.
- Electro-obtención o Electro Winning (EW): La solución proveniente del proceso SX es sometida al paso de corriente eléctrica. En la solución, se inserta una delgada lámina de metal (generalmente cobre) la que capta los iones  $\text{Cu}^{2+}$  y forma cátodos de cobre (Cu) con una pureza de 99,99%.

En cada una de dichas etapas los residuos son re-circulados para reducir las pérdidas y mejorar la eficiencia del proceso.

El proyecto cuenta con diversas dificultades. Una de ellas es que el sitio cuenta una topografía abrupta, lo que implica dificultades no sólo en el modelo geológico que se extienden al modelo de minería y al de procesamiento de los minerales sino que también en la localización de las pilas de mineral en proceso de lixiviación.

Por otra parte, el alto precio del ácido sulfúrico, uno de los principales insumos para el procesamiento de los minerales, implica altos costos para el proceso y su escasa disponibilidad añade restricciones a la cartera de proyectos de la empresa, la que debe definir el uso más rentable para su inventario de ácido sulfúrico.

## 1.4. METODOLOGÍA

El proyecto se evaluará según una metodología de evaluación de inversiones privadas. Esta metodología consta de la identificación de ingresos, costos e inversiones así como su proyección para generar flujos de caja los que serán descontados para obtener el Valor Actual Neto (VAN) del proyecto al momento de la evaluación. Para ello, se analizarán en detalles los siguientes aspectos:

- **Estudio de mercado:** El estudio de mercado es la base para estimar los ingresos e incluirá un estudio de la oferta y demanda, así como los precios de comercialización. Dadas las características de las transacciones, se pondrá énfasis en el análisis de los riesgos que presentan la alta volatilidad de los precios de los commodities.
- **Aspectos tecnológicos:** Este análisis incorpora equipos, materias primas y procesos que permiten determinar los costos del proceso. Dada la complejidad de la minería del cobre en general y del yacimiento en particular, este elemento será estudiado en detalle. En particular, se analizará en detalle los aspectos de la geología, de la minería y del proceso.
- **Tamaño y localización:** Dadas las características topográficas de la zona y los altos costos de transporte para grandes volúmenes de mineral, este elemento puede ser decisivo al momento de la evaluación económica.
- **Aspectos administrativos:** Con ello, se espera determinar algunas componentes de costo fijo y la organización de los recursos humanos, físicos y financieros. Este elemento contiene riesgos no cuantificables significativos además de importantes requisitos legales.
- **Aspectos legales:** Permite conocer las restricciones de ese tipo que limitan al proyecto (tributación, permisos, contaminación ambiental, etc.). Dado los recientes cambios en la legislación, se dará especial énfasis a los aspectos tributarios y ambientales.
- **Aspectos financieros:** Se buscará identificar indicadores financieros de proyectos similares y se estimará el valor actual neto (VAN) de proyecto descontando sus flujos de caja. Posteriormente se evaluará el impacto en este a través de un análisis de sensibilidad con respecto a las principales variables.

Se desarrollará la memoria en la fase de pre-factibilidad. En ella se profundizará el estudio de las alternativas identificadas en estudios anteriores.

Finalmente, se efectuarán conclusiones y recomendaciones acerca del proyecto, además de indicar dudas y/o riesgos del proyecto que pudiesen ser detectadas en el desarrollo de la presente memoria.



## **1.5. ALCANCE**

El alcance de la memoria, sólo incluye la evaluación económica del estudio de pre-factibilidad del proyecto San Antonio Óxidos, él que consiste en la explotación de lixiviados y óxidos en el sector de la Mina Vieja de Potrerillos.

Este estudio está compuesto de diversos elementos, los que dada su especificidad técnica, escapan a la formación propia de un Ingeniero Civil Industrial. No obstante, se espera que el alumno tenga claridad sobre los conceptos y elementos que componen el estudio con el fin de identificar amenazas u oportunidades. Estos elementos serán provistos por la empresa.

Uno de los beneficios con que cuenta el proyecto es la posterior posibilidad de llevar una fase de explotación de sulfuros. Actualmente se está realizando el estudio de perfil de dicho proyecto, por lo que este no forma parte de la memoria del alumno.

La labor del alumno no considera el estudio de factibilidad del proyecto en cuestión, ni ningún estudio posterior ni re-estudio, como tampoco ninguna actividad de desarrollo ni de gestión del proyecto.

## CAPÍTULO 2: ASPECTOS TECNOLÓGICOS

Los aspectos tecnológicos del proyecto se dividen en las disciplinas geología, minería y metalurgia (en adelante Proceso). Los elementos que forman parte de estas disciplinas son esenciales en el desarrollo de la presente memoria, por lo que fue necesario analizar toda la documentación provista por la empresa. Un resumen de esta se encuentra en los siguientes anexos respectivamente:

- ANEXO A: RESUMEN GEOLOGÍA
- ANEXO B: RESUMEN MINERÍA.
- ANEXO C: RESUMEN PROCESO

A continuación se presenta un recuento de la información contenida en dichos anexos:

Tabla 2.1: Información de la disciplina geología

INFORMACIÓN	RELEVANCIA
Ubicación	Permite identificar necesidades relativas a la situación legal del proyecto, logística de transporte, condiciones climáticas, etc.
Propiedad minera	Identifica la situación de la propiedad del yacimiento.
Propiedad superficial	Identifica la situación de la propiedad y de las servidumbres de los terrenos superficiales relevantes.
Geología regional	Permite realizar un análisis tipo de oportunidades y amenaza con respecto a las características del yacimiento.
Historial	Permite establecer un contexto histórico del yacimiento.
Sondajes	Permite realizar un seguimiento la inversión ya realizada y de la precisión de la información con la que se cuenta.
Base de datos geológica	Permite conocer las condiciones de almacenamiento de la información geológica.
Geología del yacimiento	Permite identificar las distintas litologías y estructuras del yacimiento, y es la base de la estimación de recursos minerales.
Estimación de recursos minerales	Permite generar el modelo de estimación de reservas mineras.
Caracterización del mineral	Permite identificar el proceso adecuado para la producción del cobre e identifica riesgos asociados al mineral.

Fuente: Elaboración propia

La disciplina geología establece las condiciones existentes, mientras que la disciplina minería analiza la mejor forma de explotar dichas condiciones.

Tabla 2.2: Información de la disciplina minería

INFORMACIÓN	RELEVANCIA
Reservas mineras	Indica la producción total de cobre del yacimiento y permite establecer el periodo de operación.
Dilución y recuperación	Permite relacionar la producción de cobre con el de mineral extraído de la mina.
Ley de corte	Define proporción mínima de cobre sobre mineral. Esta oscila entre 0,20% (año 2036) y 0,42% (año 2033).
Geotecnia	Estudia condiciones de estabilidad de la mina, permite identificar inversiones adicionales, así como el tipo de vehículos que transita por las rampas. Es un elemento importante al momento de diseñar el plan de inversiones,
Hidrogeología	Identificar situación hidrogeológica de la mina y define la necesidad de adquirir bombas de agua o realizar labores de drenaje. Adicionalmente es relevante para identificar potenciales riesgos ambientales del proyecto.
Diseño de la mina	Diseño de la mina, define el perfil de distancia que deberá ser recorrido por los camiones mineros, los movimientos de materiales por año, la producción del yacimiento y la dotación requerida.
Operaciones de la mina	Describe las operaciones de la mina y permite identificar inversiones, costos y riesgos.

Fuente: Elaboración propia

La disciplina metalurgia identifica y describe el proceso necesario para la obtención de cátodos de cobre de alta pureza a partir de los minerales óxidos de cobre extraídos desde la mina.

Tabla 2.3: Información de la disciplina Proceso

INFORMACIÓN	RELEVANCIA
Introducción	Identifica la tecnología adecuada para el procesamiento de los minerales.
Operaciones del proceso	Describe las operaciones unitarias del proceso así como la dotación necesaria para desarrollarlas.
Consumos unitarios	Identifica el consumo unitario de los insumos necesarios para el proceso.
Plan minero operativizado	Lleva el plan minero generado por la disciplina minería a un plan que permite, junto a los consumos unitarios calcular el consumo total de insumos del proceso

Fuente: Elaboración propia

## 2.1. GEOLOGIA

Los principales elementos de la geología son la información sobre las pertenencias mineras, las servidumbres de terrenos, las pertenencias colindantes y el historial de sondajes del proyecto.

Las pertenencias mineras relevantes se describen a continuación:

Tabla 2.4: Pertenencias mineras Proyecto San Antonio

CONCESIÓN	TITULAR	SITUACIÓN	AÑO DE INSCRIPCIÓN
Grupo de Cobre 1 al 82	CODELCO CHILE DIV SALVADOR	CONSTITUIDA	1951
Coya II 1 al 318	CODELCO CHILE DIV SALVADOR	CONSTITUIDA	1982
Hundimiento 1 al 813"	CODELCO CHILE DIV SALVADOR	CONSTITUIDA	1978
San Antonio 1 al 4	CODELCO CHILE DIV SALVADOR	CONSTITUIDA	1988
San Antonio II	CODELCO CHILE DIV SALVADOR	CONSTITUIDA	2000

Fuente: Elaboración propia

Codelco estableció servidumbres sobre los terrenos necesarios para la explotación del mineral. Dichos terrenos son propiedad del Estado Chileno y no presentan usos alternativos.

Con relación a las pertenencias colindantes, las pertenencias anteriormente mencionadas limitan con:

- Concesiones de Exploración, cuyo titular es Minera Meridian Limitada, al Norte.
- Concesiones de Explotación, cuyo titular es Agua de la Falda S.A., al Este, Sur y Oeste. Agua de la Falda (Empresa constituida en 1996) es un Joint Venture entre Codelco y Homestake. Actualmente su propiedad se divide entre Codelco (43,28%) y Minera Meridian Limitada (56,72%).

Finalmente, el historial de sondajes se remonta hasta el año 1913 y cuenta con 170.006 metros perforados en 1.088 sondajes realizados principalmente con métodos de Aire Reverso Diamantina y Percusión.

## 2.2. MINERIA

El principal elemento de la disciplina minería corresponde a las reservas certificadas, con ello se puede definir la vida útil del proyecto (23 años) y su ritmo de producción (30 ktpa). Estas se encuentran descritas a continuación:

Tabla 2.5: Resumen Reservas Certificadas

	Valor	%
Tonelaje Total a Planta - kt	<b>172,740</b>	
% CuT	<b>0.52%</b>	
Reservas Probadas – kt	34,691	26%
Reservas Probables – kt	48,757	36%
Reservas Posibles – kt	52,299	39%
Total Reservas – kt	<b>135,746</b>	<b>100%</b>

Fuente: DSAL

La mina fue diseñada empleando paquetes computacionales. Estos definieron como óptimo una ley de corte variable, situada alrededor de 0,30% con un mínimo y un máximo de 0,20% y 0,42% respectivamente.

Las operaciones de la mina corresponden a la extracción del mineral (perforación, y tronadura) y su transporte (carguío y transporte) hasta la planta de procesamiento, así como actividades de apoyo.

## 2.3. PROCESO

Se optó, en el estudio de perfil por procesar los minerales empleando técnicas hidrometalúrgicas comúnmente empleadas en la industria minera. El proceso seleccionado es viable debido a la presencia de óxidos de cobre.

Las operaciones del proceso se encuentran separadas en un área seca ubicada en la Mina Vieja de Potrerillos y un área húmeda ubicada en el antiguo campamento a un 1 km de la fundición. El área seca que incorpora las etapas de chancado y de transporte de minerales y el área húmeda que incorpora las de lixiviación en pilas, extracción por

Adicionalmente, se planea calentar la solución a una temperatura de entre 45°C y 50°C en la fundición y refinería de Potrerillos, y el uso de cubiertas de plástico sobre las pilas de lixiviación para reducir la evaporación y mantener la temperatura. Mediante esto se espera mejorar la recuperación de cobre en un 7,6%.

## 2.4. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

Dado que las operaciones de la mina son lineales, no se realizó una descripción de estas. Sin embargo, dada la complejidad de las operaciones de la planta de procesamiento de minerales, se optó por describir estas en detalles.

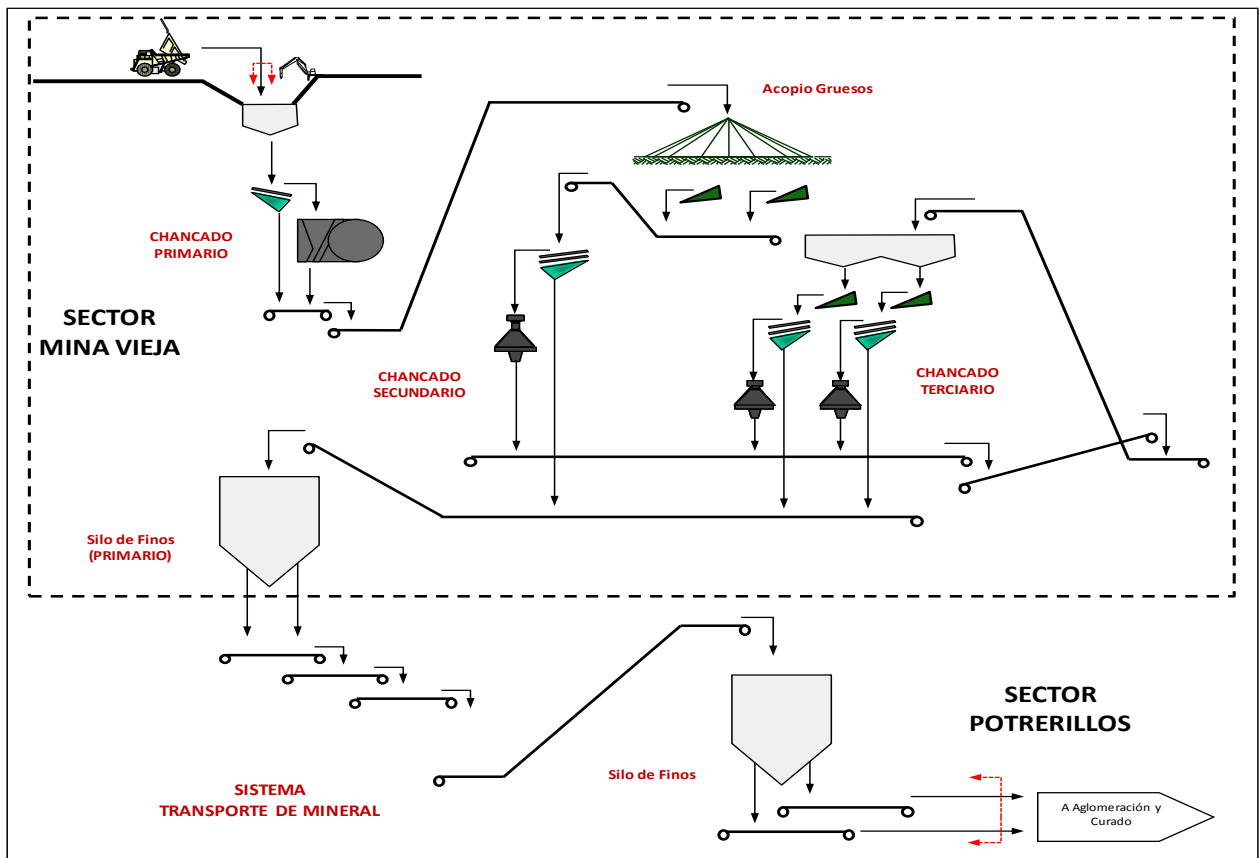
El consumo de insumos del proceso corresponde a la ponderación de los valores del plan minero operativizado por los valores de los consumos unitarios del proceso.

## 2.4.1. ÁREA SECA

El proceso se divide en dos áreas, el área seca que incorpora las etapas de chancado y de transporte de minerales y el área húmeda que incorpora las de lixiviación en pilas, extracción por solventes y electro-obtención. Las operaciones del área seca son descritas a continuación:

- **Chancado primario**
- **Clasificación y chancado secundario**
- **Clasificación y chancado terciario**
- **Transporte de mineral:** En esta etapa, el mineral chancado en las etapas anteriores, con un tamaño de  $\frac{3}{4}$ ", es transportado mediante correas transportadoras de aproximadamente 9,1 km de longitud desde la planta de Chancado ubicado en el sector de la Mina Vieja hasta el área húmeda, ubicada en el sector de Potrerillos.

Figura 2.1: Área seca



Fuente: JRI Ingeniería S.A.

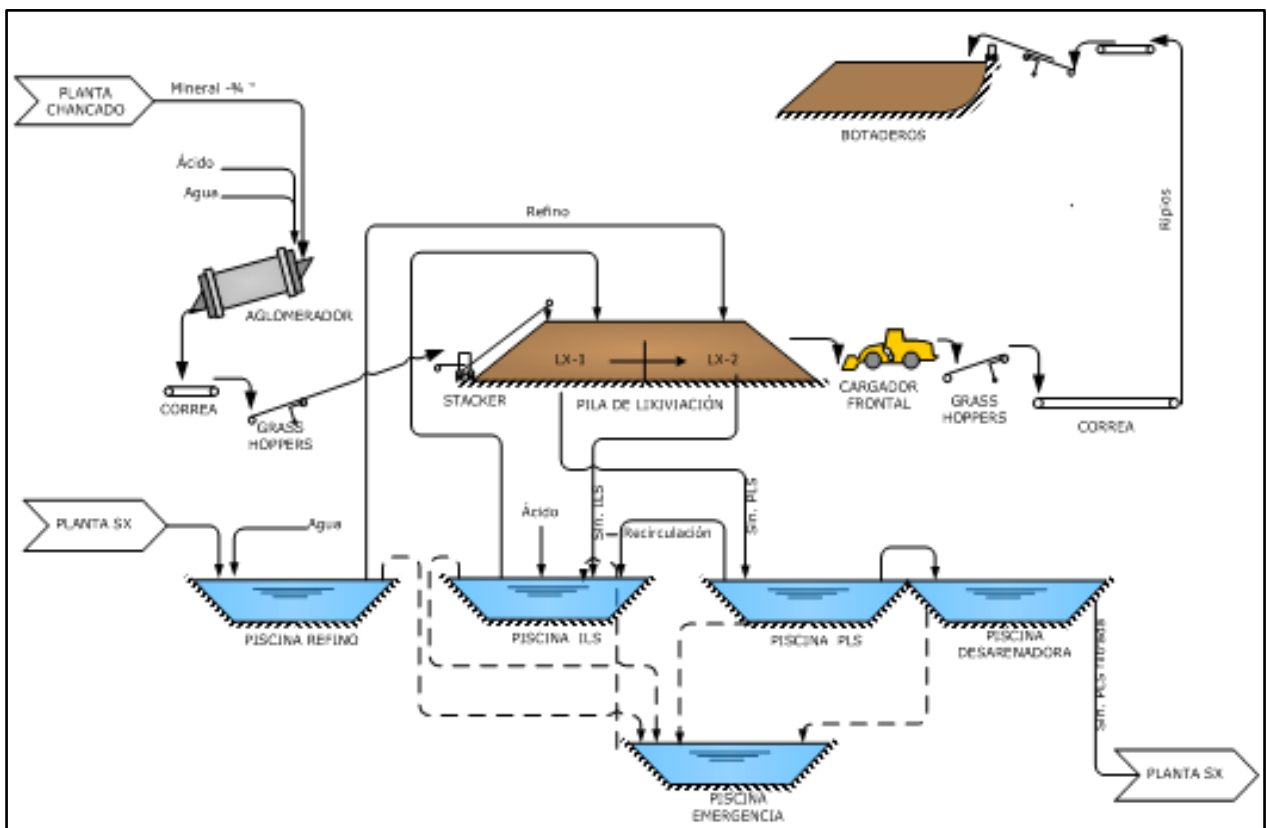
## 2.4.2. ÁREA HÚMEDA

El área húmeda se divide en distintos procesos: lixiviación, extracción por solventes y Electro-obtención. Estos son descritos a continuación:

**Lixiviación:** El proceso de lixiviación (o Heap Leach) consta de 2 etapas:

- **Aglomeración:** En esta etapa, el mineral proveniente del área seca es ingresado en un cilindro aglomerador. En él que es mezclado, mediante rotación del cilindro, con ácido sulfúrico y agua a presión durante un minuto. El aglomerador cuenta con una inclinación de entre 4° y 10°. El diseño considera 2 aglomeradores de 10,0 m de largo y 3,3 m de diámetro.
- **Curado:** El mineral aglomerado es transportado hasta las plataformas de lixiviación, generándose pilas de una altura de 3 m, con un ángulo de 38° y con una base rectangular de 1.100 m por 342 m. Las pilas son regadas con una solución ácida (ILS y refino) por un período de 64 días. El agua que se escurre y que contiene ácido, cobre y diversas impurezas, es enviada a una piscina PLS que alimenta la planta de extracción por solventes.

Figura 2.2: Área húmeda – Lixiviación



Fuente: JRI Ingeniería S.A.

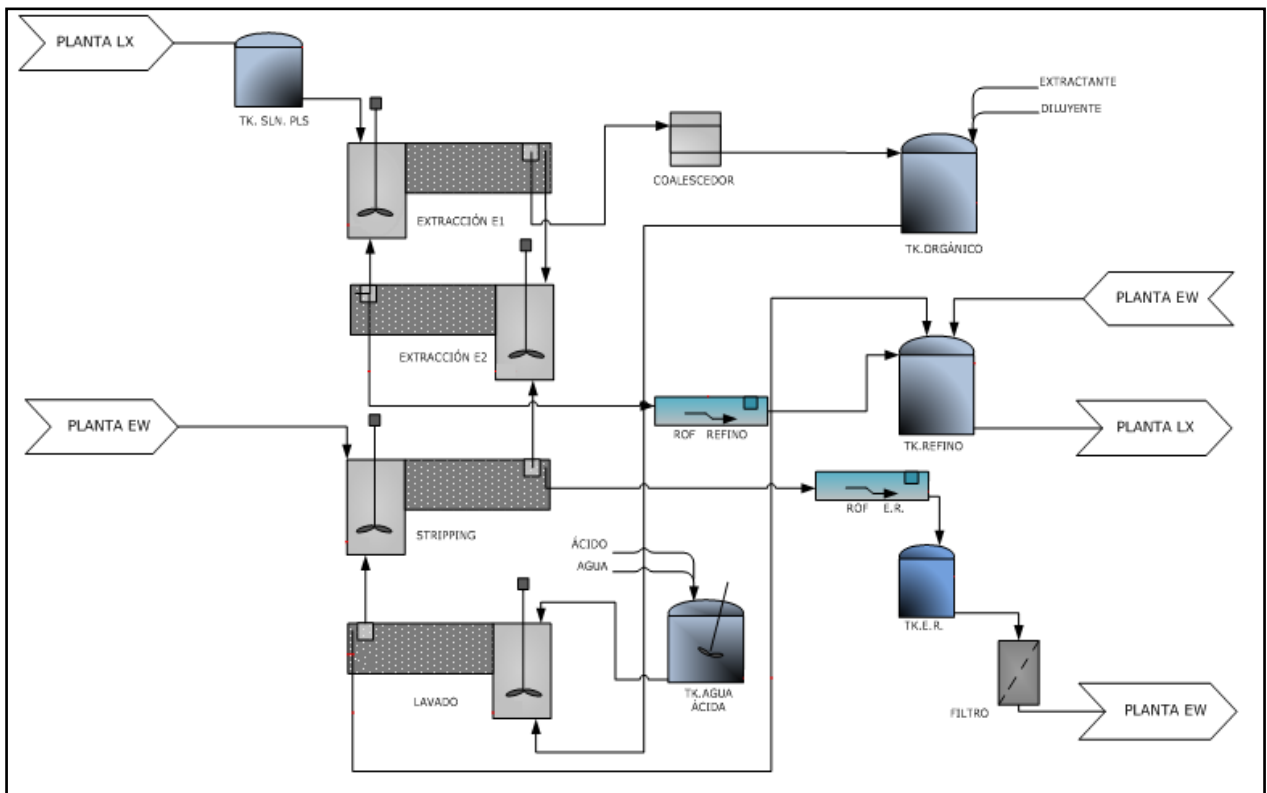
**Extracción por solventes:** Los objetivos del proceso de extracción por solventes (o Solvent Extraction) son remover las impurezas presentes en la solución proveniente de las pilas de lixiviación (Solución PLS) y concentrar la solución (electrolito pobre/rico) que a la vez proviene y es enviada a la planta de electro-obtención.

El movimiento de soluciones que afecta la planta de EW es el siguiente:

- Entrada:
  - Solución PLS proveniente de las pilas de lixiviación.
  - Electrolito empobrecido proveniente de la planta de EW.
  - Insumos: Extractante y diluyente orgánico, energía y potencia, ácido sulfúrico, agua industrial y tratada (Cuyos consumos unitarios son descritos en el punto 11.3).
- Salida:
  - Refino destinado a las pilas de lixiviación.
  - Electrolito enriquecido destinado a la planta de EW.

La planta de extracción por solventes cuenta con 2 etapas de extracción, 1 de lavado, 1 de re-extracción y una de refino en una configuración conocida como 2E, 1W, 1S.

Figura 2.3: Área húmeda – Extracción por solventes



Fuente: JRI Ingeniería S.A.



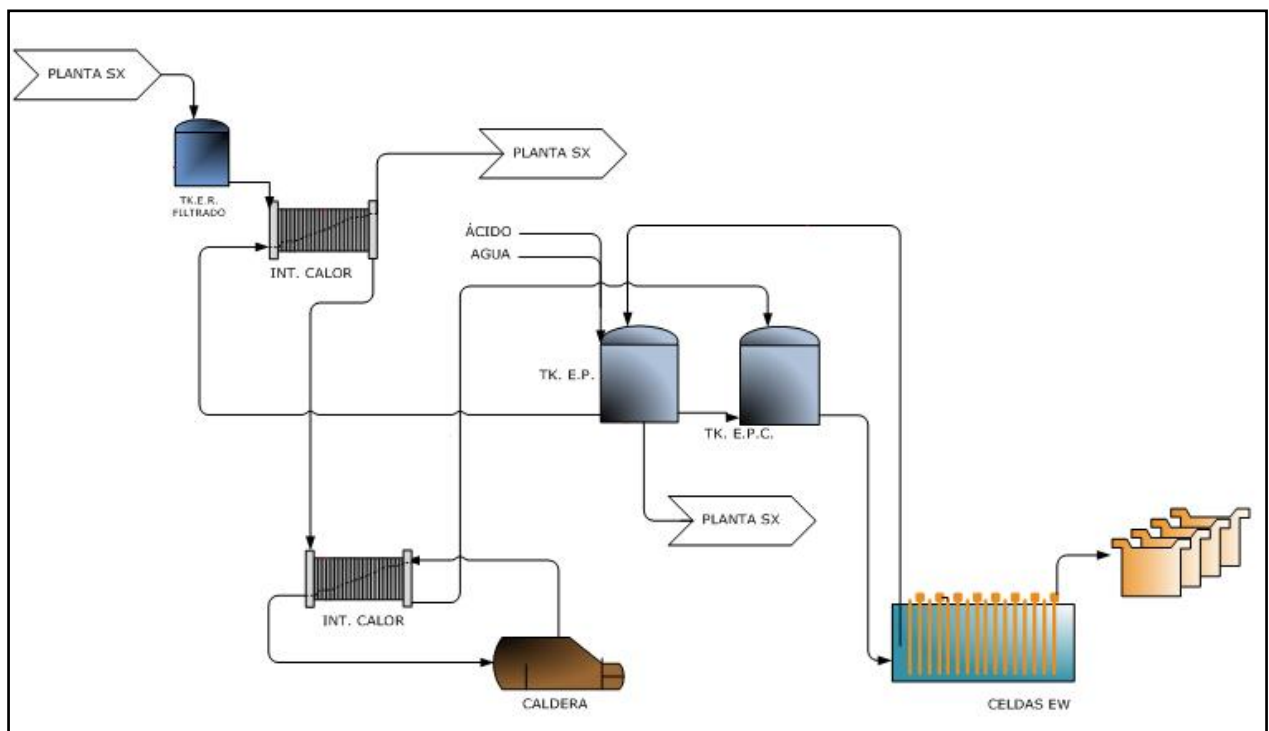
**Electro-obtención:** El proceso de electro-obtención (o Electro-Winning) consiste en la obtención de cátodos de cobre de alta pureza mediante la aplicación de una corriente eléctrica continua a una solución ácida (electrolito enriquecido) que contiene iones  $\text{Cu}^{2+}$ .

El movimiento de soluciones, insumos y productos que afecta la planta de EW es el siguiente:

- Entrada:
  - Electrolito enriquecido proveniente de la planta de SX.
  - Sulfato de cobalto para la protección de los ánodos frente a la corrosión.
  - Guar modificado es un insumo que mejora la calidad del cátodo (a través de una mejor depositación).
  - Petróleo Diesel que alimenta la caldera de la interfaz de calor.
  - Otros insumos (agua industrial y tratada, energía y potencia).
- Salida:
  - Cátodos de cobre fino.
  - Electrolito empobrecido destinado a la planta de SX.

El proceso se encuentra esquematizado a continuación:

Figura 2.4: Área húmeda – Electro-Obtención



Fuente: JRI Ingeniería S.A.

### 2.4.3. APORTES FURE

El proyecto contempla la posibilidad de integrar aportes de residuos desde la Fundición y Refinería de San Antonio (FuRe) ubicada a 1 km de la planta de procesamiento del proyecto. Esto se traduciría en un aporte adicional de cobre altamente concentrado que no implicaría inversiones significativas en la planta de procesamiento dado el bajo volumen de material añadido al proceso.

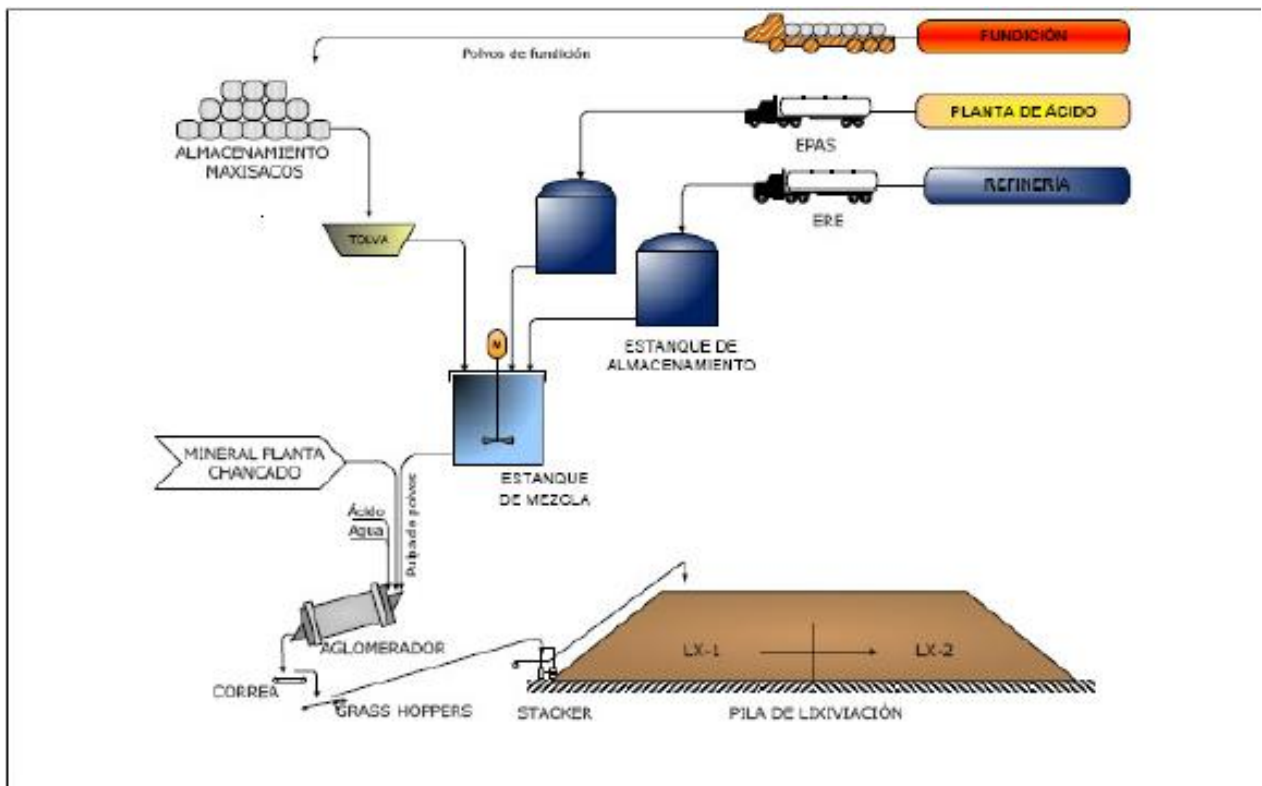
Tabla 2.6: Aportes FuRe

Años	2015	2016	2017 - 2038
Polvo de fundición (tCu)	276	1.564	920
Ácido Tipo C (tCu)	20	111	65
Electrolito de descarte (tCu)	183	1.037	610

Fuente: Codelco

El proceso se encuentra esquematizado a continuación. En él se aprecia que los aportes FuRe se integran al proceso en el área húmeda mediante diversos estanques para conservar la capacidad de drenaje de las pilas de lixiviación.

Figura 2.5: Procesamiento de polvo de fundición



Fuente: M&MA Ltda.

## 2.5. CONSUMOS UNITARIOS

Los consumos unitarios del proceso se describen a continuación:

Tabla 2.7: Consumos unitarios - Proceso

Insumo	Proceso	Cantidad	Valor
Agua Industrial	HL	m <sup>3</sup> /t de mineral	0,13
Agua Industrial	SX	l/tCu	400
Agua Industrial	EW	l/tCu	600
Agua Tratada	SX	l/m <sup>3</sup> solución PLS	22
Agua Tratada	EW	l/m <sup>3</sup> solución PLS	2,2
Ácido Sulfúrico	HL	kg/t de mineral factor de (1/0,94)	Según Plan Minero Operativizado
Ácido Sulfúrico	SX	kg/m <sup>3</sup> solución PLS	0,23
Ácido Sulfúrico	EW	kg/m <sup>3</sup> solución PLS	0,21
Extractante Orgánico	SX	kg/tCu	1,00
Diluyente Orgánico	SX	l/tCu	10,0
Sulfato de Cobalto	EW	kg/tCu	0,1
Guar Modificado	EW	kg/tCu	0,2
Petróleo Diesel	EW	l/m <sup>3</sup> de electrólito	0,56

Fuente: JRI Ingeniería S.A.

El consumo de energía y la potencia requerida se estimaron en base a los equipos instalados y se describen a continuación:

Tabla 2.8: Consumo de Energía (MWh)

Chancado	STM	HL	SX	EW	Menores
18.823	6.988	22.541 (años 2016 y 2034-2038) 23.317 (años 2017, 2018 y 2029-2033) 25.642 (años 2019-2021) 24.867 (años 2022 y 2023) 23.898 (años 2024-2028)	2.595	2.830 + 2,0 * tCu	3% del total

Fuente: DSAL

La variación en el consumo de energía y de potencia en el proceso de lixiviación en pilas se debe a que las existen múltiples pilas de lixiviación alimentadas por correas transportadoras, las que consumen energía y requieren de potencia.

Tabla 2.9: Consumo de Potencia (MW/h)

<b>Chancado</b>	<b>STM</b>	<b>HL</b>	<b>SX</b>	<b>EW</b>	<b>Menores</b>
28.708	10.274	43.611 (años 2016 y 2034-2038) 44.903 (años 2017, 2018 y 2029-2033) 48.779 (años 2019-2021) 47.487 (años 2022 y 2023) 45.872 (años 2024-2028)	5.210	65.661	3% del total

Fuente: DSAL

## 2.6. PLAN MINERO OPERATIVIZADO

Para la estimación del consumo de insumos en la etapa de procesamiento de minerales se diseñó el plan minero operativizado descrito en la Tabla 11.8.

Tabla 2.10: Plan Minero Operativizado

<b>Año</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>	<b>2017</b>	<b>2018</b>	<b>2019</b>	<b>2020</b>	<b>2021</b>	<b>2022</b>	<b>2023</b>	<b>2024</b>	<b>2025</b>	<b>2026</b>
Masa Mineral (kt)		5.180	6.802	6.539	7.233	7.235	6.989	7.928	8.000	7.934	7.880	6.607
Ley Cu Mineral		0,007	0,007	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,005	0,005	0,006	0,006
Finos Cu Mineral (kt)		36	45	42	42	42	44	44	40	43	47	42
Recuperación Cu (%)		0,66	0,67	0,72	0,71	0,71	0,68	0,68	0,65	0,69	0,63	0,71
Masa Cu Cátodos (kt)		24	30	30	30	30	30	30	26	30	30	30
Consumo H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (kg/t)		14	19	23	19	28	33	43	47	36	25	29
Gasto Ácido (kt)		73	128	150	139	199	230	344	377	282	193	194
Razón PLS/Mineral (m <sup>3</sup> /t)		0,73	0,73	0,73	0,73	0,73	0,73	0,73	0,73	0,73	0,73	0,73
Volumen Solución PLS (k m <sup>3</sup> )		3.781	4.965	4.774	5.280	5.282	5.102	5.787	5.840	5.791	5.752	4.823
Volumen Electrolito (k m <sup>3</sup> )		1.664	2.185	2.100	2.323	2.324	2.245	2.546	2.570	2.548	2.531	2.122
<b>Año</b>	<b>2027</b>	<b>2028</b>	<b>2029</b>	<b>2030</b>	<b>2031</b>	<b>2032</b>	<b>2033</b>	<b>2034</b>	<b>2035</b>	<b>2036</b>	<b>2037</b>	<b>2038</b>
Masa Mineral (kt)	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	6.820	8.000	7.999	7.998	7.998	7.600
Ley Cu Mineral	0,005	0,004	0,004	0,004	0,004	0,006	0,008	0,007	0,003	0,003	0,003	0,003
Finos Cu Mineral (kt)	37	35	35	36	35	47	57	54	28	24	26	23
Recuperación Cu (%)	0,58	0,59	0,60	0,58	0,60	0,62	0,52	0,53	0,58	0,54	0,54	0,57
Masa Cu Cátodos (kt)	21	21	21	21	21	29	30	28	16	13	14	13
Consumo H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (kg/t)	23	35	41	30	25	23	9	16	31	28	36	26
Gasto Ácido (kt)	180	283	329	242	200	183	62	132	245	222	288	194
Razón PLS/Mineral (m <sup>3</sup> /t)	0,73	0,73	0,73	0,73	0,73	0,73	0,73	0,73	0,73	0,73	0,73	0,73
Volumen Solución PLS (k m <sup>3</sup> )	5.840	5.840	5.840	5.840	5.840	5.840	4.979	5.840	5.839	5.838	5.838	5.548
Volumen Electrolito (k m <sup>3</sup> )	2.570	2.570	2.570	2.570	2.570	2.570	2.191	2.570	2.569	2.569	2.569	2.441

Fuente: Codelco

# **CAPÍTULO 3: ASPECTOS REGULATORIOS**

En este capítulo se analizan las leyes y reglamentos más relevantes a los que el proyecto está sujeto. Estos corresponden a la legislación minera, tributaria y ambiental. Son excluidos los aspectos legales relativos a:

- La propiedad del proyecto y la legislación aplicable a las empresas estatales, ya que esto escapa al alcance y a la metodología del estudio.
- La legislación laboral ya que esta se encuentra incorporada en el capítulo 7.

## **3.1. LEGISLACIÓN MINERA**

La actividad minera está regida principalmente por el Código de Minería y su reglamento así como por el Reglamento de Seguridad Minero.

### **3.1.1. CÓDIGO DE MINERÍA**

Los aspectos más relevantes del código de minería se refieren a las sustancias concesibles, los distintos tipos de concesión y el costo anual en él que el concesionario debe incurrir. De ello se destaca lo siguiente:

- El cobre (Cu) es una sustancia concesible.
- Se debe contar con concesiones de explotación para extraer el mineral del subsuelo.
- De ser necesario, el concesionario debe establecer servidumbres en los terrenos superficiales afectados por sus faenas mineras.
- El costo anual de las concesiones de explotación asciende a 0,1 UTM por hectárea de concesión.

### **3.1.2. REGLAMENTO DEL CÓDIGO DE MINERÍA**

Este reglamento cuenta con disposiciones de las que está sujeta la aplicación del código de minería. Estas se centran principalmente en las condiciones y requisitos de la información entregada para la constitución de las concesiones mineras.

Se estimó que, dado que las concesiones de explotación (pertenencias) ya se encuentran constituidas, este reglamento no tiene implicancias mayores dentro del marco del proyecto.

### **3.1.3. REGLAMENTO DE SEGURIDAD MINERA**

El reglamento de seguridad minera regula las condiciones de operación y las instalaciones de las minas de modo de que las labores se realicen bajo las mayores

medidas de seguridad posibles. Se planea desarrollar el proyecto respetando el reglamento de seguridad minera.

## **3.2. LEGISLACIÓN AMBIENTAL**

Los principales elemento de la legislación ambiental que rige el proyecto son la Ley de Bases del Medio Ambiente (Ley 19.300 del 09/03/1994) y sus modificaciones (Ley 20.417 del 26/01/2010, Ley 20.473 del 09/11/2010).

Los principales elementos de riesgo legal-ambiental con los que cuenta son la degradación del medio ambiente debido a la construcción de la mina, la contaminación de los acuíferos y la acidificación de los suelos debido al uso de ácido sulfúrico. Dentro del marco del proyecto se consideran las medidas necesarias para eliminar, reducir y/o mitigar dichos riesgos.

Adicionalmente, el emplazamiento del proyecto cuenta con las condiciones particulares que implican que los posibles daños al medio ambiente sean reducidos entre las que destacan las condiciones ambientales existentes en la localidad de Potrerillos y la hidrogeología del sitio.

Dadas sus características, el proyecto está sujeto a la aprobación por parte del Servicio de Evaluación Ambiental. Organismo al que fue presentada una declaración de impacto ambiental cuyos detalles se discuten en el punto 3.2.1.

### **3.2.1. DECLARACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL**

La empresa presentó una declaración de impacto ambiental el día 21 Agosto 2009. Esta declaración corresponde al informe “Declaración de Impacto Ambiental Proyecto San Antonio” y fue realizado por la empresa Minería y Medio Ambiente Limitada en Agosto 2009. En el capítulo 3 denominado “Análisis de Pertinencia” de dicha estudio se justifica la realización de una declaración de impacto ambiental (DIA) en lugar de un estudio de impacto ambiental (EIA).

Posteriormente, la empresa presentó solicitudes de suspensión de plazo siendo todas aprobadas. A la fecha los plazos del DIA se encuentran suspendidos hasta el 23 de Noviembre 2011.

### 3.3. LEGISLACIÓN TRIBUTARIA

El proyecto está regido por el Código Tributario (DL N° 830 del 31/12/1974) y más específicamente por la Ley sobre el Impuesto a la Renta (DL N° 824 de 31/12/1974).

Por otra parte el proyecto está afecto a un impuesto específico (Ley 20.469 del 15/10/2010 que introduce modificaciones a la Tributación de la Actividad Minera) que grava toda explotación de cobre y de sus subproductos que cuente con ventas con un Valor Equivalente superior a 12.000 tmf.

#### 3.3.1. LEY DE RENTA

La Ley sobre el Impuesto a la Renta grava con un impuesto de 17% las utilidades positivas percibidas por la empresa.

En caso de que las utilidades fueran negativas, se genera una cuenta a favor de la empresa por un monto igual al 17% de las pérdidas del ejercicio (Activo por impuestos diferidos) que permite reducir la carga tributaria en los ejercicios posteriores.

#### 3.3.2. IMPUESTO ESPECÍFICO

Este impuesto grava los proyectos mineros de cobre con un impuesto cuyo monto depende del Valor Equivalente de las ventas de la empresa.

En caso de contar con ventas con un Valor Equivalente de entre 12.000 y 50.000 toneladas métricas de cobre fino, el Impuesto Específico se calcula sobre la Renta Imponible Operacional de acuerdo a la siguiente tabla:

Tabla 3.1: Tasa Impuesto Específico (VEQ <= 50.000 tmf)

VALOR EQUIVALENTE (TMF)	TASA
Mayor a 12.000 e inferior o igual a 15.000	0,5%
Mayor a 15.000 e inferior o igual a 20.000	1,0%
Mayor a 20.000 e inferior o igual a 25.000	1,5%
Mayor a 25.000 e inferior o igual a 30.000	2,0%
Mayor a 30.000 e inferior o igual a 35.000	2,5%
Mayor a 35.000 e inferior o igual a 40.000	3,0%
Mayor a 40.000 e inferior o igual a 50.000	4,5%

Fuente: Elaboración propia

En caso de que las ventas superen el valor equivalente de 50.000 toneladas métricas de cobre fino, el impuesto específico se calculará sobre el Margen operacional minero.



### 3.4. OTRA LEGISLACIÓN APLICABLE

A continuación se entrega una lista de leyes y decretos identificados como relevantes:

- Decreto Supremo N° 594/2000 “Reglamento sobre Condiciones Sanitarias y Ambientales Básicas en los Lugares de Trabajo” Ministerio de Salud
- Decreto con Fuerza de Ley N° 725/1967 Código Sanitario, modificado mediante Decreto Supremo N° 553/1990. Ministerio de Salud
- Decreto Supremo N° 148/2004 “Reglamento Sanitario sobre Manejo de Residuos Peligrosos”. Ministerio de Salud
- Decreto Supremo N° 189/2005, “Reglamento sobre Condiciones Sanitarias y de Seguridad Básicas en los Rellenos Sanitarios”. Ministerio de Salud
- Decreto Supremo N° 75/87 “Establece condiciones para el Transporte de Carga”. Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones
- Resolución N° 1/1995 “Establece dimensiones máximas a vehículos” Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones
- Decreto Supremo N° 158 de 1980. “Fija el Peso Máximo de los Vehículos que pueden Circular por Caminos Públicos”. Ministerio Obras Públicas
- Decreto N° 298/1995 “Reglamenta transporte de Camiones de Cargas Peligrosas por calles y caminos”. Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones
- Resolución Exenta N° 427/2002, “Fija rutas por las cuales se transportarán las Sustancias Peligrosas en las vías de las ciudades de la Región de Atacama
- Decreto Supremo N° 594/2000 “Reglamento sobre Condiciones Sanitarias y Ambientales Básicas en los lugares de trabajo.” Ministerio de Salud
- Decreto Supremo 47/1992, “Ordenanza General de la Ley General de Urbanismo y Construcciones”. Ministerio de Vivienda y Urbanismo
- Ley 20.016 “Modifica Normas del Decreto con Fuerza de Ley N° 458, de 1975, Ley General de Urbanismo y Construcciones, Relativas a la Calidad de la Construcción”, Ministerio de Vivienda y Urbanismo
- Decreto Supremo N° 83/2007, Reglamento Complementario de la Ley 17.798, sobre Control de Armas y Elementos Similares”. Ministerio de Defensa Nacional
- Norma NSEG 5.E.n71, “Sobre Instalaciones Eléctricas de Corrientes Fuertes”. Superintendencia de Electricidad y Combustibles

### **3.5. POSIBLES CAMBIOS EN LA REGULACIÓN**

En el futuro, el proyecto puede ser afectado por cambios regulatorios. A continuación se analizan los proyectos de ley relevantes que se encuentran ingresados en la comisión de minería y energía de la cámara de diputados.

Se identificó el proyecto de ley que “Regula el cierre de faenas e instalaciones mineras” como uno que podía afectar directamente el proyecto San Antonio, por lo que fue analizado en detalle.

Este proyecto cuenta con suma urgencia y ya fue aprobado por las comisiones de Minería y Energía y de Hacienda y ha oficiado la Corte Suprema. Actualmente se encuentra en las etapas de Primer trámite constitucional en el Senado y de Segundo trámite constitucional en la Cámara de diputados. Se espera que el proyecto sea aprobado en el transcurso del año 2011.

El proyecto incorpora cambios en el código de minería y se enfocan en evitar que las empresas mineras eludan el costo de cierre de las faenas mineras (Es importante notar que el cierre de las faenas mineras ya se encuentra regulado tanto por el código de minería como por el reglamento de seguridad minera, y su fiscalización es responsabilidad del Sernageomin).

El proyecto propone que las empresas mineras estén obligadas a constituir una garantía financiera antes de iniciar las faenas. Esta garantía debe estar en instrumentos de renta fija de corto plazo y alto rating crediticio. Para garantizar aquello, el proyecto de ley considera la realización de auditorías. Esto implicaría un aumento en los costos de operación y en la inversión necesaria para la extracción de minerales que podría afectar la rentabilidad de los proyectos.

De aprobarse esta ley, la fecha del gasto por del cierre de la mina (9.863.201 US\$) se trasladará del año 2039 al año 2014. Año en el que la empresa deberá invertir el valor presente del costo del cierre de la mina en instrumentos, el que ascendería a 5.545.404 US\$, suponiendo una inversión en bonos del gobierno de EE.UU. a una tasa interna de retorno a largo plazo de 5,4% y una inflación de 3% (Fuente: Ibbotson).

De acuerdo a lo anterior, se estima que el riesgo que presenta el actual proyecto de ley para el PSAO es moderado a bajo.

# CAPÍTULO 4: RECURSOS HUMANOS

El Proyecto San Antonio Óxidos generaría directamente más de 300 empleos en su fase de operación por lo que fue necesario realizar un análisis de las distintas componentes que tienen un impacto en los recursos humanos del proyecto.

## 4.1. ORGANIGRAMA

La estructura organizacional (Figura 4.1) fue elaborada de acuerdo al ordenamiento actual de la División Salvador. Esta consta de una plana superior compuesta por la Gerencia General y un área de Planificación así como una de Gestión. De la plana superior dependen las jefaturas de RR.HH., HSEC, de Operaciones, de Mantenimiento y de Servicios.

De la jefatura de Operaciones dependen las jefaturas Operaciones Mina y Operaciones Planta. Análogamente, de la jefatura de Mantenimiento dependen las jefaturas de Mantenimiento Mina y Mantenimiento Planta.

Figura 4.1: Estructura Organizacional



Fuente: Codelco

## 4.2. DOTACIÓN

La dotación de personal se divide en las 3 principales áreas del proyecto: Minería, Procesamiento y Administración y Planificación. Tanto el área de la mina como en la del proceso, existen 4 turnos de forma de operar 24 horas al día, 360 días al año. Por otra parte, el personal de administración y planificación cumple con una jornada administrativa.

El proyecto no considera realizar inversiones para la contratación, formación ni perfeccionamiento del personal.

### 4.2.1. MINA

La dotación de la mina (descrita en punto 10.7.3 del ANEXO B: RESUMEN MINERÍA) varía desde 21 empleados (SIT) hasta 234 empleados (OPMP) en función de la alternativa de operación y del año de operación.

### 4.2.2. PLANTA

La dotación de la planta (descrita con mayor detalle en el punto 11.2.6 del ANEXO C: RESUMEN PROCESO) consiste en el personal necesario para la operación de los equipos de esta, y se resume a continuación:

Tabla 4.1: Resumen dotación - Proceso

CATEGORÍA	CANTIDAD
Operador	56
Electro-Mecánico	32
Supervisor	17
<b>TOTAL</b>	<b>105</b>

Fuente: Elaboración propia

### 4.2.3. ADMINISTRACIÓN Y PLANIFICACIÓN

La dotación administrativa y de planificación fue estimada en las etapas anteriores de los estudios. Esta se encuentra descrita en la Tabla 4.2.

Tabla 4.2: Resumen del personal de administración y planificación (2016)

CARGO	CANTIDAD	COSTO UNITARIO ANUAL (miles de US\$)
Gerente	1	140
Sub-gerente	0	121
Jefe RRHH/HSEC/SERV/MANT/OP	5	107
Jefe Ing. Mina	1	84
Ingeniero	2	65
Dibujante	3	30
Topógrafo	2	45
Alarife	3	30
Estadístico	2	30
Jefe Geología	1	84
Geólogo	1	75
Geo-mecánico	2	56
Control de Calidad	12	30
Jefe Metalurgista	1	84
Ing. Metalurgista	2	65

Fuente: DSAL

#### 4.2.4. SERVICIOS DE TERCEROS

Este personal corresponde a personal subcontratado tal como personal de aseo, de seguridad y servicios de catering y de laboratorio vinculados a la planta de procesamiento.

Su costo se encuentra incorporado tanto en los costos de operación de la mina como los de la planta de procesamiento. Dado que las dependencias de administración y planificación se ubican en las instalaciones de la planta de procesamiento, los requerimientos de personal adicional para su cuidado y aseo ya se encuentran incorporados. Se describe el personal externo necesario en la planta de procesamiento según actividad y etapa del proceso a continuación.

Tabla 4.3: Resumen del personal externo - Proceso

SERVICIO	PLANTA CHANCADO	TRANSPORTE DE MINERAL	PLANTA LX	PLANTA SX	PLANTA EW
Laboratorio Metalúrgico	4	0	4	4	4
Apoyo Operación Aseo	4	4	4	4	5
Catering	2	2	2	2	3
Mantenciones mayores	4	2	8	2	9
Seguridad	3	3	3	3	4

Fuente: JRI Ingeniería S.A.

### 4.3. COSTO DE LA MANO DE OBRA

El costo anual de la mano de obra incorpora los distintos costos contables en los que se debe incurrir para la contratación y mantención de la mano de obra necesaria para el proyecto. Este costo anual se verá incrementado a una tasa de 2,50% real anual (en US\$). No se considera el entrenamiento ni perfeccionamiento del personal.

Se identificaron diferencias entre los costos de la mano de obra del personal de la mina y los del personal de la planta de procesamiento. Si bien se considera que estas diferencias no significativas, se plantea la necesidad de lograr una mayor coordinación en este punto en las etapas posteriores del proyecto.

#### 4.3.1. MINA

El costo de la mano de obra de la mina, según categoría de remuneración (Descritas en el punto 10.7.3 del ANEXO B: RESUMEN MINERÍA) fue propuesto en el estudio de ingeniería conceptual de la mina. Este estudio consideraba un tipo de cambio real de 650 \$/US\$ y un inicio de las operaciones de la mina el año 2011. Se actualizaron los valores para reflejar los cambios del proyecto y en la tasa de cambio. En dicha actualización se supuso que la totalidad de los costos de mano de obra se realizaban en moneda local (tasa de cambio proyectada de 500 \$/US\$). El resultado se encuentra disponible en la Tabla 4.4.

Tabla 4.4: Costo unitario mano de obra – Mina

CATEGORÍA	COSTO UNITARIO ANUAL TIPO DE CAMBIO 650 \$/US\$ (miles de US\$)	COSTO UNITARIO ANUAL TIPO DE CAMBIO 500 \$/US\$ (miles de US\$)
A1	86	112
A2	76	99
A3	66	86
A4	56	73
B1	56	73
B2	44	57
B3	28	36

Fuente: Elaboración propia en base a información de Metálica Consultores S.A.

#### 4.3.2. PROCESO

El costo de la mano de obra involucrada en el proceso fue estimado en el estudio de ingeniería de Prefactibilidad realizado por la empresa consultora JRI y se encuentra dividido en 3 categorías. El costo unitario anual se encuentra descrito para cada categoría en la Tabla 4.5.

Tabla 4.5: Costo unitario mano de obra - Proceso

CATEGORÍA	COSTO UNITARIO ANUAL (MILES DE US\$)
Supervisor	98
Electro-Mecánico	54
Operador	34

Fuente: JRI Ingeniería S.A.

### 4.3.3. ADMINISTRACIÓN Y PLANIFICACION

Este costo de la mano de obra de la administración y de la planificación se encuentra descrito en el punto 4.2.3.

### 4.3.4. SERVICIOS DE TERCEROS

El costo unitario anual de los servicios de terceros se encuentra descrito en la Tabla 4.6.

Por otra parte, se supone que el costo de personal que entrega servicios subcontratados en la planta de procesamiento aumenta a una tasa de 2,00% real anual (en US\$).

Tabla 4.6: Costo unitario servicios de terceros - Proceso

SERVICIO	COSTO UNITARIO ANUAL (MILES DE US\$)
Laboratorio Metalúrgico	24,00
Apoyo Operación Aseo	16,00
Catering	16,00
Mantenciones mayores	43,20
Seguridad	16,00

Fuente: JRI Ingeniería S.A.

# CAPÍTULO 5: ESTIMACIÓN DE LA INVERSIÓN

La estimación de la inversión de un proyecto minero se hizo de acuerdo estándares ampliamente aceptados y empleados para la realización de estudios de pre-factibilidad. Estos estándares muestran pocas diferencias entre las empresas de ingeniería y mineras que realizan estudios de pre-factibilidad.

Asimismo, existen estándares para estudios de perfil (scoping study), de factibilidad y de ingeniería definitiva, los que tampoco muestran diferencias significativas.

## 5.1. MÉTODO DE ESTIMACIÓN

La estimación de la inversión consideró la siguiente estructura de costos:

- **Costos directos:** Se divide en función del tipo de inversión y se encuentra descrita en los puntos 5.3 y 5.4.
  - Equipos: el costo directo del equipamiento mayor corresponda a cotizaciones de proveedores. La información de los equipos restantes corresponde a valores factorizados que provienen de bases de datos.
  - Construcción: Corresponden a valores factorizados de contratos para proyectos similares.
- **Costos indirectos:** Estos costos no son parte de los estudios de pre-factibilidad de la mina ni de la planta de procesamiento pero estos son empleados en la estimación mediante la aplicación de un coeficiente. Los costos indirectos se describen a continuación.
  - Contratista: Se aplica un factor de 30% sobre los costos de construcción.
  - Fletes y seguros: Se aplica un coeficiente de 10% sobre las importaciones y de 5% sobre los suministros nacionales.
  - Derechos de internación: Se aplica un factor de 0% sobre suministros importados.
  - Repuestos puesta en marcha y primer año de operación: Se considera un factor de 5% sobre el costo de los equipos.
  - Inventario orgánico de la Planta EW: Su valor corresponde a 2,3 MM US\$.
  - Ingeniería de factibilidad: Se considera un total de 50.000 horas hombre (HH) e incluye ingeniería básica de la mina y de la planta.
  - Ingeniería de detalles: Corresponde a 2% del total acumulado
  - Gestión de adquisiciones del dueño: Corresponde al 3% del valor total de las compras.
  - Administración de la construcción: Corresponde a 7% del valor acumulado.
- **Costos del dueño:** Corresponde al 4% del valor acumulado.



- **Contingencias:** En estudios de pre-factibilidad se consideran contingencias de entre 15% a 25%. En el diseño del estudio de ingeniería de pre-factibilidad la mina se empleó una simulación mediante el software @Risk, la que arrojó un valor de 18,6%. Dado los cambios ocurridos desde entonces y el grado de precisión de los estudios que forman parte de la presente memoria, se estimó que un factor de 20% era adecuado.

Tanto el costo de la ingeniería de factibilidad y de la de detalle no fue incorporado en los costos indirectos. Esto se debe a que ya cuenta con una autorización para invertir y su costo se encuentra incorporado en el ítem otros estudios, el que se desembolsa en el período 2011-2015.

## 5.2. BASE DE LA ESTIMACIÓN

La estimación de la inversión se generó en base a la información contenida en la presente memoria, en particular en la actualización de la información contenida en los siguientes estudios:

- Presupuesto de Ingeniería de Prefactibilidad. JRI (2009): Este estudio incluye una estimación de Ingeniería Básica (de factibilidad) y de Detalles así como estimaciones de costos para las demás etapas asociadas al proyecto.
- Estudio Plan Minero para Ingeniería Conceptual Proyecto San Antonio Óxidos. Metálica (2009).
- La tasa de cambio considerada fue de 500 \$/US\$.

## 5.3. INVERSIÓN MINA

Para la inversión en la mina se generaron 4 alternativas de inversión de acuerdo a cada una de las alternativas de operación descritas en el punto 10.7.2. La inversión se divide en los siguientes ítems:

- Equipos
- Instalaciones e Infraestructura
- Pre-producción y Accesos

### 5.3.1. EQUIPOS

La inversión en equipos es aplicable sólo a las alternativas que consideren una operación propia (OPMP y OPMT) y corresponde al cumplimiento del plan de adquisiciones descrito en la Tabla 5.2. Esta inversión fue construida en base a cotizaciones referenciales que entregaron los valores descritos en la Tabla 5.1.

Para los escenarios de Servicio Integral por Terceros, los equipos serán adquiridos y mantenidos por la empresa que provea dicho servicio por lo que no se producen inversiones propias del proyecto.

Tabla 5.1: Precio de equipos y repuestos - Mina

<b>EQUIPO</b>	<b>PRECIO (miles de US\$)</b>
Camión 100 tc	1.502
Cargador 15 yd3	1.766
Perforadora Diesel	2.238
Bulldozer	782
Wheeldozer	636
Motoniveladora	772
Camión Aljibe	1.033
Retroexcavadora	482
Perforadora sec.	300
Cargador 4,5 yd3	300
Balde Repuesto Cargador 15 yd3	90
Tolva Repuesto Camión 100 tc	75
Mantenición Mayor Bulldozer	80

Fuente: Metálica Consultores S.A

Tabla 5.2: Plan de adquisición equipos - Mina

<b>AÑO</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>	<b>2017</b>	<b>2018</b>	<b>2019</b>	<b>2020</b>	<b>2021</b>	<b>2022</b>	<b>2023</b>	<b>2024</b>	<b>2025</b>	<b>2026</b>
Camión 100 tc	7				2	1		2		4		4
Cargador 15 yd3	2			1				1			2	
Perforadora Diesel	2											
Bulldozer	2			1								
Wheeldozer	2											
Motoniveladora	2											
Camión Aljibe	2											
Retroexcavadora	1											
Perforadora sec.	1											
Cargador 4,5 yd3	1											
Balde Repuesto Cargador 15 yd3		1									1	
Tolva Repuesto Camión 100 tc		2				2					2	
Mantenimiento Mayor Bulldozer												
<b>AÑO</b>	<b>2027</b>	<b>2028</b>	<b>2029</b>	<b>2030</b>	<b>2031</b>	<b>2032</b>	<b>2033</b>	<b>2034</b>	<b>2035</b>	<b>2036</b>	<b>2037</b>	<b>2038</b>
Camión 100 tc		3										
Cargador 15 yd3			1									
Perforadora Diesel												
Bulldozer												
Wheeldozer					2							
Motoniveladora					2							
Camión Aljibe												
Retroexcavadora												
Perforadora sec.												
Cargador 4,5 yd3												
Balde Repuesto Cargador 15 yd3												
Tolva Repuesto Camión 100 tc	2											
Mantenimiento Mayor Bulldozer					1	1						

Fuente: Metálica Consultores S.A

Para los escenarios de Servicio Integral por Terceros, los equipos serán adquiridos y mantenidos por la empresa que provea dicho servicio por lo que no se producen inversiones propias del proyecto.

### 5.3.2. INSTALACIONES E INFRAESTRUCTURA

Este ítem consiste en la construcción instalaciones para el almacenamiento de materiales e insumos así como de una planta para la mantención para los equipos. El costo que esto implica asciende a 8.800 miles de US\$ y el desembolso se realizara el año 2015.

### 5.3.3. PRE-PRODUCCIÓN Y ACCESOS

Este ítem corresponde a la fase de pre-producción (pre-stripping) de la mina que consiste en remover lastre de cráter. El costo que esto implica asciende a 9.603 miles de US\$ y el desembolso se realizara el año 2015.

### 5.3.4. RESUMEN INVERSIÓN DIRECTA MINA

Se resume la inversión en la mina en para cada alternativa de inversión y operación en las tablas Tabla 14.1, Tabla 14.2 y Tabla 14.3.

## 5.4. INVERSIÓN PROCESO

La inversión del proceso fue estimada por JRI Ingeniería en el “Presupuesto de Ingeniería de Prefactibilidad” y se encuentra detallada en el ANEXO E: INVERSIÓN JRI.

Se realizará esta inversión de forma uniforme durante un período de 18 meses a partir de Enero del año 2014.

### 5.4.1. EQUIPOS

La inversión en equipos se encuentra descrita a continuación:

Tabla 5.3: Inversión equipos - Proceso

Área	Costo (miles de US\$)
Chancado	31.319
STM y Lixiviación	59.531
Extracción por Solventes	7.682
Electro-Obtención	10.158

Fuente: elaboración propia

### 5.4.2. INSTALACIONES E INFRAESTRUCTURA

La inversión en instalaciones e infraestructura se encuentra descrita a continuación:

Tabla 5.4: Inversión instalaciones e infraestructura - Proceso

Área	Costo (miles de US\$)
Infraestructura (menos caminos)	27.702
Edificio Chancado P.	1.366
Edificio Chancado S.	3.983
Edificio Chancado T.	875

Fuente: elaboración propia

### 5.4.3. ACCESOS

Se considera la construcción de un camino de 4,1 km que une todas las áreas de la planta, lo que supone una inversión de 4.057.786 US\$.

### 5.4.4. RESUMEN INVERSIÓN PROCESO

Se resume la inversión para la planta de procesamiento de minerales en la Tabla 15.1 y en la Tabla 15.2.

## 5.5. OTRAS INVERSIONES

Las inversiones realizadas hasta el año 2009 son las siguientes:

- Estudio de perfil: 618.000 US\$.
- Prueba semi-industrial con metasedimentos: 3.500.000 US\$.
- Estudio de pre-factibilidad: 9.400.000 US\$

Las inversiones previas a la fase de implementación del proyecto ya cuentan con API y se encuentran estimadas a continuación. Estas inversiones corresponden a estudios complementarios de la etapa de pre-factibilidad, de factibilidad y de ingeniería de detalle.

Tabla 5.5: Inversiones proyectadas 2010 - 2011

Año	2010	2011	2012	2013
Monto (miles de US\$) – Cochilco	5.636	18.636	7.489	2.811
Monto (miles de US\$) - Codelco	5.826	19.264	7.741	2.906

Fuente: Codelco

## 5.6. PLAN DE CIERRE PRELIMINAR

Para cumplir con la legislación minera y ambiental, el proyecto debe contar con un plan de cierre preliminar. Éste fue desarrollado por JRI Ingeniería en Julio 2009 y contempla la necesidad de invertir un monto de 9.863.201 US\$ el año 2039 para el cierre de la mina.

## 5.7. RESUMEN INVERSIÓN

La inversión para cada alternativa se encuentra detallada en los anexos F, G y H y se resume a continuación:

Tabla 5.6: Resumen Inversión

Alternativa	Inversión Inicial MUS\$	Inversión Posterior MUS\$	Inversión Total MUS\$
OPMP y OPMT	310,9	90,7	401,6
SIT ICV	269,1	45,9	315

Fuente: Elaboración propia

Nota: La inversión inicial corresponde a las inversiones anteriores al año 2016.

Las alternativas de operación propia (OPMP y OPMT) cuentan con idéntico plan de inversiones por lo que la diferencias radican en los costos de operación.

La alternativa SIT ICV no considera la inversión en equipos de la mina y se limita a inversiones en instalaciones e infraestructura (2.160 miles de US\$) y en pre-producción y accesos (7.743 miles de US\$), a efectuarse durante el año 2015.

## 5.1. ANALISIS DE LOS RESULTADOS

Se observa que las inversiones se concentran en la planta de procesamiento durante los años 2014 y 2015 con un valor total para dichos años que supera los 150 millones US\$.

La inversión total supera los 300 millones de US\$ (1.744 US\$/tCu) para todas las alternativas de operación y para las alternativas que consideren una operación propia de la mina, esta supera los 401 millones de US\$ (2.331 US\$/tCu).

Se observa que la inversión del proyecto es inferior a las de otros proyectos mineros de cobre.

Esto se debe a que el proyecto cuenta con ventajas debido su ubicación, como son la existencia de accesos en buen estado y obras previas.

Esto contrasta con la tendencia hacia mayores costos, tanto de inversión como de operación, basados principalmente en el agotamiento de los reservas de cobre a nivel mundial, lo que obliga a los productores a buscar cobre de menor ley a mayores profundidades o en yacimientos ubicados en zonas que se encuentran retrasadas en cuanto al desarrollo de la infraestructura.

Por otra parte, la especificidad de dichas inversiones y la ubicación geográfica del proyecto reducen la cantidad de usos alternativos de los elementos de la inversión. En particular las características de los yacimientos aledaños así como el historial minero de la zona parecieran indicar que no existen usos alternativos de la inversión en la planta.

En cuanto a la inversión inicial en la mina, una porción significativa de esta (58,6% en las alternativas de operación propia) corresponde a la adquisición de equipos que podrían ser empleados en otras labores mineras.

Tabla 5.7: Inversión por tonelada promedio de Cu

<b>PROYECTO</b>	<b>CAPEX / tCU</b>
Andina Fase I	~19 kUS\$
Salobo I (Brasil)	~16 kUS\$
Tenke Fungurume (Rep. Dem. Congo)	~14 kUS\$
Ministro Hales	~14 kUS\$
Caserones	~13 kUS\$
Uyu Tolgoi (Mongolia)	~13 kUS\$
Toromocho (Perú)	~12 kUS\$
Gaby	~7 kUS\$
Lumwana (Zambia)	~6 kUS\$
Los Pelambres	~6 kUS\$
Collahuasi	~5 kUS\$
Cerro Verde (Perú)	~5 kUS\$
Sulfuros Radomiro Tomic	~2 kUS\$

Fuente: Presentación de Diego Hernández en la 10th CRU Copper Conference 05/04/2011

# CAPÍTULO 6: ESTIMACIÓN DE LOS COSTOS

## 6.1. METODO DE ESTIMACION

La estimación de los costos de operación del proyecto agrega los costos de operación estimados para las distintas etapas de la explotación de cobre. Estos se desglosan de acuerdo a los requerimientos de operaciones unitarias que se llevan a cabo desde la extracción del mineral hasta su comercialización:

- Minería
- Proceso
- Administración y planificación
- Comercialización

## 6.2. BASE DE LA ESTIMACION

La base de la estimación corresponde a información generada en los estudios de ingeniería de la mina, de la planta de procesamiento y de información generada en el desarrollo de la presente memoria.

- **Moneda:** Los costos se estimaron en US\$ reales. La tasa de cambio considerada fue de 500 \$/US\$.
- **Reajustes:** El costo de la mano de obra propia se reajustó a una tasa de 2,50% real anual mientras que la externa fue reajustada a una tasa de 2,00% real anual.
- **Control de calidad de la información:** Se contrastó la información provista por la empresa con información disponible públicamente sin detectarse diferencias materiales.
- **Contingencias:** No se consideran contingencias.



## 6.3. COSTOS DE OPERACIÓN MINA

Los costos de operación de la mina corresponden a los costos asociados a cada una de las etapas de producción de la mina descritas en el punto 10.7.1, así como a los costos asociados a la administración de la mina. Estos costos se dividen en las siguientes categorías:

- Remuneraciones
- Materiales
- Combustibles
- Suministros
- Servicios de terceros
- Otros servicios

Se observa que, con excepción de los ítems Remuneraciones y Combustibles los costos se mantienen desde la última evaluación económica. Esto se debe a que la estimación fue realizada en moneda real por lo que, de no indicarse lo contrario, no experimenta variaciones en el tiempo.

### 6.3.1. MANO DE OBRA

El costo de la mano de obra de la mina se encuentra descrito en el punto 4.3.1.

### 6.3.2. MATERIALES

Este ítem consiste en los insumos relevantes como aceros de perforación, neumáticos y explosivos y sus valores corresponden a los presentes en el estudio de ingeniería de Prefactibilidad de la mina realizado por Metálica Consultores S.A.

### 6.3.3. COMBUSTIBLES

Los equipos de la mina requieren de combustible Diesel para operar. El consumo anual se resume en la Tabla 6.1.

Tabla 6.1: Resumen consumo de combustibles mina

Año	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
Consumo (m <sup>3</sup> )		4.210	4.692	4.829	5.172	5.978	6.575	6.886	8.062	8.028	9.325	9.592
Año	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038
Consumo (m <sup>3</sup> )	8.519	8.520	9.621	10.036	10.394	9.956	7.282	3.684	2.220	2.156	2.829	

Fuente: DSAL

#### **6.3.4. SUMINISTROS**

Este ítem incluye insumos de menor relevancia no incluidos en el ítem Materiales y sus valores corresponden a los presentes en el estudio de ingeniería de Prefactibilidad de la mina realizado por Metálica Consultores S.A.

#### **6.3.5. SERVICIOS DE TERCEROS**

Incluyen los siguientes servicios:

- Tronadura
- Administración de los polvorines
- Operaciones y mantenciones realizadas por terceros (según alternativa de operación)

Sus valores corresponden a los presentes en el estudio de ingeniería de Prefactibilidad de la mina realizado por Metálica Consultores S.A.

#### **6.3.6. OTROS SERVICIOS**

Contempla gastos generales y Sus valores corresponden a los presentes en el estudio de ingeniería de Prefactibilidad de la mina realizado por Metálica Consultores S.A.

#### **6.3.7. RESUMEN COSTOS DE OPERACIÓN MINA**

Los costos de operación de la mina se resumen a continuación para cada uno de las alternativas de operación.

### **6.4. COSTOS DE OPERACIÓN PROCESO**

Los costos de operación del proceso fueron calculados en base a los consumos y a los costos unitarios descritos a continuación. Los costos unitarios fueron definidos de acuerdo a los supuestos establecidos en el capítulo 6.8.

Es importante notar que las instalaciones administrativas del proyecto se ubicarán dentro de las instalaciones de la planta, lo que tendrá un impacto menor en los costos del proceso.

#### **6.4.1. MANO DE OBRA**

La dotación del proceso fue descrita en el punto 11.2.6 del ANEXO C: RESUMEN PROCESO y su costo unitario en el punto 4.3.2.

## 6.4.2. ENERGÍA Y POTENCIA

La localidad de Potrerillos se encuentra conectada al sistema interconectado central de Chile (SIC), desde el cual se planea abastecer el proyecto.

Los costos de la energía y de la potencia ascienden a 75,10 US\$/MWh y a 14,80 US\$/MW/h respectivamente (Fuente: Codelco).

## 6.4.3. AGUA INDUSTRIAL Y TRATADA

El agua industrial proviene de las quebradas aledañas al proyecto y sobre las cuales Codelco cuenta con los derechos de agua. Mientras que el agua tratada se producirá a partir del agua industrial empleando una planta purificación mediante osmosis reversa localizada a proximidades de la planta de procesamiento.

Los costos del agua industrial y del agua tratada ascienden a 1,00 US\$/m<sup>3</sup> y a 1,28 US\$/m<sup>3</sup> respectivamente (Fuente: Codelco).

## 6.4.4. ÁCIDO SULFÚRICO

El ácido sulfúrico interviene en las etapas de lixiviación, extracción por solventes y electro-obtención. Su costo de largo plazo se estableció en 46 US\$ por tonelada, de acuerdo a las orientaciones comerciales de Codelco.

No se considera flete ya que este provendría de la Fundición y Refinería de Potrerillos, ubicada a 1 km de la planta de procesamiento. Esta cuenta actualmente con una producción anual de 500.000 t de ácido sulfúrico (Fuente: DSAL).

## 6.4.5. OTROS INSUMOS

Los precios de los demás insumos provienen de la base de datos de Codelco.

Tabla 6.2: Costo unitario - Otros insumos

INSUMO	COSTO
Extractante Orgánico	13.805,78 US\$/t
Diluyente Orgánico	1.324,16 US\$/t
Sulfato de Cobalto	9.278,63 US\$/t
Guar Modificado	5.665 US\$/t
Petróleo Diesel	806,54 US\$/m <sup>3</sup>

Fuente: Elaboración propia en base a información de Codelco

## 6.4.6. MATERIALES DE MANTENCIÓN

Los materiales de mantención incluyen los repuestos de los chancadores, correas y harneros así como los lubricantes de los chancadores. Sus costos unitarios son los siguientes:

Tabla 6.3: Costo unitario – Materiales de mantención

MATERIAL	COSTO
Repuestos Chancadores	87.685 US\$/un
Lubricantes Chancadores	1,24 US\$/t chancada
Repuestos Correas	186 US\$/m
Repuestos Harneros	43.300 US\$/un

Fuente: Codelco

#### 6.4.7. SERVICIOS DE TERCEROS

Los servicios de terceros del proceso fueron descritos en el punto 4.2.4.

#### 6.4.8. OTROS GASTOS

Este ítem cubre todo los gastos no considerados en la presente estimación. Se establece que asciende al 10% del valor de los servicios de terceros (Fuente: Codelco).

### 6.5. COSTOS DE ADMINISTRACIÓN Y PLANIFICACIÓN

El costo de administración y planificación corresponde en su totalidad al costo de la mano de obra relacionada con estas actividades. Este se encuentra descrito en la Tabla 4.2.

### 6.6. COSTOS DE COMERCIALIZACIÓN

La producción se embarcará en tren en el terminal ferroviario de Potrerillos y será transportado hasta el Puerto de Barquito desde donde será embarcado hacia una bodega autorizada por la LME (Se define como base la bodega ubicada en el puerto Rotterdam). Una vez llegado a su destino, la bodega emitirá las warrants para que el cobre pueda ser comercializado en la LME.

Actualmente, el ferrocarril de Potrerillos a Barquito es operado por la empresa Ferronor y transporta anualmente 200 kt de cobre y 500 kt ácido sulfúrico. Dado que planea consumir aproximadamente un tercio del ácido sulfúrico producido en Potrerillos, se considera que el tren cuenta con la capacidad suficiente para transportar la producción del proyecto.

El puerto de Barquito cuenta con una capacidad de carga de 400 t/h (3.504 kt anuales), 100 veces mayor a producción de Potrerillos, por lo que se considera que no presenta restricciones de capacidad que afecten la viabilidad del proyecto.

Los costos de comercialización corresponden a los valores disponibles en el documento “Antecedentes Económicos y Comerciales para la Planificación 2011” y su aplicación a la evaluación de proyectos forma parte de la política de la empresa.

Tabla 6.4: Costos unitario de comercialización

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	COSTO UNITARIO
Flete - seguro CIF Potrerillos – Barquito	US\$/t Cu	14,90
Flete - seguro CIF Barquito – Rotterdam	US\$/t Cu	88,00
Descuento por operación Barquito	US\$/t Cu	7,30
Comisiones por venta VCO	US\$/t Cu	4,00
Costo Financiero	US\$/t Cu	17,40

Fuente: Codelco

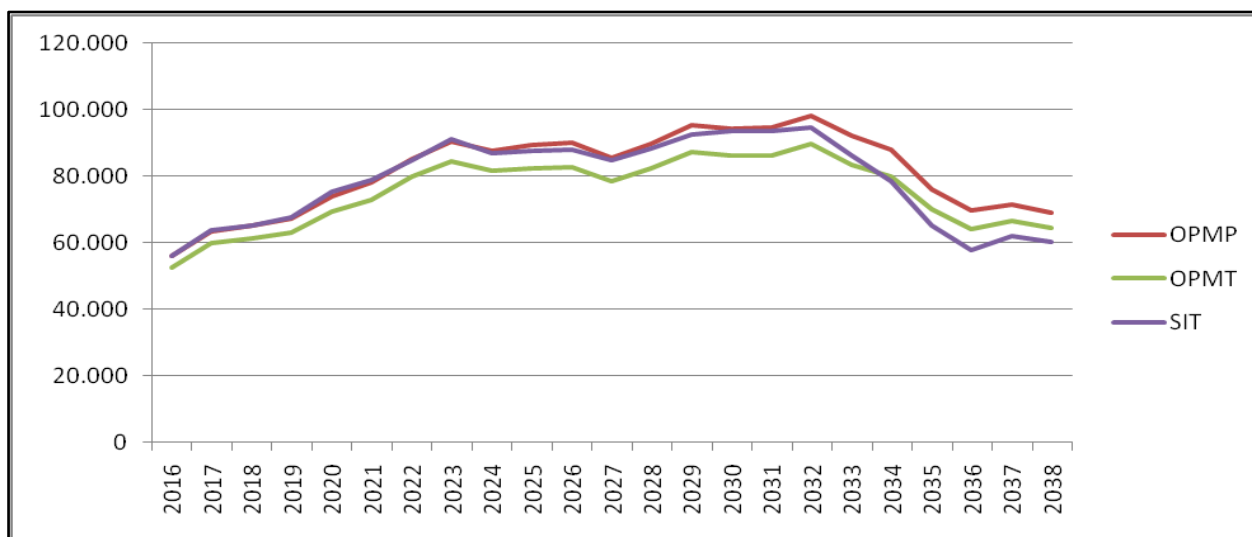
## 6.7. RESUMEN COSTOS DE OPERACIÓN

Los costos de operación se encuentran resumidos en las tablas: Tabla 17.5, Tabla 17.6 y Tabla 17.7 del ANEXO I: RESUMEN COSTOS DE OPERACIÓN.

## 6.8. ANALISIS DE LOS RESULTADOS

Se observa que los costos de operación del proyecto oscilan desde ~60 millones de US\$ a ~100 millones de US\$ y son inferiores para la alternativa de operación OPMT.

Figura 6.1: Costos de operación del Proyecto (miles de US\$)



Fuente: Elaboración propia

El Cash Cost directo del proyecto se describe y analiza a continuación.

Tabla 6.5: Cash Cost de Proyecto

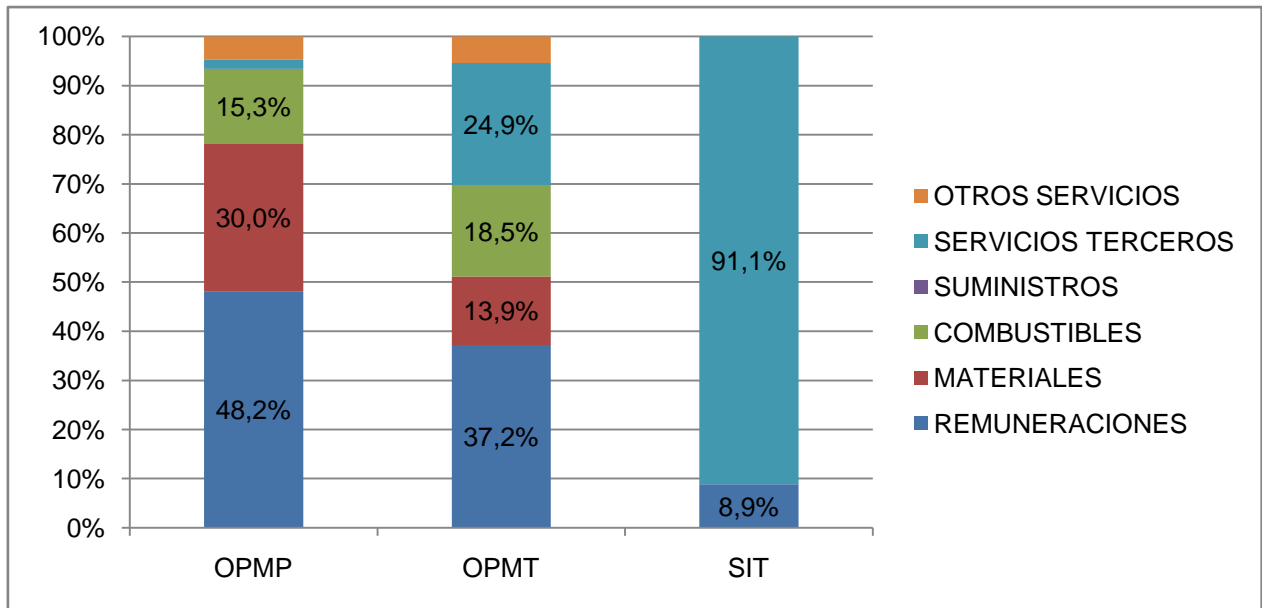
Alternativa operación	OPMP	OPMT	SIT
Cash Cost US\$/lb	1,35	1,25	1,28

Fuente: Elaboración propia

Los costos se concentran principalmente en la planta de procesamiento y seguida de la mina. La suma de los costos de administración y de comercialización representa menos del 10% de los costos de operación. La variación en la distribución de los costos del proyecto se debe únicamente a las diferencias en los costos de operación de las alternativas de operación de la mina.

A continuación se desglosan los costos de operación de la mina:

Figura 6.2: Distribución del OPEX mina



Fuente: Elaboración propia

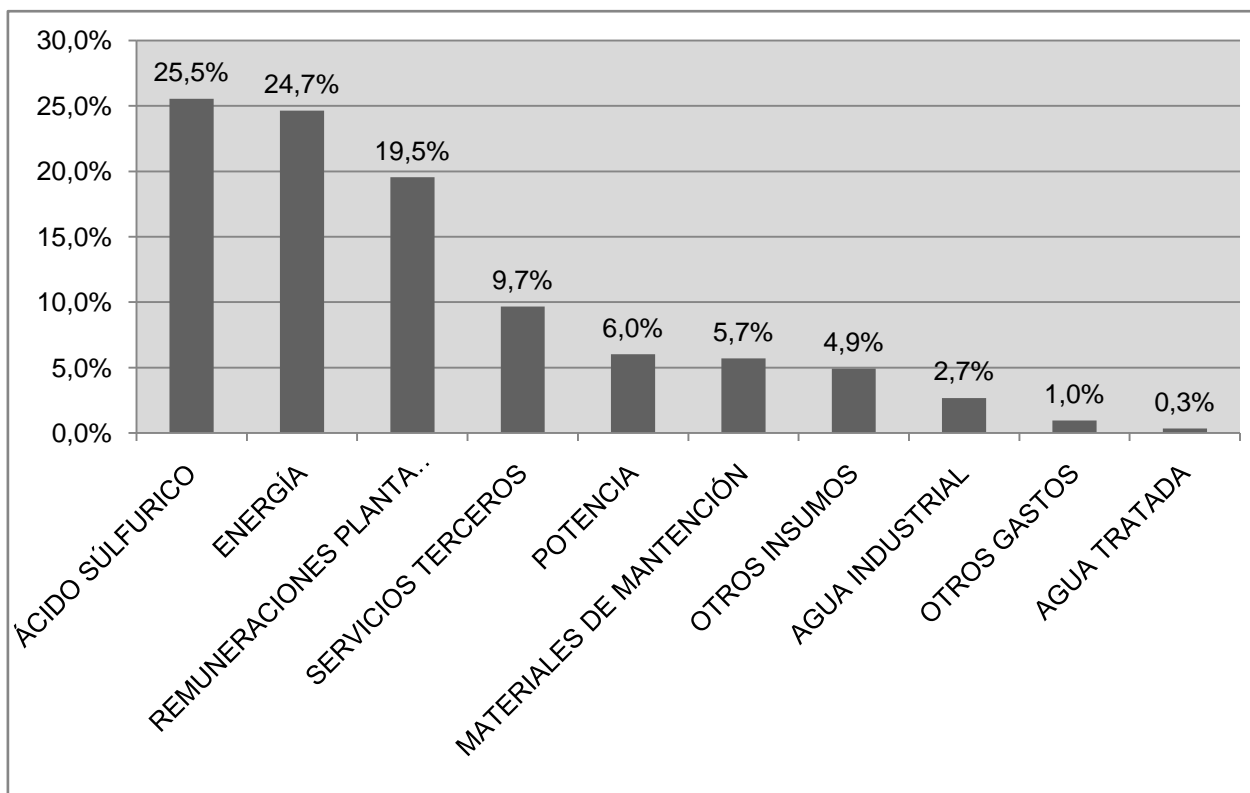
En el caso de la alternativa OPMP, los principales ítems son las remuneraciones, los materiales (aceros de perforación, explosivos, neumáticos) y los combustibles (petróleo diesel empleado por los equipos).

En el caso de la alternativa OPMT, los principales ítems son las remuneraciones, los servicios de terceros (que incluyen los costos de mantención) y los combustibles.

Se observa que en el caso de la alternativa de operación SIT, el ítem servicios de terceros es el principal costo de la mina. Esto se debe a que en él están incluidos todos los demás costos. Los que han sido traspasados de la empresa subcontratista que opera la mina. La permanencia del ítem de remuneraciones se debe a la necesidad de contar con personal propio que supervise las operaciones.

A continuación se desglosan los costos de operación de la planta de procesamiento:

Figura 6.3: Distribución promedio OPEX Planta de procesamiento



Fuente: Elaboración propia

Se observa que los principales ítems del costo de operación de la planta son el ácido sulfúrico, energía y remuneraciones. Los dos primeros presentan un riesgo importante debido a la volatilidad de sus precios.

Tabla 6.6: Distribución del Cash Cost de Proyecto

Alternativa	Mina	Planta	Administración	Comercialización
OPMT	43,3%	48,5%	3,9%	4,3%
OPMP	38,7%	52,4%	4,2%	4,7%
SIT	41,1%	50,3%	4,1%	4,5%

Fuente: Elaboración propia

El promedio del Cash Cost directo de las operaciones nacionales (ex Codelco) superó los 1,25 US\$/lb mientras que el de Codelco superó 1,00 US\$/lb el año 2010.

Por una parte, la ley de mineral tratado en Chile ha experimentado un deterioro en los últimos años, desde leyes superiores al 1,00% Cu a leyes inferiores al 0,90% Cu. Actualmente la ley promedio de Cu de los recursos minerales de Codelco asciende a 0,70% e incluye proyectos como la Minera Gaby S.A. que cuenta con una Ley promedio de 0,39% Cu.

De lo anterior se observa que el Cash Cost del proyecto es moderadamente alto. Esto se debe a que a pesar de contar una ley de cobre baja, el proyecto presenta la ventaja de estar ubicado a proximidades de la Fundición y Refinería de Potrerillos, lo que implica un ahorro en los costos de transporte de uno de los elementos más importantes del Proyecto: el ácido sulfúrico.

Adicionalmente, la DSAL cuenta con un suministro de agua propio. Dadas las circunstancias actuales y la escasez de dicho elemento para las faenas mineras en el norte de Chile, este constituye un insumo estratégico.



# CAPÍTULO 7: EVALUACIÓN ECONÓMICA

## 7.1. METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN

La evaluación económica del proyecto se realizó mediante un modelo de flujo de caja descontado del proyecto. Esta metodología es ampliamente empleada y es considerada estándar tanto en la evaluación de proyectos mineros como en la de inversiones en general.

## 7.2. MODELO DE EVALUACIÓN

El modelo de evaluación cuenta con distintos atributos, los que son descritos a continuación:

- Moneda: miles de US\$ reales
- Períodos: Anuales
- Deuda financiera: No considerada

## 7.3. SUPUESTOS

Los supuestos de evaluación corresponden a los descritos en las normas corporativas de Codelco con excepción del tipo de cambio real del dólar, el que se estimó de acuerdo a proyecciones de la inflación en EE.UU. vigentes al 31 de Marzo 2011, y los valores son los siguientes:

- Convención de medio año: Opcional (Activada por defecto). Esta convención supone que los flujos de caja son percibidos de manera uniforme a lo largo del año.
- Depreciación: Opcional (Acelerada por defecto).
- Fecha de evaluación: Modificable (31 Marzo 2011 por defecto)
- Capital de trabajo: Modificable (Equivale a 3 meses de costos de operación por defecto)
- Tasa de descuento (WACC): 8,00%. Esta tasa de descuento es impuesta por política de la empresa. Adicionalmente, este valor es el generalmente empleado por empresas mineras y consultoras de ingeniería para este tipo de proyectos.
- Escenarios de evaluación: Operación de la mina OPMP, OPMT y SIT.
- Tipo de cambio real \$/US\$: 500.
- Plan de cierre: El monto de este asciende a 9.863.201 US\$ y el desembolso se realizaría el año 2039.
- Precio del cobre: 2,09 US\$ por libra y con un premio por cátodo de Grado A (95% de la producción) de 80 US\$ por t.

- Las inversiones en estudios fueron capitalizadas y amortizadas durante un período de 6 años a partir del inicio de actividades de la planta (2016). Esto se hizo de acorde a la normativa vigente del SII.

## 7.4. EVALUACIÓN ECONÓMICA

La evaluación económica se divide en las 3 alternativas de operación de la mina:

- Operación propia y mantención propia: OPMP
- Operación propia y mantención terceros: OPMT (escenario base)
- Servicio Integral por Terceros ICV: SIT

Los resultados se resumen en la tabla a continuación

Tabla 7.1: Resultados evaluación económica

Alternativa	OPMP	OPMT	SIT
<b>VAN (miles de US\$)</b>	103.515	136.834	148.807
<b>TIR</b>	14,2%	15,7%	17,0%
<b>Inversión Inicial (miles de US\$)</b>	310.911	310.911	269,091
<b>Inversión Total (miles de US\$)</b>	401.648	401.648	314.948

Fuente: Elaboración propia

### 7.4.1. APORTES FURE

La incorporación de los aportes de la fundición y refinería de Potrillos mejoran el rendimiento de la planta sin incurrir costos de operación significativos. A continuación se realiza la evaluación económica incorporándolos en el proceso.

Tabla 7.2: Resultados evaluación económica con aportes FuRE

Alternativa	OPMP	OPMT	SIT
<b>VAN (miles de US\$)</b>	142.542	175.711	187.664
<b>TIR</b>	16,0%	17,4%	18,7%
<b>Inversión Inicial (miles de US\$)</b>	310.911	310.911	269,091
<b>Inversión Total (miles de US\$)</b>	401.648	401.648	314.948

Fuente: Elaboración propia

## 7.5. ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD

Se realizó un análisis de sensibilidad del VAN con respecto a la tasa de descuento (WACC) y al precio del cobre para comparar las distintas alternativas de operación de la mina.

Tabla 7.3: VAN - WACC vs Precio Cu – OPMP (MUS\$)

		Precio del Cu (US\$/lb)														
		1,74	1,79	1,84	1,89	1,94	1,99	2,04	2,09	2,14	2,19	2,24	2,29	2,34	2,39	2,44
WACC	8,0%	3	23	43	63	83	103	123	143	162	182	202	222	242	261	281
	8,5%	-4	15	34	53	71	90	109	128	146	165	184	202	221	240	258
	9,0%	-10	8	25	43	61	78	96	114	131	149	167	184	202	219	237
	9,5%	-16	1	18	34	51	68	84	101	118	134	151	168	184	201	217
	10,0%	-21	-5	10	26	42	58	73	89	105	121	136	152	168	184	199
	10,5%	-26	-11	4	19	34	49	63	78	93	108	123	138	153	167	182
	11,0%	-31	-16	-2	12	26	40	54	68	82	96	110	125	139	153	167
	11,5%	-35	-21	-8	5	19	32	46	59	72	86	99	112	126	139	152
	12,0%	-39	-26	-13	0	12	25	38	50	63	76	88	101	113	126	139
	12,5%	-42	-30	-18	-6	6	18	30	42	54	66	78	90	102	114	126
	13,0%	-45	-34	-22	-11	1	12	23	35	46	58	69	80	92	103	114
	13,5%	-48	-37	-26	-16	-5	6	17	28	39	50	60	71	82	93	104
	14,0%	-51	-41	-30	-20	-9	1	11	22	32	42	52	63	73	83	93
	14,5%	-53	-43	-34	-24	-14	-4	6	16	25	35	45	55	65	74	84
	15,0%	-56	-46	-37	-27	-18	-9	1	10	19	29	38	47	57	66	75

Fuente: Elaboración propia

Tabla 7.4: VAN - WACC vs Precio Cu – OPMT (MUS\$)

		Precio del Cu (US\$/lb)														
		1,74	1,79	1,84	1,89	1,94	1,99	2,04	2,09	2,14	2,19	2,24	2,29	2,34	2,39	2,44
WACC	8,0%	37	57	76	96	116	136	156	176	196	215	235	255	275	295	314
	8,5%	28	46	65	84	102	121	140	159	177	196	215	233	252	271	289
	9,0%	19	37	55	72	90	108	125	143	160	178	196	213	231	249	266
	9,5%	12	28	45	62	78	95	112	128	145	162	178	195	211	228	245
	10,0%	4	20	36	52	68	83	99	115	130	146	162	178	193	209	225
	10,5%	-2	13	28	43	58	73	87	102	117	132	147	162	177	191	206
	11,0%	-8	6	20	34	49	63	77	91	105	119	133	147	161	175	189
	11,5%	-13	0	13	27	40	53	67	80	93	107	120	133	147	160	173
	12,0%	-19	-6	7	20	32	45	58	70	83	95	108	121	133	146	159
	12,5%	-23	-11	1	13	25	37	49	61	73	85	97	109	121	133	145
	13,0%	-27	-16	-5	7	18	30	41	53	64	75	87	98	109	121	132
	13,5%	-31	-20	-10	1	12	23	34	45	55	66	77	88	99	110	120
	14,0%	-35	-25	-14	-4	6	17	27	37	48	58	68	78	89	99	109
	14,5%	-38	-28	-19	-9	1	11	21	31	40	50	60	70	79	89	99
	15,0%	-41	-32	-23	-13	-4	6	15	24	34	43	52	62	71	80	89

Fuente: Elaboración propia

Tabla 7.5: VAN - WACC vs Precio Cu – SIT (MUS\$)

		Precio del Cu (US\$/lb)														
		1,74	1,79	1,84	1,89	1,94	1,99	2,04	2,09	2,14	2,19	2,24	2,29	2,34	2,39	2,44
WACC	8,0%	49	69	88	108	128	148	168	188	207	227	247	267	287	307	326
	8,5%	40	58	77	96	115	133	152	171	189	208	227	245	264	283	301
	9,0%	31	49	67	84	102	120	137	155	172	190	208	225	243	261	278
	9,5%	24	40	57	74	90	107	124	140	157	174	190	207	223	240	257
	10,0%	17	32	48	64	80	95	111	127	142	158	174	190	205	221	237
	10,5%	10	25	40	55	70	85	99	114	129	144	159	174	189	203	218
	11,0%	4	18	32	46	61	75	89	103	117	131	145	159	173	187	201
	11,5%	-1	12	25	39	52	65	79	92	105	119	132	145	159	172	185
	12,0%	-7	6	19	32	44	57	69	82	95	107	120	133	145	158	170
	12,5%	-11	1	13	25	37	49	61	73	85	97	109	121	133	145	157
	13,0%	-16	-4	7	19	30	42	53	64	76	87	98	110	121	133	144
	13,5%	-20	-9	2	13	24	35	46	56	67	78	89	100	110	121	132
	14,0%	-23	-13	-3	8	18	28	39	49	59	70	80	90	100	111	121
	14,5%	-27	-17	-7	3	13	23	32	42	52	62	71	81	91	101	111
	15,0%	-30	-20	-11	-2	8	17	26	36	45	54	64	73	82	92	101

Fuente: Elaboración propia

Se observa que la alternativa de operación de la mina OPMP muestra un VAN significativamente inferior a las demás.

Por otra parte la diferencia en la alternativa OPMT y SIT es relativamente baja y disminuye a medida que el precio del cobre aumenta (Es importante notar que la alternativa SIT muestra riesgos adicionales inherentes a la subcontratación de personal de la mina).

Dado lo anterior, se ratifica como escenario base el de operación propia y mantención por terceros (OPMT).

## 7.5.1. ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD DEL ESCENARIO BASE

Dados los resultados del análisis del punto anterior, se optó por realizar un análisis de sensibilidad del VAN del escenario base (OPMT) con respecto a las siguientes variables:

- Ley promedio de Cu
- Recuperación promedio de Cu
- Precio del Cu

Los resultados se indican a continuación:

Tabla 7.6: VAN - Ley de Cu vs Precio Cu – OPMT (MUS\$)

	Precio del Cu (US\$/lb)															
	1,74	1,79	1,84	1,89	1,94	1,99	2,04	2,09	2,14	2,19	2,24	2,29	2,34	2,39	2,44	
Ley Promedio de Cu (%)	0,45%	-40	-22	-4	13	31	49	67	84	102	120	137	155	172	190	207
	0,46%	-29	-11	7	26	44	62	80	98	115	133	151	169	187	205	223
	0,47%	-18	1	19	37	56	74	92	111	129	147	165	184	202	220	238
	0,48%	-7	12	31	49	68	87	105	124	142	161	180	198	217	235	254
	0,49%	4	23	42	61	80	99	118	137	156	175	194	213	232	250	269
	0,50%	15	35	54	73	92	112	131	150	169	188	208	227	246	265	284
	0,51%	26	46	65	85	104	124	144	163	183	202	222	241	261	280	300
	0,52%	37	57	76	96	116	136	156	176	196	215	235	255	275	295	314
	0,53%	47	67	87	107	128	148	168	188	208	228	248	268	289	309	329
	0,54%	58	78	99	119	140	160	181	201	222	242	262	283	303	324	344
	0,55%	69	89	110	131	152	173	193	214	235	256	277	297	318	339	360
	0,56%	79	101	122	143	164	185	206	227	248	270	291	312	333	354	375
	0,57%	90	112	133	155	176	198	219	240	262	283	305	326	348	369	391
	0,58%	101	123	145	167	188	210	232	254	275	297	319	341	362	384	406
	0,59%	112	134	156	178	200	223	245	267	289	311	333	355	377	399	421

Fuente: Elaboración propia

Tabla 7.7: VAN - Recuperación de Cu vs Precio Cu – OPMT (MUS\$)

	Precio del Cu (US\$/lb)															
	1,74	1,79	1,84	1,89	1,94	1,99	2,04	2,09	2,14	2,19	2,24	2,29	2,34	2,39	2,44	
Recuperación Promedio (%)	63,00%	-23	-5	14	32	50	68	86	104	122	140	158	177	195	213	231
	64,00%	-15	4	23	41	59	78	96	114	133	151	169	188	206	224	243
	65,00%	-6	13	32	50	69	87	106	125	143	162	180	199	217	236	255
	66,00%	3	22	40	59	78	97	116	135	154	172	191	210	229	248	267
	67,00%	11	30	49	69	88	107	126	145	164	183	202	221	240	260	279
	68,00%	19	39	58	78	97	116	136	155	174	194	213	232	252	271	290
	69,00%	28	47	67	87	106	126	145	165	185	204	224	243	263	283	302
	70,00%	36	56	76	96	115	135	155	175	195	215	234	254	274	294	314
	71,00%	44	64	84	104	124	144	164	184	204	224	244	264	284	304	324
	72,00%	52	72	93	113	133	154	174	194	214	235	255	275	296	316	336
	73,00%	60	81	102	122	143	163	184	204	225	245	266	286	307	327	348
	74,00%	69	90	110	131	152	173	194	214	235	256	277	298	318	339	360
	75,00%	77	98	119	140	162	183	204	225	246	267	288	309	330	351	372
	76,00%	86	107	128	150	171	192	213	235	256	277	299	320	341	363	384
	77,00%	94	116	137	159	180	202	223	245	267	288	310	331	353	374	396

Fuente: Elaboración propia

Adicionalmente, se optó por realizar un análisis de sensibilidad de con respecto al precio de dos de los insumos más relevantes, la energía y el ácido sulfúrico. Estos insumos han experimentado históricamente una alta volatilidad sus precios.

Tabla 7.8: VAN – Precio H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> vs Precio Cu – OPMT (MUS\$)

Precio H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (US\$/t)	Precio del Cu (US\$/lb)														
	1,74	1,79	1,84	1,89	1,94	1,99	2,04	2,09	2,14	2,19	2,24	2,29	2,34	2,39	2,44
20,00	70	90	110	130	150	169	189	209	229	249	269	288	308	328	348
30,00	57	77	97	117	137	157	176	196	216	236	256	276	295	315	335
40,00	44	64	84	104	124	144	164	183	203	223	243	263	283	302	322
50,00	31	51	71	91	111	131	151	171	190	210	230	250	270	290	309
60,00	19	39	58	78	98	118	138	158	178	197	217	237	257	277	297
70,00	5	25	45	65	85	105	125	145	165	185	204	224	244	264	284
80,00	-8	12	32	52	72	92	112	132	152	172	192	211	231	251	271
90,00	-21	-1	19	39	59	79	99	119	139	159	179	199	218	238	258
100,00	-34	-14	6	26	46	66	86	106	126	146	166	186	205	225	245
110,00	-47	-27	-7	13	33	53	73	93	113	133	153	173	193	212	232
120,00	-60	-40	-20	0	20	40	60	80	100	120	140	160	180	200	219
130,00	-73	-53	-33	-13	7	27	47	67	87	107	127	147	167	187	207
140,00	-87	-66	-46	-26	-6	14	34	54	74	94	114	134	154	174	194
150,00	-100	-80	-59	-39	-19	1	21	41	61	81	101	121	141	161	181
160,00	-113	-93	-73	-52	-32	-12	8	28	48	68	88	108	128	148	168

Fuente: elaboración propia

Tabla 7.9: VAN – Precio Energía vs Precio Cu – OPMT (MUS\$)

Precio de la Energía (US\$/MWh)	Precio del Cu (US\$/lb)														
	1,74	1,79	1,84	1,89	1,94	1,99	2,04	2,09	2,14	2,19	2,24	2,29	2,34	2,39	2,44
50,00	60	80	100	120	140	159	179	199	219	239	259	278	298	318	338
65,00	49	69	89	109	129	149	169	188	208	228	248	268	288	307	327
80,00	39	59	78	98	118	138	158	178	198	217	237	257	277	297	316
95,00	28	48	68	88	107	127	147	167	187	207	226	246	266	286	306
110,00	17	37	57	77	97	117	136	156	176	196	216	236	255	275	295
125,00	6	26	46	66	86	106	126	146	165	185	205	225	245	265	284
140,00	-5	15	35	55	75	95	115	135	155	174	194	214	234	254	274
155,00	-16	5	25	45	64	84	104	124	144	164	184	203	223	243	263
170,00	-26	-6	14	34	54	74	93	113	133	153	173	193	213	232	252
185,00	-37	-17	3	23	43	63	83	103	122	142	162	182	202	222	241
200,00	-48	-28	-8	12	32	52	72	92	112	132	151	171	191	211	231
215,00	-59	-39	-19	1	21	41	61	81	101	121	141	161	180	200	220
230,00	-70	-50	-30	-10	10	30	50	70	90	110	130	150	170	189	209
245,00	-81	-61	-41	-21	0	20	40	60	79	99	119	139	159	179	199
260,00	-92	-72	-52	-32	-11	9	29	49	69	89	108	128	148	168	188

Fuente: elaboración propia

Se observa que la evaluación económica muestra una asimetría positiva con respecto al VAN del proyecto aún empleando valores que pudieran ser considerados como conservadores. Adicionalmente, es importante notar se cuenta con la posibilidad de detener provisoriamente las operaciones del proyecto si los costos aumentan por largos periodos de tiempo sin que el precio del cobre lo compense. Aunque esta alternativa no siempre es recomendable para plazos cortos dado las implicancias de un cierre y de un reapertura del proyecto.

## 7.6. ESCENARIOS

Para evaluar el comportamiento de los resultados de la evaluación económica del proyecto frente a cambios en un conjunto de variables claves, se generó un escenario optimista y uno pesimista. Estos se encuentran descritos a continuación:

Tabla 7.10: Escenarios

ESCENARIO	OPTIMISTA	PESIMISTA
Precio del Cu Fundamentado en el precio de largo plazo estimado por analistas. Se tomaron los valores extremos. (Abril 2011)	2,85 US\$/lb (Fuente: Morgan Stanley)	1,94 US\$/lb (Fuente: Credit Suisse)
Ley promedio de Cu Este valor proviene del análisis de control de calidad (QA/QC) realizado en la etapa de prefactibilidad del proyecto y considera la diferencia de la ley de Cu promedio con el menor valor de esta (obtenido a partir del análisis de sondajes de diamantina).	0,56% Media más una desviación estándar.	0,48% Media menos una desviación estándar.
Recuperación de Cu Este valor proviene del modelo Geometalúrgico. Se rectificó el valor de $\mu$ (70,4) empleado por la empresa en la evaluación anterior por detectarse diferencias con la información que se contaba.	72,8% Media más una desviación estándar.	67,4% Media menos una desviación estándar.
Margen de error OPEX Fundamentado en el grado de precisión descrito en la base de la estimación de los costos de operación.	-20%	+20%
Precio H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> Fundamentado en precios promedios históricos del ácido sulfúrico.	25 US\$/t (años 2001 a 2005)	250 US\$/t (año 2008)
Precio Energía Fundamentado en el costo marginal de generación en el SIC (subestación Quillota) del período Octubre 2009 a Septiembre 2011.	50,00 US\$/MWh (años 2001 a 2005)	100,00 US\$/MWh (año 2008)

Fuente: Elaboración propia

Es importante notar que, en el escenario optimista, el precio de la energía y del ácido sulfúrico corresponde al periodo 2001 a 2005, en el que el precio del cobre osciló entre 0,72 US\$/lb y 1,67 US\$/lb.

Mientras que el escenario pesimista considera el año 2008 como base debido a la crisis económica. En dicho periodo el precio del cobre se situó en 2,34 US\$/lb.

Se estima que los escenarios propuestos son conservadores en cuanto a los precios de los insumos.

Los valores del VAN, TIR y Cash cost de los escenarios descritos anteriormente se describen a continuación:

- **Escenario optimista:**
  - VAN: 716,5 MUS\$
  - TIR: 34,9%
  - Cash cost: 0.80 US\$/lb
- **Escenario pesimista:**
  - VAN: -420,6 MUS\$
  - TIR: N/A
  - Cash cost: 2,78 US\$/lb

El escenario optimista muestra indicadores de rentabilidad atractivos. En particular el Cash cost de 0,80 US\$/lb es inferior al promedio de Codelco y al promedio de la minería nacional (ex Codelco), lo que implicaría un margen bruto promedio de 75,6%.

Por otra parte, se observa que el VAN del escenario pesimista es negativo y cercano a la inversión del proyecto. Esto se debe al alto Cash cost del proyecto, el cual es superior al precio del cobre por lo que el proyecto no tendría un flujo de caja positivo y sería imposible recuperar la inversión.

Es importante notar que el precio del ácido sulfúrico es el principal elemento de este escenario, con un precio 5 veces superior al del escenario base y 10 veces superior al del escenario optimista.

Se estima que la posibilidad de que suceda esto es remota y que el alza del precio del ácido sulfúrico puede ser predicha con un plazo adecuado. De acuerdo al estudio del mercado del ácido sulfúrico de Cochilco, se estima que el mercado de ácido sulfúrico en Chile sería excedentario a partir del año 2018.

## CAPÍTULO 8: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El Proyecto San Antonio Óxidos es un proyecto minero de tamaño moderado (30 ktpa) con una ley de cobre (0,52%) inferior en 32,5% al promedio de la industria (0,77%) y algunas dificultades a nivel de la caracterización del mineral como lo es la alta presencia de meta-sedimentos. Factor que afecta negativamente la capacidad de drenaje de las pilas de lixiviación reduciendo la recuperación de cobre.

A pesar de ello, en su escenario base cuenta con un VAN de 175,7 millones de US\$ y una TIR de 17,4%. Valores superiores a los requeridos para inversiones de esta naturaleza, en los cuales los inversionistas buscan tasas internas de retorno superiores a 10% (en US\$ reales). Por otra parte, se puede mejorar la rentabilidad de los accionistas en este proyecto mediante el uso de apalancamiento financiero.

A partir del análisis de la inversión, se desprende que este proyecto cuenta con un CAPEX/tonelada de Cu bajo en relación a otros proyectos (2,3 kUS\$/tCu vs 19 kUS\$/tCu para el proyecto Andina Fase I). Esto se debe a la existencia de una infraestructura heredada de la explotación anterior del yacimiento. Dicha infraestructura se encuentra en buenas condiciones y sólo son necesarias algunas inversiones menores relativas a ampliación, mejora y modernización de esta para que esté en condiciones de operar. Estas inversiones ascenderían a 8,8 MUS\$.

Por otra parte, en el análisis de los aspectos regulatorios, se estimó que el proyecto no cuenta con riesgos regulatorios que pudieran influir en la factibilidad económica del proyecto. Ejemplo de ello, es la presentación, por parte de la DSAL, de un DIA para solicitar la autorización ambiental para el funcionamiento del Proyecto. Adicionalmente, Chile es considerado más seguro del mundo en relación a inversiones mineras (Fuente: Wellmer et al.).

De igual forma, el costo de operación del proyecto es moderado con un Cash Cost de 1,25 US\$/lb para el escenario base. Dicho Cash Cost es consecuencia de una baja ley de cobre. Sin embargo, dado el precio actual del cobre y las perspectivas de este, en especial dado el agotamiento de las reservas mundiales, se estima que este cash cost será considerado bajo. En la actualidad, el cash cost promedio de los proyectos mineros de cobre en Chile es de 1,25 US\$/lb y ha experimentado un alza en los últimos años. Este cash cost se encuentra en torno a la media nacional y 25% por sobre la media de los demás yacimientos en explotación de Codelco.

La estrategia de explotación de la División Salvador es coherente con la alternativa OPMT. Se estima que esta es la que presenta el mejor perfil de riesgo y rentabilidad. En especial se estima que la alternativa que externaliza las operaciones de la mina es riesgosa (riesgo moral por parte de la empresa subcontratista, paralización



de las faenas por diversos motivos, sobrecostos) y porque la empresa poseería poco control sobre dichas operaciones.

El costo de operación es relativamente bajo (margen operacional de 41,4%) y permite acomodar fluctuaciones negativas en el precio del Cu y en los precios de los insumos. Basándose en la baja de las leyes de cobre de los yacimientos y el agotamiento de las reservas mundiales de cobre se estima que las probabilidades de que el proyecto cuente con un margen operacional negativo son reducidas.

Se podría plantear que dado el bajo grado de diferenciación del producto y el Cash Cost cercano a la media nacional, la empresa no logra consolidar en el proyecto las ventajas competitivas producto de su posición en el mercado nacional e internacional. Pero un análisis detallado del contexto del proyecto parece indicar que este corresponde a la capitalización de las ventajas competitivas de Codelco.

En efecto, los riesgos de este proyecto son similares a los de otros proyectos de óxidos de cobre de la región. Sin embargo, es importante notar elementos como la disponibilidad de agua y la cercanía de los productores de algunos de sus insumos (en especial de la Energía y del H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>).

Dado el doble rol de Codelco en el mercado del ácido sulfúrico, donde es a la vez proveedor y consumidor, se estima que la realización de contratos a largo plazo no genera beneficios a menos que se logre realizar un arbitraje de precios. De todas formas, el beneficio de esto no correspondería al Proyecto por lo que se desestima. En caso de que el proyecto sea enajenado, se recomienda

Se recomienda estudiar la viabilidad de asegurar el suministro y precio de la energía y del ácido sulfúrico a largo plazo mediante contratos derivados.

Adicionalmente, el Proyecto considera aportes desde la Fundición y Refinería de Potrerillos que implican mejoras en su rentabilidad (38,9 MUS\$ en el caso de la alternativa OPMT) además de extender la vida útil de dicha fundición con insumos (minerales sulfurados de cobre) provenientes de la Mina Vieja de Potrerillos que cuentan en consecuencia con costos de transporte menores a otras alternativas.

Finalmente, el proyecto permite relocalizar personal experimentado desde otros proyectos de la empresa, protegiendo inversiones en capital humano de la empresa así como información confidencial y estratégica que podría estar en riesgo si se debiera proceder al despido masivo de empleados.

A pesar de la postergación del cierre de la mina de El Salvador, el proyecto puede acomodar empleados provenientes de otras divisiones de la empresa, replicando algunos de los beneficios descritos en el párrafo anterior.

Se recomienda revisar el dimensionamiento de la planta de procesamiento. Se estima de que el aumento de la concentración de Cu en la solución PLS producto de los

aportes FuRe aumenta la carga de las plantas SX y EW hasta en un 20% arriesgando fallas de los equipos en estas.

En virtud del análisis de la información disponible y generada en el marco de esta memoria, se recomienda pasar a la etapa de factibilidad, enfocando, complementando y mejorando la información disponible de las distintas disciplinas de la minería. De igual forma es necesario integrar todos los elementos de la disciplina procesamiento de los minerales.

Finalmente se recomienda actualizar y uniformar la información generada, en especial en lo relativo a las remuneraciones del personal. De igual forma se considera necesario volver a evaluar la tasa de crecimiento de las remuneraciones reales del personal (2,5% vs 4,1% media nacional histórica).

# REFERENCIAS

BAEZA LORCA, CARLOS. 2010. Informe técnico de servidumbre minera sector Proyecto San Antonio y Mineral El Hueso. 11p

BECKEL, JORGE. 2000. El proceso hidrometalúrgico de lixiviación en pilas y el desarrollo de la minería cuprífera de Chile. Santiago, Chile. CEPAL. 69p

BANCO CENTRAL DE CHILE. Producto Interno Bruto (PIB) por clase de actividad económica a precios corrientes y constantes. [En línea] <[http://www.bcentral.cl/estadisticas-economicas/series-indicadores/index\\_aeg.htm](http://www.bcentral.cl/estadisticas-economicas/series-indicadores/index_aeg.htm)> [consulta: 10 de Enero 2011].

CDEC-SIC. DIRECCIÓN DE PEAJES. 2010. Determinación de abono o cargo a suministros sometidos a regulación de precios para fijación de precios de octubre. Santiago, Chile. 23p

COCHILCO. 2010. Demanda de energía eléctrica en la minería del cobre y perspectivas de seguridad en su abastecimiento. Santiago, Chile. 36p

COCHILCO. 2009. Desarrollo Minero en Chile, Análisis y Desafíos. Chile. Santiago, Chile. 376p

COCHILCO. 2009. El mercado del ácido sulfúrico en Chile y su proyección al año 2020. Santiago, Chile. 44p

COCHILCO. 2007. Oportunidades de negocios para proveedores de bienes, insumos y servicios mineros en Chile. Santiago, Chile. 49p

CODELCO CHILE DIVISION SALVADOR. 2008. Nota Interna 127/08: Acompaña Servidumbre Proyecto San Antonio. 25p

CODELCO CHILE DIVISIÓN SALVADOR. 2009. Proyecto San Antonio, Etapa de Prefactibilidad, Informe residuos líquidos. 13p

CODELCO CHILE DIVISIÓN SALVADOR. 2009. Complementación y Actualización, Proyecto San Antonio Óxidos - Prefactibilidad. 752p

CODELCO CHILE DIVISIÓN SALVADOR. 2009. Proyecto San Antonio, Etapa de Prefactibilidad, Informe residuos sólidos. 18p

CODELCO CHILE DIVISIÓN SALVADOR. 2009. Categorización y declaración de reservas mineras. 26p

- CODELCO CHILE DIVISIÓN SALVADOR. 2010. Calentamiento de solución de riego de pilas. 9p.
- CODELCO CHILE DIVISIÓN SALVADOR. JHG Ingeniería. 2010. Calentamiento solución ILS Proyecto San Antonio. 32p
- CODELCO CHILE DIVISIÓN SALVADOR. JRI INGENIERÍA. 2009. Informe de interferencias Alternativa B. 10p
- CODELCO CHILE DIVISIÓN SALVADOR. JRI INGENIERÍA. 2009. Relaciones externas y comunitarias. 18p
- CODELCO CHILE DIVISIÓN SALVADOR. JRI INGENIERÍA. 2009. Análisis de riesgos de seguridad y salud ocupacional. 15p
- CODELCO CHILE DIVISIÓN SALVADOR. JRI INGENIERÍA. 2009. Plan de cierre preliminar. 64p
- DAMODARAN, A. 2002. 2nd. ed. Investment Valuation. New York, USA. John Wiley & Sons Inc. 992p
- DIRECCIÓN DE OBRAS PORTUARIAS. 2005. Sistema Portuario de Chile 2005. Chile, MOPTT. 132p
- INGENIERÍA DE ROCAS LTDA. 2009. Estudio de estabilidad de taludes Mina a rajo abierto Proyecto San Antonio Óxidos.18p
- INGENIERÍA DE ROCAS LTDA. 2009. Actualización del modelo geotécnico Proyecto San Antonio. 15p
- MARJORIBANKS, R. 2010. 2nd. ed. Geological Methods in Mineral Exploration and Mining. Australia. Springer. 248p
- METALICA CONSULTORES LTDA. 2009. Ingeniería conceptual minería. 147p
- METALICA CONSULTORES LTDA. 2009. Plan minero para ingeniería conceptual Proyecto San Antonio. 174p
- MILLER, GRAEME. READETT, DAVID. DUDLEY, KIM. 2002. Selection of Entrainment Control Processes in Copper Solvent Extraction Plants. Australia. AusIMM. 13p
- MINERÍA Y MEDIO AMBIENTE LTDA. 2009. Declaración de Impacto Ambiental Proyecto San Antonio. 77p
- SAPAG CHAIN, N. 2007. Proyectos de inversión, Formulación y evaluación. México, Pearson Educación 486p

SUBSECRETARÍA DE TRANSPORTES. 2007. Estudio de diagnostico del modo de transporte ferroviario. Chile, MTT. 51p

WELLMER, F-W. DALHEIMER, M. WAGNER, M. 2008. 2nd. ed. Economic Evaluations in Exploration. Germany. Springer. 263p

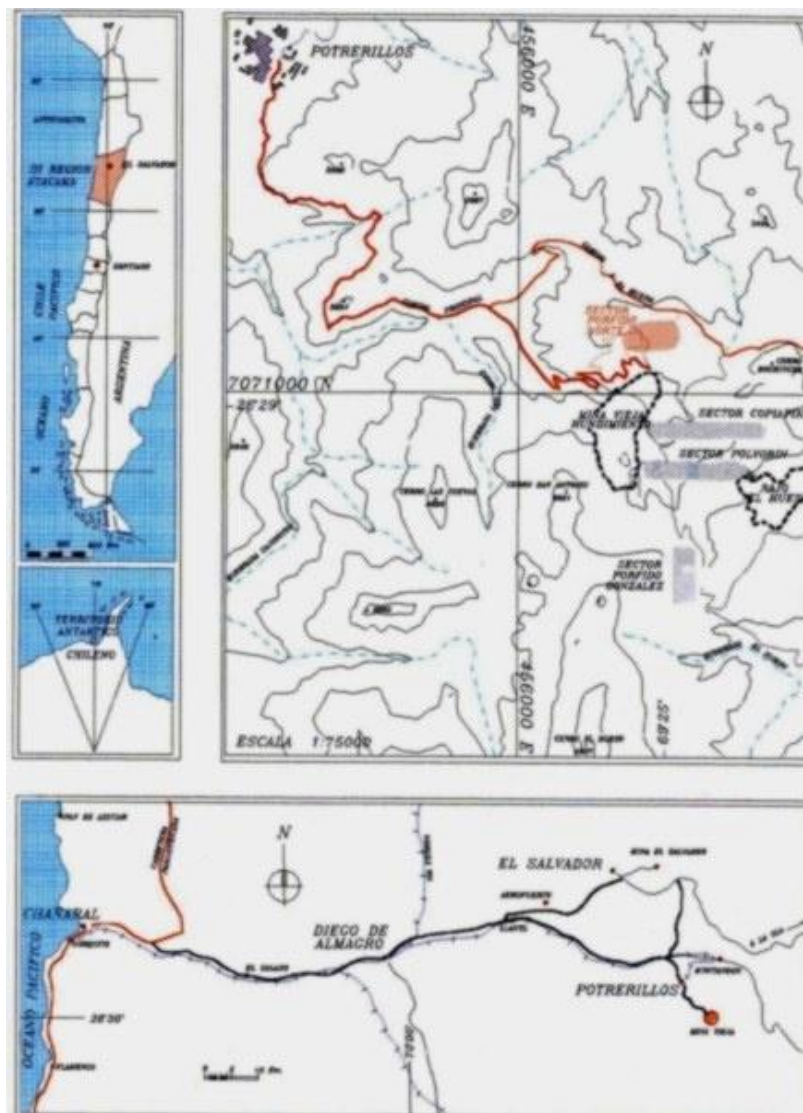
# ANEXOS

# CAPÍTULO 9: ANEXO A: RESUMEN GEOLOGÍA

## 9.1. UBICACIÓN

El Proyecto San Antonio Óxidos se ubica en Potrerillos, comuna de Diego de Almagro, Provincia de Chañaral, en la Tercera Región de Atacama a una altura de entre 3 ka 4 km.s.n.m. En línea recta en plano- Sus coordenadas geográficas centrales son 26° 29' de latitud Sur y 69° 25' de longitud Oeste.

Figura 9.1: Ubicación detallada del Proyecto San Antonio



Fuente: DSAL

## 9.2. PROPIEDAD MINERA

La Conserjería Jurídica de Codero División Salvador realizó la escritura de las pertenencias mineras del Proyecto San Antonio Óxidos, las que corresponden a las concesiones de explotación descritas en la Tabla 9.1.

La propiedad minera del Proyecto San Antonio está amparada por 6.722 hectáreas de concesiones de las cuales 1.662 hectáreas corresponden a superposiciones por lo que la superficie total efectiva es de 5.060 hectáreas.

Tabla 9.1: Pertenencias mineras Proyecto San Antonio

CONCESIÓN	TITULAR	SITUACIÓN	AÑO DE INSCRIPCIÓN
Grupo de Cobre 1 al 82	CODELCO CHILE DIV SALVADOR	CONSTITUIDA	1951
Coya II 1 al 318	CODELCO CHILE DIV SALVADOR	CONSTITUIDA	1982
Hundimiento 1 al 813"	CODELCO CHILE DIV SALVADOR	CONSTITUIDA	1978
San Antonio 1 al 4	CODELCO CHILE DIV SALVADOR	CONSTITUIDA	1988
San Antonio II	CODELCO CHILE DIV SALVADOR	CONSTITUIDA	2000

Fuente: Elaboración propia

Dichas pertenencias fueron declaradas constituidas y se encuentran inscritas en el Conservador de bienes raíces de Chañaral (Grupo de Cobre, Coya II y Hundimiento) y de Diego De Almagro (San Antonio y San Antonio II) con la Corporación Nacional del Cobre de Chile como titular.

Cabe mencionar que, de acuerdo al Catastro Minero On-line del SERNAGEOMIN, las pertenencias anteriormente mencionadas limitan con:

- Concesiones de Exploración, cuyo titular es Minera Meridian Limitada, al Norte.
- Concesiones de Explotación, cuyo titular es Agua de la Falda S.A., al Este, Sur y Oeste. Agua de la Falda (Empresa constituida en 1996) es un Joint Venture entre Codelco y Homestake. Actualmente su propiedad se divide entre Codelco (43,28%) y Minera Meridian Limitada (56,72%).

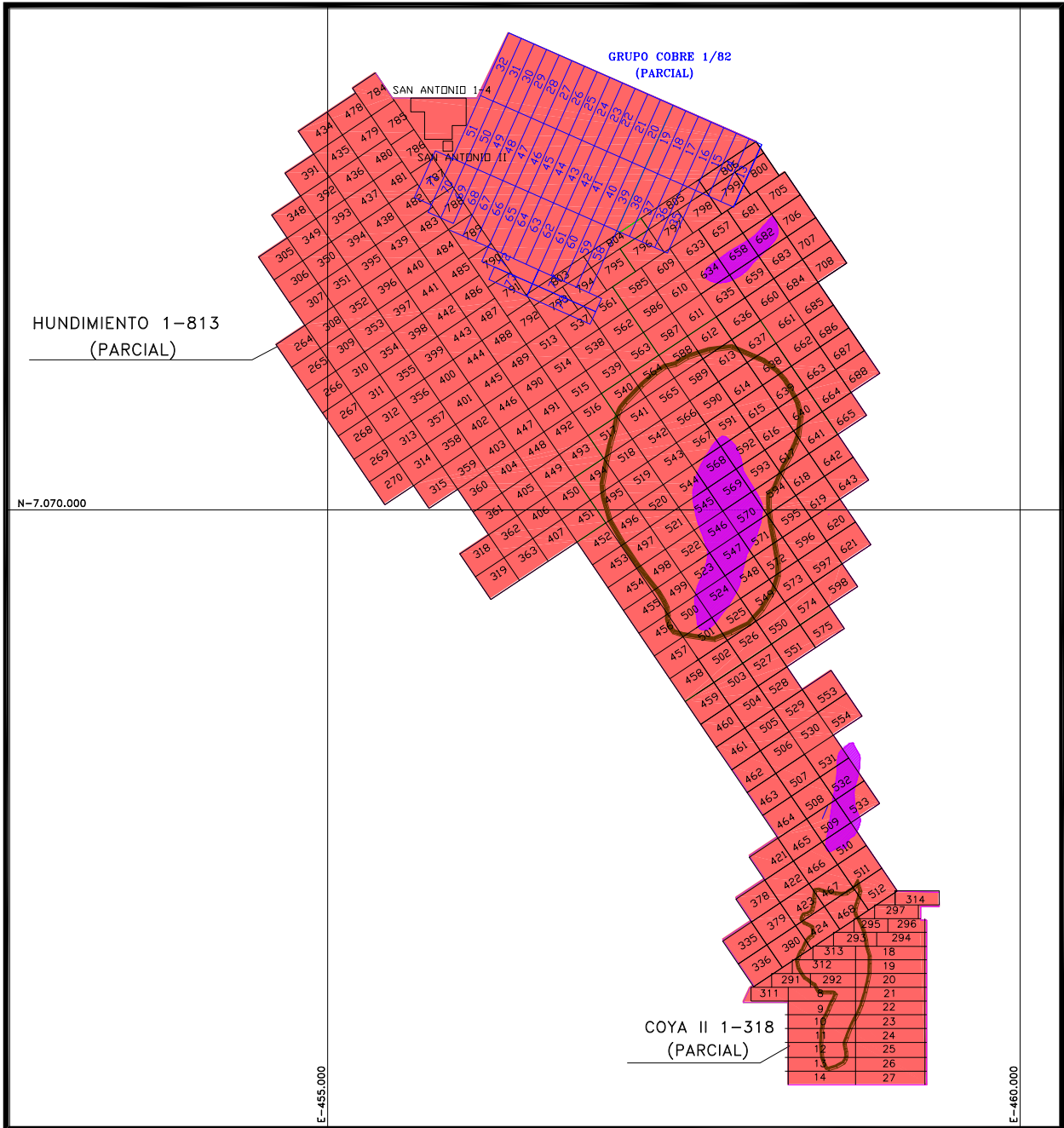


Figura 9.2: Mapa de pertenencias mineras Proyecto San Antonio



VICEPRESIDENCIA DE EXPLORACIONES Y ASOCIACIONES MINERAS  
 GERENCIA DE EXPLORACIONES  
 SAN ANTONIO COBRE 1<sup>er</sup> PISO

ESCALA 1 : 500



Fuente: Codelco

## **9.3. PROPIEDAD SUPERFICIAL**

### **9.3.1. SERVIDUMBRES MINERAS**

El año 2003, se solicitó la constitución de una servidumbre minera de 3.106 hectáreas (Figura 9.3) emplazada dentro de las coordenadas UTM de origen La Canoa PSAD-56 Huso 19.

Esta servidumbre se localiza sobre tierras fiscales por lo que el Consejo de Defensa del Estado asumió la defensa en el juicio por dicha solicitud. El año 2004, la Procuradora Fiscal de Atacama realizó una propuesta por tiempo indefinido. Dicha propuesta implicaba un pago de 4,00 UF por hectárea en 4 cuotas de 20%, 20%, 30% y 30% pagaderas durante los 10 primeros días del mes de Diciembre de los años 2004, 2005, 2006 y 2007 respectivamente.

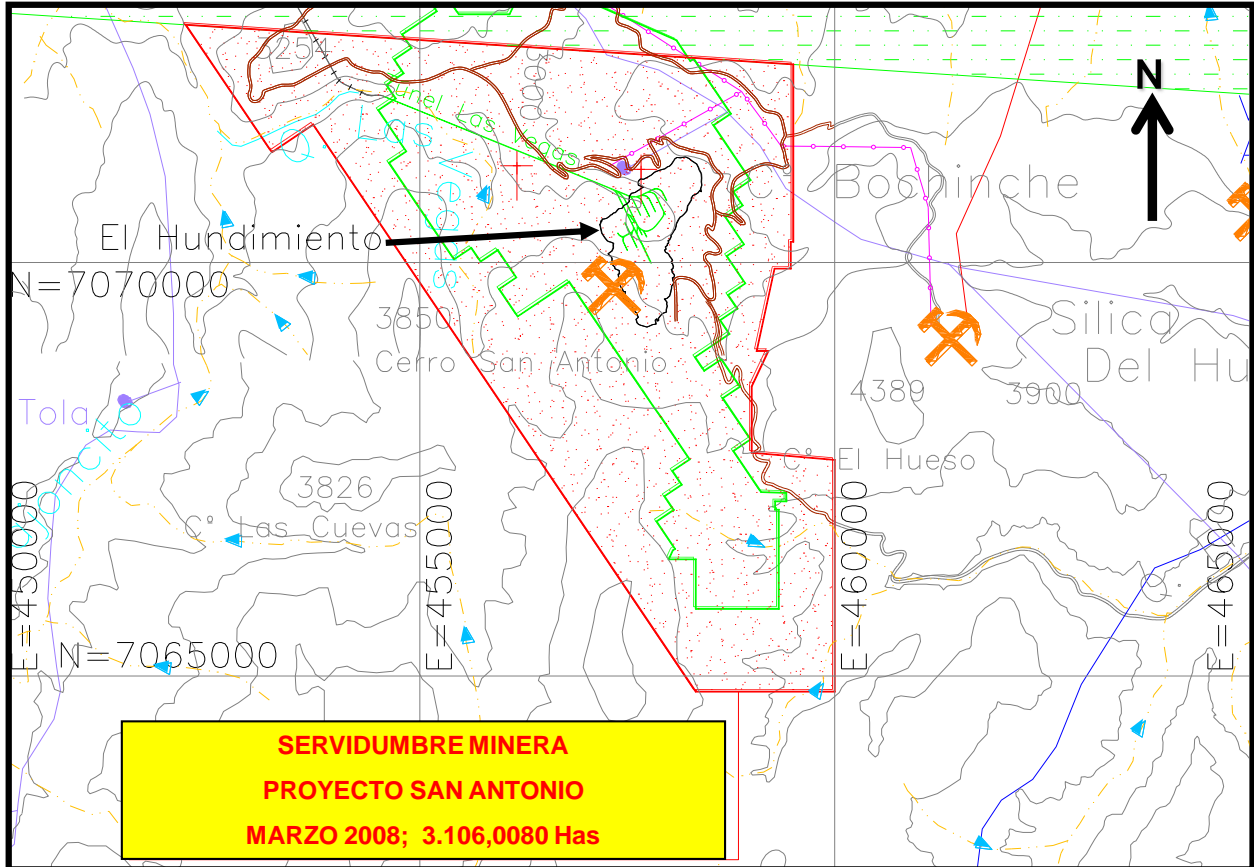
### **9.3.2. SERVIDUMBRES DE TERRENO**

Por otra parte, la División Salvador de Codelco cuenta con las siguientes servidumbres de terreno (Figura 9.4).

- “El Chorro de Juncal” (24.944 has)
- “El Chorro de la Ola” (43.378 has)
- “Veguitas de las Acerillas” (9.900 has)
- “Veguitas Agua de la Piedra” (1.008 has)
- “Agua de la Cortadera” (20.422 has)

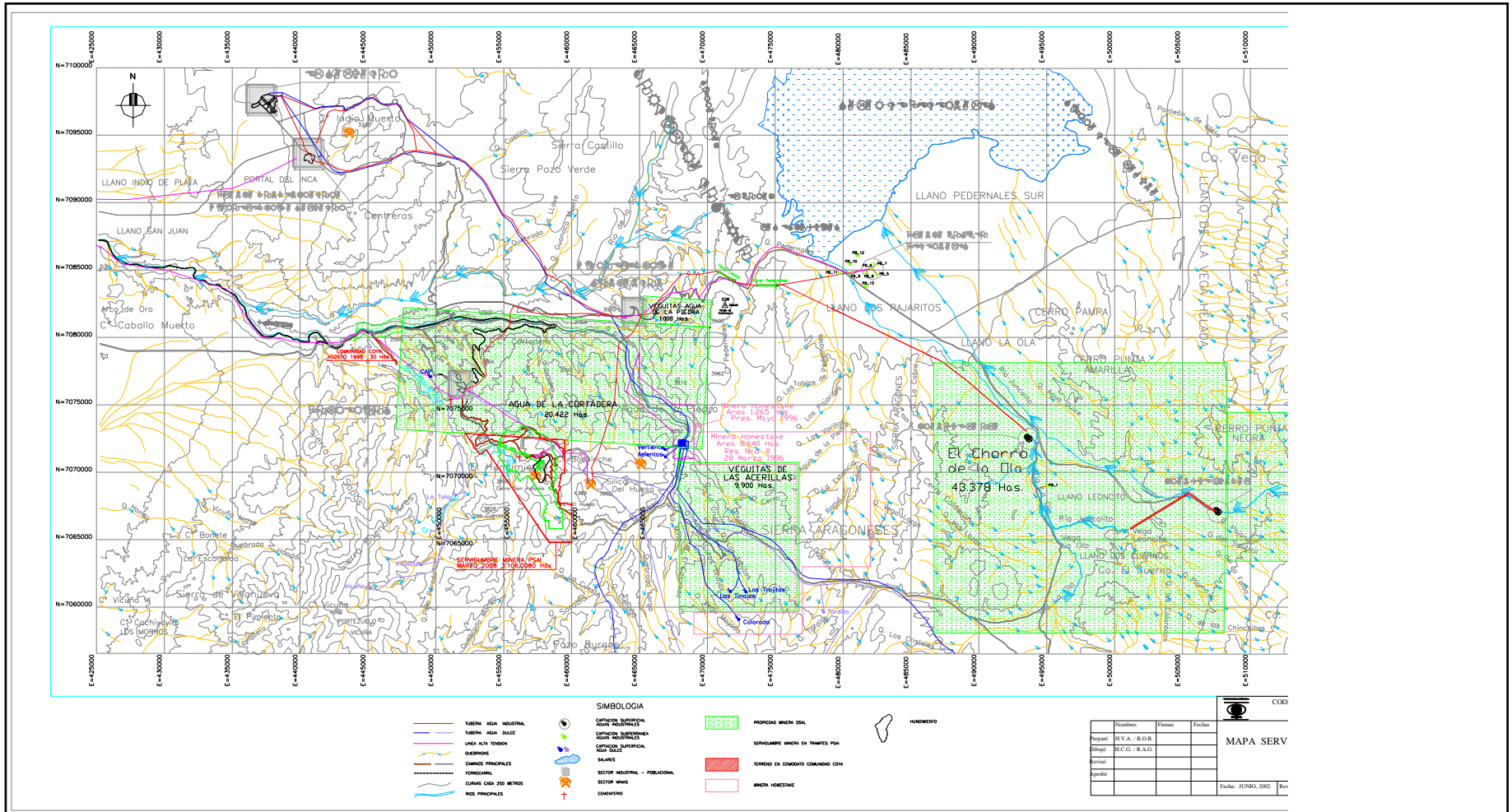
Las que, al momento del cierre de la mina de El Salvador, dejarían de pertenecer a este proyecto y pasarían a formar parte del proyecto San Antonio.

Figura 9.3: Mapa servidumbre minera Proyecto San Antonio (2008)



Fuente: DSAL

Figura 9.4: Mapa servidumbre y propiedad minera DSAL



Fuente: DSAL

## 9.4. GEOLOGÍA REGIONAL

El ambiente geológico y metalogénico que caracteriza las regiones central y norte de Chile se debe a que estas fueron el foco de actividades tectónicas y magmáticas relacionadas con subducción de la placa Farallon bajo el continente Sudamericano entre los períodos Triásico (hace 250 millones de años) y Terciario<sup>1</sup> Superior (hace 20 millones de años).

Los yacimientos conocidos se emplazan en rocas sedimentarias calcáreas jurásicas a través de zonas de fractura inversos norte – sur. El distrito de Potrerillos se caracteriza por la coexistencia de yacimientos de cobre (Mina Vieja) y de oro (El Hueso y Agua de la Falda).

La presencia de oro en el distrito se debe a la existencia de oro en rocas corticales del manto superior en la región por lo que puede ser removido, transportado y depositado. Esta hipótesis se complementa con la cercanía de la Franja de Maricunga, ubicada al sudeste del yacimiento. Los depósitos de oro en dicho cordón son más recientes que los yacimientos de Potrerillos con una edad que varía entre 10 y 25 millones de años.

En el distrito Potrerillos están presentes diversos stocks de pórfidos emplazados durante el período Terciario y que presentan intrusión temprana, intra y tardía de mineralización de cobre.

En el sector de la Mina Vieja se desarrollaron pórfidos con intra-mineralización de cobre y mineralización subordinada de molibdeno, arsénico y oro.

Tabla 9.2: Pórfidos del distrito Potrerillos

<b>Pórfido</b>	<b>Edad (millones de años)</b>	<b>Mineralización</b>
El Hueso (1)	47,0 ± 0,07	Sericita
El Hueso (2)	40,2 a 40,8	Sericita, Biotita e Illita
González	38,8 ± 0,06	Sericita
Bochinche	37,9 ± 0,06	
Polvorín	37,6 ± 0,04	Sericita
Norte	36,6 ± 0,04	
Cobre	35,0 a 35, 9	Ortoc., Sericita, Biotita y Hornita-biotita
Cerro El Hueso	33,1 a 33,2	Plagioclasa y Biotita

Fuente: DSAL

---

<sup>1</sup> La Comisión Estratigráfica Internacional no reconoce oficialmente el periodo Terciario. Este es comúnmente asociado a una porción de la era Cenozoica que se extiende desde la época Paleoceno a Plioceno.

Con respecto a la estratigrafía, el informe de Actualización y Complementación Proyecto San Antonio - Prefactibilidad, del año 2009 indica que:

*“Sobreyaciendo a esta unidad mesozoica, afloran tobas y brechas riolíticas y dacíticas del complejo volcánico Sierra Emilio, lavas andesíticas – traquiandesíticas y flujos riolíticos de la secuencia volcánica Cerro Valiente. Las formaciones mencionadas se distribuyen según una tendencia general nor-noreste, inclinación homoclinal principal de 20 a 70° al oeste y con fuerte control estructural, destacándose sobreimposiciones estratigráficas producidas por fallamiento inverso.”*

Con respecto a las Rocas Intrusivas el mismo informe indica que:

*“Numerosos cuerpos intrusivos, mineralizados y no-mineralizados, son reconocidos en el área del distrito Potrerillos, destacándose entre los primeros los pórfidos San Antonio (incluye los pórfidos Cobre, Secreto y Esmeralda, en las descripciones de APMC), Norte, González y Mina El Hueso y, entre los segundos, el Pórfido El Hueso.”*



## 9.5. HISTORIAL

### 9.5.1. HISTORIAL DEL YACIMIENTO

La información histórica del yacimiento y de la ciudad de Potrerillos es abundante y se encuentra bien documentada. A continuación se realiza un recuento de los principales acontecimientos descritos en la “Complementación y Actualización Proyecto San Antonio Óxidos – Prefactibilidad”:

- 1895 – 1913: Pequeños mineros y nativos explotaban artesanalmente algunas vetas de cobre de alta ley. La Compañía Minera Potrerillos adquirió las propiedades mineras para llevar a cabo, sin éxito, una explotación de mayor envergadura.
- 1913: William Braden adquiere la Compañía Minera Potrerillos y se inicia una explotación a baja escala.
- 1916: El yacimiento es adquirido por Andes Copper Mining Co. (ACMC).
- 1926: ACMC inicia la explotación del yacimiento.
- 1946: ACMC descubre el depósito cuprífero Pórfido Norte.
- 1949: Se paraliza la explotación de óxidos de cobre. Al momento de la paralización, la ley de alimentación a planta de lixiviación era de 0,94% Cu.
- 1954: ACMC descubre el yacimiento cuprífero Indio Muerto (Salvador) ubicado a 34 km al noroeste de la mina Potrerillos.
- 1958: ACMC descubre el depósito cuprífero Pórfido González.
- 1959: Se cierra la explotación de sulfuros de cobre. Al momento del cierre, la ley de alimentación a planta concentradora era de 0,83% CuT.
- 1982: A 2 km al Este de la Mina Vieja, la División Salvador (DSAL) descubre el yacimiento de oro “El Hueso”. El que, posteriormente es explotado por la empresa Homestake recuperándose 505 konzas (15,655 ton) de oro.
- 1995: Homestake comunica el descubrimiento del depósito Agua de la Falda, un estratoligado de oro ubicado a 4,5 km al este de la Mina Vieja.
- 2002: Se inicia el proyecto que reacondiciona de la Fundición y Refinería de Potrerillos, la que produce anualmente alrededor de 520 ktoneladas de ácido sulfúrico.



## 9.5.2. HISTORIAL DEL PROYECTO

Por otra parte, los estudios del Proyecto San Antonio fueron iniciados luego de la campaña de sondajes de 1987 e incluyen evaluaciones geológicas y económicas, estudios de ingeniería así como pruebas metalúrgicas a nivel industrial. A continuación se hace un recuento histórico de los principales acontecimientos y estudios del proyecto:

- 1992: Cade Idepe realiza el “Estudio Técnico-Económico Complejo Minero-Metalúrgico Mina Vieja Potrerillos, DSAL”.
- 1996: La Gerencia de Exploraciones de CODELCO realiza el estudio “Proyecto San Antonio – Evaluación Geometalúrgica del Recurso Cuprífero”.
- 1997: Se realiza una licitación internacional para la explotación del yacimiento, la que es finalmente declarada desierta.
- 1998: Inversiones Mineras Los Andes realiza el estudio “Proyecto San Antonio – Revisión y Evaluación” con el fin de evaluar una potencial adquisición del yacimiento. Los resultados son negativos y la empresa pone fin a la negociación.
- 1999: La DSAL realiza internamente un Estudio Económico con resultados positivos.
- 1999: La Subgerencia de Desarrollo de Proyectos de la Vicepresidencia de Exploraciones y Asociaciones Mineras (VEAM) de la DSAL realiza el estudio “Proyecto San Antonio – Evaluación Conceptual”, él que arroja resultados positivos.
- 2000: JRI audita y complementa el estudio “Proyecto San Antonio Integrado”.
- 2002: Se realizan los estudios de “Mejoramiento de la calidad y respaldo de la información geológica y metalúrgica Proyecto San Antonio”.
- 2003: Bechtel realiza el informe de cierre del “Estudio de Pre-factibilidad San Antonio”.
- 2005: Cade Idepe desarrolla el estudio “Ingeniería de Pre-factibilidad PSA”.
- 2008: JRI realiza el estudio “Ingeniería de Perfil del Proyecto San Antonio Óxidos”.
- 2009: JRI realiza el estudio “Ingeniería de Prefactibilidad Proyecto San Antonio Óxidos”.
- 2009: Se realiza el estudio “Complemento y Actualización Proyecto San Antonio Óxidos – Prefactibilidad”.

## 9.6. SONDAJES

El historial de sondajes se remonta hasta el año 1913 y cuenta con 170.006 metros perforados en 1.088 sondajes realizados principalmente con métodos de Aire Reverso Diamantina y Percusión. Este se encuentra resumido en la tabla Tabla 9.3.

A pesar de ello, sólo se cuenta con un completo respaldo físico de las campañas posteriores a la de Diamantina de 1996.

Inicialmente se generó un Modelamiento Geológico denominado “Revisión 0” con los sondajes de la campaña AR 2001. Los sondajes de esta campaña fueron mapeados por 6 geólogos distintos que no contaban con experiencia en el proyecto. Dichos sondajes arrojaron inconsistencias que afectaban la interpretación geológica. A pesar de ello, se rescató el máximo de información posible de ellas, particularmente en lo referente a geología y leyes.

Debido a lo anterior, se optó por re-mapear todos los sondajes de Aire Reverso y Diamantina llevados a cabo entre los años 1997 y 2001, excluyéndose del análisis 59 sondajes (aproximadamente 8.200 m perforados) por motivos de calidad de datos, dando como resultado un nuevo Modelo Geológico y Geometalúrgico denominado “Revisión 1”.

En los años 2003 y 2004 se realizó una nueva campaña de sondajes que consistió en 161 nuevos sondajes, 131 de los cuales fueron mediante Aire Reverso y los restantes 30 mediante Diamantina, con distancias perforadas de 16.524 m y 8.662,1 m respectivamente. Estos sondajes sirvieron para generar una nueva revisión (“Revisión 2”) del modelo geológico y de la estimación de los recursos del yacimiento con el fin de desarrollar la Ingeniería Conceptual del proyecto.

Tabla 9.3: Resumen historial de sondajes

<b>Campaña</b>	<b>Compañía</b>	<b>Tipo</b>	<b>Número</b>	<b>Metros</b>	<b>Objetivos</b>
DCH 1913 – 1956	ACMC	<i>Churn Drill</i> Percusión	199	34.467	Reconocimiento, evaluación y desarrollo de óxidos y sulfuros de cobre.
DDH 1926 – 1955	ACMC	Diamantina	257	29.712	Reconocimiento, evaluación y desarrollo de sulfuros de cobre.
DDH 1981	DSAL	Diamantina	4	2.500	Exploración de probable porción del yacimiento desplazada por falla.
DDH 1982 – 1985	DSAL	Diamantina y DTH's	39	7.463	Exploración y estimación del Pórfido González.
HOP 1987	DSAL	Aire Reverso Antiguo	45	6.676	Reconocimiento óxidos al este y sur del hundimiento.
HSP 1988	DSAL	Aire Reverso Antiguo	16	4.739	Reconocimiento sulfuros en Pilar Central y borde norte del hundimiento.
PSP 1989 – 1991	DSAL	Diamantina	111	18.301	Proyecto sulfuros primarios, bajo el Túnel Las Vegas principalmente.
DDH 1990 – 1994	DSAL	Diamantina y Aire Reverso	17	4.118	Reconocimiento y estimación de recursos del Pórfido Norte.
AR 1990 y AR 1994	VEAM	Aire Reverso	4	754	Confirmación de óxidos en Cavity Sur y borde norte.
AR 1995	VEAM	Aire Reverso	23	3.524	Proyecto Oro, al este y sur del hundimiento.
AR 1996	VEAM	Aire Reverso	41	7.656	Reconocimiento óxidos y sulfuros en material quebrado in situ.
DDH 1996	VEAM	Diamantina	14	2.277	Paralelos a sondajes AR y CDH para validación en óxidos y sulfuros.
AR 2001	DSAL	Aire Reverso	123	18.586	Confirmación de recursos de óxidos en mineral in situ y quebrado.
DDH 2001 OX	DSAL	7 Q	23	2.305	Sondajes para pruebas metalúrgicas en columnas.
DDH 2002		7 Dna	11	1.742	Sondajes de esterilización de zonas de botaderos y de pilas ROM.
2003	DSAL	Diamantina y Aire Reverso	30	4.374	Recabar información para desarrollar la Ingeniería Conceptual.
2004	DSAL		131	20.812	
<b>TOTAL</b>			<b>1.088</b>	<b>170.006</b>	

Fuente: Codelco

## 9.7. BASE DE DATOS GEOLÓGICA

La base de datos empleada en la generación del modelo geológico “Revisión 2” de 2005 contiene información crítica de la geología, análisis químicos de productos, subproductos e impurezas. Está compuesta por la información recabada en las campañas de sondajes que se efectuaron entre los años 1987 y 2004.

Se excluyó la información recabada en las campañas de 1989 a 1991, realizadas desde el túnel Las Vegas con el fin de evaluar los sulfuros primarios del yacimiento, razón por la que no fue considerada relevante para el proyecto de óxidos.

Para evitar que se repitan las dificultades descritas en el punto 9.6, toda la información generada desde el año 2004 fue almacenada en un Data Room que cuenta con respaldo físico y virtual.

Los datos de cada sondaje corresponden a geología, alteración, mineralización mediciones geotécnicas (Diamantina), antecedentes operacionales y recuperación entre otros. Estos datos están codificados con 1 o 2 metros de avance y se encuentran almacenados en planillas de cálculo “.xls” compatibles con los paquetes computacionales desarrollados por GemCom y/o Datamine.

Los antecedentes de los sondajes están almacenados en la plataforma informática XGEO, los informes lo están en Hummingbird (Ahora Open Text) y los planos CAD y modelos geológicos y geometalúrgicos lo están en el servidor SaXGeo.

Actualmente se está en proceso de ingresar los datos de sondajes, canaletas y ensayos a la plataforma XGEO. En el futuro estos datos serán traspasados a una base de datos Oracle.

Todos los mapas del proyecto, en su mayoría digitalizados o en proceso de digitalización, se encuentran en la bóveda del Proyecto San Antonio.

Los datos físicos se encuentran almacenados en oficinas de San Antonio (Mina Vieja) y en dependencias del Complejo Industrial Potrerillos, más precisamente en casas y en el ex-liceo dónde están resguardados de la luz solar y de agentes climáticos que podrían alterarlos.

## 9.8. GEOLOGÍA DEL YACIMIENTO

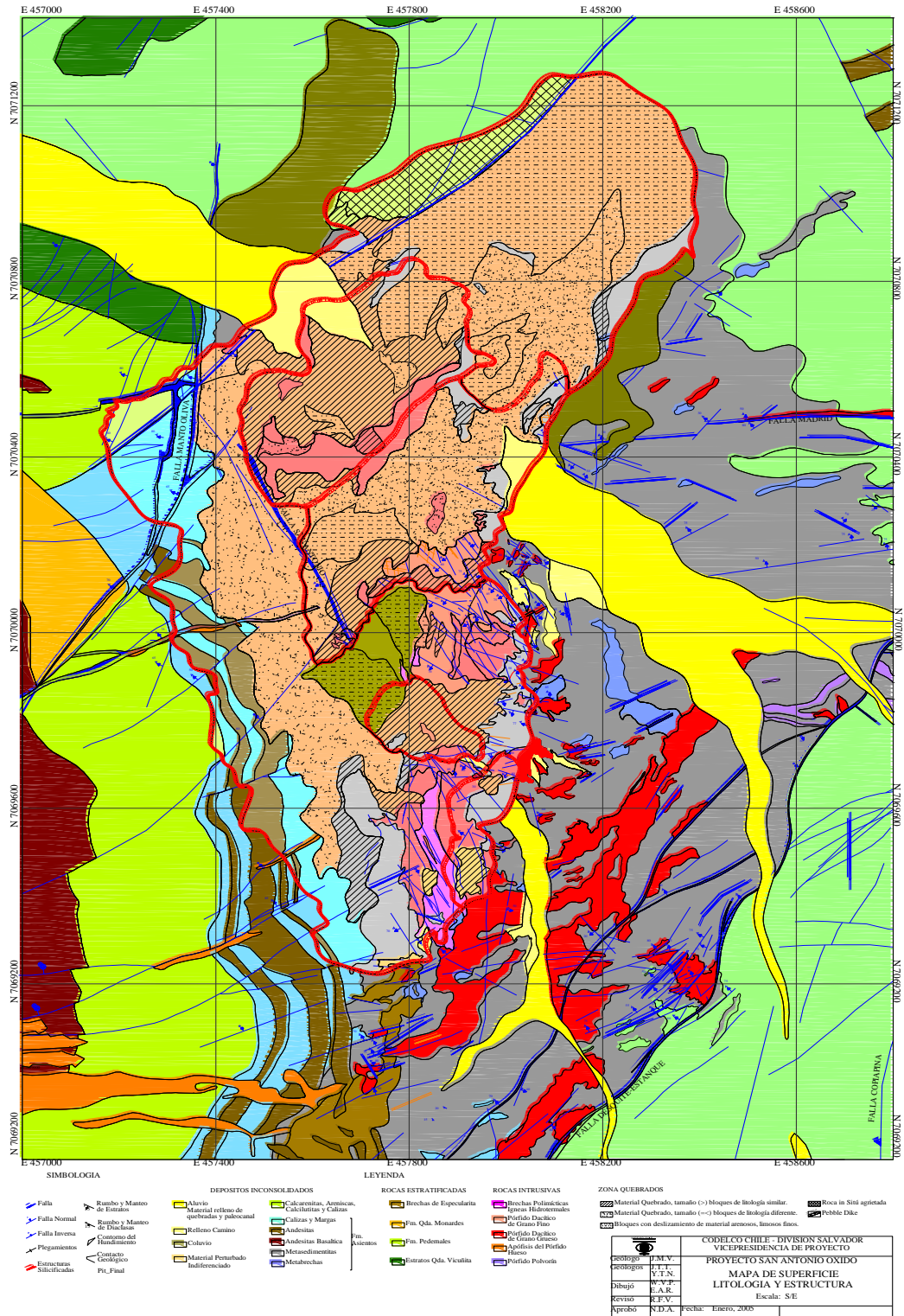
La geología y la mineralización del Proyecto San Antonio fueron estudiadas en forma detallada en los informes APIS04A204PSAOG-31 y APIS01A203PSAOG-10 y se encuentran resumidas en el informe Actualización y Complementación Proyecto San Antonio Óxidos – Prefactibilidad. A continuación se describen los principales hitos.

- Las unidades litológicas del yacimiento corresponden a secuencias de rocas sedimentarias y lavas andesíticas de la formación Asientos.
- Sedimentitas están afectadas por un complejo de pórfidos.
- Pórfido Cobre presenta mayor mineralización económica de cobre.
- En el sector centro y sur afloran brechas polimícticas hidrotermales y de especularitas.
- Los pórfidos mineralizados muestran alteraciones tardimagmáticas e hidrotermales con mineralización cuprífera y anomalías de arsénico, manganeso, molibdeno, plata, oro y zinc.
- El Pórfido San Antonio se extiende en dirección norte-sur con largo de 5 km y ancho de 0,5 km y es el único pórfido que ha sido explotado intensivamente.
- Los pórfidos de composición dacítica cuentan con un núcleo potásico asociado mineralización sulfurada de calcopirita – bornita y se extienden con dirección norte-sur con un largo de 1,8 km y un ancho de 0,4 km.
- Con respecto a la zona lixiviada, el informe indica que:

*“Son fácilmente reconocible las subzonas de oxidación de los sulfuros de cobre y hierro. En ella, se distinguen: óxidos verdes (crisocola y brochantita), carbonatos (malaquita y azurita), óxidos negros (copper wad y neotosita), fosfatos (turquesa, raslegita, libetienita, y pseudomalaquita), arcillas con cobre, limonitas con cobre, y otros minerales tal como nitratos, arseniatos, y sulfuros. En general, los minerales se pueden localizar en el pórfido y metasedimentos incluyendo la zona de contacto. Sin embargo, la Azurita, Gerhardtita y clinoclasa se han encontrado en el pórfido”*

- El mineral remanente más importante es la crisocola, vinculada a óxidos negros, arcillas con cobre malaquita, limonitas y sulfuros. Y considerada de alta ley y solubilidad.
- La zona de actinolita ubicada en la periferia del depósito, muestra abundante óxidos negros. En dicha zona, la ley de los sulfuros, piritas (calcopirita-enargita) es de 0,20% a 0,50% CuT.

Figura 9.6: Litología y estructura



Fuente: Codelco

## **9.9. ESTIMACIÓN DE RECURSOS MINERALES**

La estimación de recursos minerales fue realizada por Jeff Sullivan Ph.D. de la empresa Consultores de Recursos Minerales S.A. y se encuentra descrita en el informe “Modelo De Recursos, Revisión 2 - Proyecto San Antonio” con fecha 29 de Agosto 2005.

Tabla 9.4: Recursos Minerales - Todas las Litologías, In Situ y Cavidad

LEY DE CORTE	LIXIVIADOS			ÓXIDOS			MIXTOS			SULFUROS SECUNDARIOS			SULFUROS PRIMARIOS		
	MT	CuT%	CuS%	MT	CuT%	CuS%	MT	CuT%	CuS%	MT	CuT%	CuS%	MT	CuT%	CuS%
0.1	27,76	0,07	0,02	213,11	0,48	0,28	37,32	0,72	0,30	21,04	0,67	0,14	495,91	0,50	0,02
0.2	4,89	0,15	0,04	213,11	0,48	0,28	37,32	0,72	0,30	21,04	0,67	0,14	494,17	0,50	0,02
0.3	1,10	0,25	0,02	206,57	0,49	0,29	37,00	0,72	0,30	20,95	0,67	0,14	479,05	0,51	0,02
0.4	0,10	0,32	0,01	177,60	0,52	0,32	35,35	0,74	0,31	20,04	0,69	0,15	434,58	0,54	0,02
0.5	0,00	0,45	0,02	117,41	0,61	0,40	30,07	0,81	0,34	17,50	0,74	0,15	328,86	0,59	0,02
0.6	0,00	0,00	0,00	68,89	0,73	0,51	26,56	0,86	0,37	13,58	0,82	0,17	207,71	0,68	0,02
0.7	0,00	0,00	0,00	44,33	0,84	0,61	23,16	0,91	0,39	10,66	0,89	0,18	124,74	0,77	0,02
0.8	0,00	0,00	0,00	30,36	0,93	0,69	18,89	0,96	0,41	7,66	0,99	0,20	73,19	0,85	0,01
0.9	0,00	0,00	0,00	19,90	1,02	0,77	13,18	1,06	0,46	5,29	1,10	0,22	39,51	0,94	0,01
1.0	0,00	0,00	0,00	12,81	1,12	0,86	9,15	1,15	0,51	3,87	1,19	0,24	19,63	1,04	0,02

Fuente: Consultores De Recursos Minerales S.A.

Tabla 9.5: Recursos Minerales – Óxidos In Situ

LEY DE CORTE	TODOS			MEDIDOS			INDICADOS			INFERIDOS		
	MT	CuT%	CuS%	MT	CuT%	CuS%	MT	CuT%	CuS%	MT	CuT%	CuS%
0.1	172,09	0,44	0,24	27,99	0,60	0,39	55,48	0,44	0,24	88,51	0,39	0,19
0.2	172,09	0,44	0,24	27,99	0,60	0,39	55,48	0,44	0,24	88,51	0,39	0,19
0.3	165,93	0,45	0,25	27,63	0,61	0,40	55,14	0,44	0,24	83,05	0,40	0,20
0.4	140,16	0,48	0,27	24,53	0,65	0,43	48,96	0,46	0,25	66,57	0,44	0,23
0.5	85,54	0,57	0,34	20,65	0,71	0,47	30,14	0,52	0,31	34,71	0,52	0,30
0.6	42,68	0,69	0,46	16,49	0,77	0,52	12,48	0,64	0,41	13,71	0,65	0,43
0.7	23,89	0,81	0,56	12,49	0,84	0,59	5,23	0,77	0,53	6,17	0,79	0,55
0.8	14,95	0,91	0,65	8,78	0,93	0,66	2,64	0,89	0,63	3,54	0,89	0,63
0.9	9,07	1,02	0,75	5,59	1,03	0,76	1,44	1,00	0,74	2,04	1,00	0,72
1.0	5,59	1,13	0,85	3,53	1,13	0,86	0,82	1,13	0,85	1,24	1,10	0,81

Fuente: Consultores De Recursos Minerales S.A.



## 9.10. CARACTERIZACIÓN DEL MINERAL

La zona de óxidos cuenta con minerales pertenecientes a distintos grupos. Su distribución y contenido de cobre se describe en la Tabla 9.6.

Tabla 9.6: Grupos de minerales en la zona de óxidos

PORCENTAJE EN LA ZONA DE OXIDOS	0.5%	10%	7%	30%	20%	5%	25%	0.5%	0.5%	1.5%
GRUPO	OXIDOS	SILICATOS	CARBONATOS	OXIDOS NEGROS	ARCILLAS	FOSFATOS	LIMONITAS	NITRATO	ARSENIATO	SULFUROS
RANGO CONTENIDO COBRE	80% - 89%	30% - 50%	55% - 57%	1% - 27%	2% - 28%	7% - 53%	2% - 16%	66%	50%	0% - 80%
ESPECIES	TENORITA	CRISOCOLA	AZURITA	COPER WAD	MONTMORILLONITA	TURQUESA	LIMONITAS	GERHARDTITE	CLINOCLASA	PIRITA
	CUPRITA		MALAQUITA	NEOTOCITA	CAOLIN-SERICITA	LIBETENITA				CALCOPIRITA
				COPPER FITCH		SEUDOMALAQUITA				CALCOSINA
										COBELINA
										DIGENITA
										BORNITA
										BLENDA
										PLATA NATIVA
										COBRE NATIVO

Fuente: DSAL

Se observa que los minerales de mayor presencia son los óxidos negros, arcillas y limonitas. Igualmente importante son las crisocolas, minerales asociados a altas leyes de solubilidad y que contienen un porcentaje significativo de cobre.

La presencia de metasedimentos en el yacimiento es importante. El informe de Actualización y Complementación Proyecto San Antonio Óxidos – Prefactibilidad indica al respecto que: *“los sedimentos presentan un fuerte metasomatismo calcosilicatado penetrativo () manifestado por la presencia de cuarzo – actinolita – epidota – calcita. Las muestras consisten en una trama de cuarzo, actinolita, epidota y calcita, con superposición de montmorillonita. Los otros minerales alterados que acompañan a los anteriores son: feldespato potásico, biotita, magnetita, clorita, sericita, caolinita y, ocasionalmente, granate.”*

Adicionalmente, se presentan vetillas de cuarzo asociadas a pórfidos y metasedimentos. Los sulfuros de cobre contenidos en dichas vetillas se lixivian. Este tipo de ocurrencia representa una parte importante del yacimiento (30%) siendo más importante en los pórfidos que en los metasedimentos.

Por otra parte, se detectó la presencia de minerales sulfurados y nativos en la zona de óxidos, generalmente asociados a vetillas de cuarzo. Los minerales sulfurados de cobre corresponden a minerales primarios y secundarios. Mientras que los minerales nativos, correspondientes a cobre nativo ya a plata nativa, fueron escasos pudiendo solo ser detectados mediante microscopio.

# CAPÍTULO 10: ANEXO B: RESUMEN MINERÍA

Se planea explotar el yacimiento de cobre mediante minería a cielo abierto durante 23 años con una producción de 30 kktpa. Durante la operación de la mina se extraerán minerales óxidos, sulfuros secundarios y mixtos.

El plan minero se encuentra detallado en el informe “Estudio Plan Minero para Ingeniería Conceptual Proyecto San Antonio” desarrollado por Metálica Consultores S.A. con fecha Julio 2009. En su elaboración se siguieron los siguientes pasos:

- Levantamiento y validación de la información
- Determinación de Pit Final
- Análisis Estratégico
- Diseño operativo de fases
- Diseño y disposición de botaderos y stocks
- Diseño del Plan de producción final
- Cálculo de equipos y dotaciones de la mina
- Estimación de las inversiones y de los costos de la mina

Se diseñó inicialmente un plan minero de 10 fases, sin embargo, sólo se llevarán a cabo 8 de ellas dado que a ello correspondería el plan de producción que maximiza el VAN del proyecto.

El último paso en la elaboración del plan minero fue analizado por el memorista y actualizado para reflejar los cambios acaecidos desde el último estudio de pre-factibilidad del proyecto.

## 10.1. RESERVAS MINERAS

Las reservas mineras consisten en la porción de recursos minerales que son recuperables desde el punto de vista económico, legal y técnico.

### 10.1.1. DECLARACIÓN DE RESERVAS MINERAS

Las reservas mineras del proyecto San Antonio Óxidos fueron declaradas en el informe “Categorización y Declaración de Reservas Mineras” del “Estudio de Prefactibilidad Proyecto San Antonio Óxidos” de Julio 2009 desarrollado por la División Salvador de Codelco. Esta declaración es reproducida íntegramente en la Tabla 10.1.

Tabla 10.1: Declaración Reservas Mineras Plan San Antonio

	A Planta - kt
Total Insitu	<b>135,746</b>
Reservas Probadas	34,691
Reservas Probables	48,757
Recursos Minerales	52,229
Quebrado	<b>36,994</b>
Total	172,740

Fuente: DSAL

Adicionalmente, en el mismo informe, fueron certificadas las reservas mineras. Esta certificación fue reproducida íntegramente en la Tabla 10.2.

Tabla 10.2: Reservas Certificadas

	Valor	%
Tonelaje Total a Planta - kt	<b>172,740</b>	
% CuT	<b>0.52%</b>	
% CuS	<b>0.29%</b>	
Reservas Probadas – kt	34,691	26%
Reservas Probables – kt	48,757	36%
Reservas Posibles – kt	52,299	39%
Total Reservas – kt	<b>135,746</b>	<b>100%</b>
Material Quebrado - kt	36,994	

Fuente: DSAL

## **10.2. DILUCIÓN Y RECUPERACIÓN**

### **10.2.1. DILUCIÓN**

Se consideró un factor de dilución de 0,97 en las leyes de CuT y CuS. Este valor es considerado un valor típico y ha sido utilizado en proyectos similares. Cabe destacar que el efecto de la dilución se encuentra incorporado en el muestreo empleado en el modelo de recursos.

Sin perjuicio de lo anterior, será necesario validar el factor de dilución durante la fase operativa.

### **10.2.2. RECUPERACIÓN**

El modelo de recuperación difiere para la explotación de minerales óxidos y para la de minerales sulfuros y mixtos. Estos modelos, así como los modelos de consumo de ácido correspondientes se encuentran descritos en la Tabla 10.3 y en la Tabla 10.4 respectivamente.

La recuperación promedio descrita en el plan minero asciende a 62,5% y se encuentra descrita para cada año en la Tabla 10.7. Es importante notar que es posible mejorar esta cifra mediante modificaciones en el proceso.

Tabla 10.3: Modelo de recuperación y consumo de ácido – Óxidos

<b>MODELOS OXIDOS</b>
<b>Recuperación de Cobre</b>
<b>Recuperación de Cobre = <math>[3,2353 \cdot RSF^{0,7601}] \cdot 0,91</math></b>
Válido para $RSF < 97,70$ ; para $RSF \geq 97,70$ , recuperación de cobre 100% cte.(incluido factor)
Con <ul style="list-style-type: none"> <li>- Recuperación de cobre en %.</li> <li>- <math>RSF = (Cu \text{ soluble en frío}/Cu \text{ Total}) \cdot 100</math>.</li> <li>- Este Modelo es para todas las UGS.</li> <li>- Este Modelo esta dado para granulometrías finas, es decir 25,2% +3/4" y 9,3% -100#.</li> <li>- El factor 0,91 está dado por el escalamiento de columna a pila.</li> <li>- El modelo se considera certero para <math>53 \leq RSF \leq 79</math></li> </ul>
<b>Consumo de Ácido</b>
<b>Consumo Ácido Total = <math>[1,4389 \cdot CAA^{(0,9743)}] \cdot 0,91</math></b>
Con <ul style="list-style-type: none"> <li>- Consumo Ácido Total en kg Ácido Consumido/t mineral seco.</li> <li>- CAA = consumo de ácido analítico en kg Ácido consumido/t mineral seco.</li> <li>- Modelo tomado para una pila de 4m de altura.</li> <li>- Este modelo es para todas las UG`s.</li> <li>- El factor 0,91 está dado por el escalamiento de columna a pila.</li> <li>- El modelo se considera certero para <math>18 \leq CAA \leq 71</math></li> </ul>
<b>Consumo Ácido Neto = <math>[1,4389 \cdot CAA^{(0,9743)}] \cdot 0,91 - Rec \text{ Cu} \cdot CuT \cdot 0,154</math></b>
Con <ul style="list-style-type: none"> <li>- Rec Cu se obtiene del modelo de recuperación de Cobre.</li> </ul>

Fuente: DSAL

Tabla 10.4: Modelo de recuperación y consumo de ácido – Sulfuros y Mixtos

<b>MODELOS SULFUROS SECUNDARIOS Y MIXTOS</b>
<b>Recuperación de Cobre</b>
<b>Recuperación de Cobre = <math>[6,4639 \cdot \text{RSF}^{0,5959}] \cdot 0,91</math></b>
Válido para $\text{RSF} < 97,70$ ; para $\text{RSF} \geq 97,70$ , recuperación de cobre 100% cte.(incluido factor)
<p>Con</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Recuperación de cobre en %.</li> <li>- <math>\text{RSF} = (\text{Cu soluble en frío}/\text{Cu Total}) \cdot 100</math>.</li> <li>- Este Modelo es para todas las UGS.</li> <li>- Este Modelo tiene un error de +- 4,5 pp</li> <li>- El factor 0,91 está dado por el escalamiento de columna a pila.</li> <li>- El modelo se considera certero para <math>30 \leq \text{RSF} \leq 90</math></li> </ul>
<b>Consumo de Ácido</b>
<b>Consumo Ácido Total = <math>[0,7671 \cdot \text{CAA} - 11,0686] \cdot 0,91</math></b>
<p>Con</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Consumo Ácido Total en kg Ácido Consumido/t mineral seco.</li> <li>- CAA = consumo de ácido analítico en kg Ácido consumido/t mineral seco.</li> <li>- Este Modelo tiene un error de +- 13,3 kg/t</li> <li>- Este modelo es para todas las UG's.</li> <li>- El factor 0,91 está dado por el escalamiento de columna a pila.</li> <li>- El modelo se considera certero para <math>10 \leq \text{CAA} \leq 186</math></li> </ul>
<b>Consumo Ácido Neto = <math>[0,7671 \cdot \text{CAA} - 11,0686] \cdot 0,91 - \text{Rec Cu} \cdot \text{CuT} \cdot 0,154</math></b>
<p>Con</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Rec Cu se obtiene del modelo de recuperación de Cobre.</li> <li>- CuT, es % de CuT.</li> </ul>

Fuente: DSAL

### 10.3. LEY DE CORTE

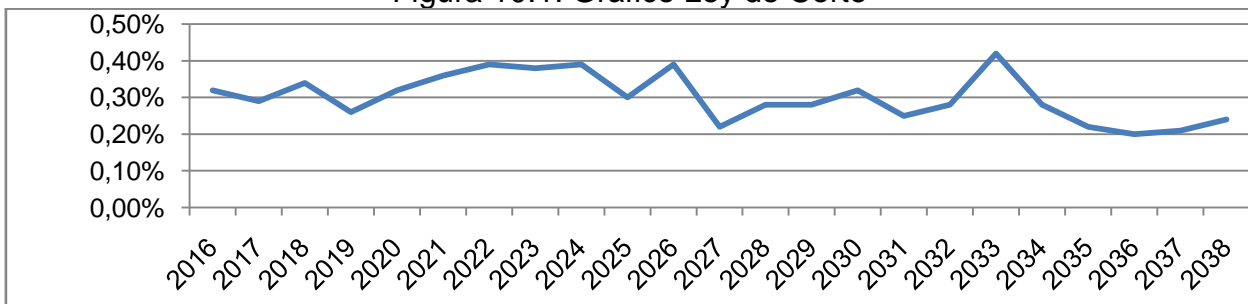
Se optó por definir leyes de corte estratégicas que varían a través de los años. Esta fue estimada mediante optimización computacional y se encuentra descrita para cada año en la Tabla 10.5.

Tabla 10.5: Ley de Corte

AÑO	LEY DE CORTE
2016	0,32%
2017	0,29%
2018	0,34%
2019	0,26%
2020	0,32%
2021	0,36%
2022	0,39%
2023	0,38%
2024	0,39%
2025	0,30%
2026	0,39%
2027	0,22%
2028	0,28%
2029	0,28%
2030	0,32%
2031	0,25%
2032	0,28%
2033	0,42%
2034	0,28%
2035	0,22%
2036	0,20%
2037	0,21%
2038	0,24%

Fuente: Metálica Consultores S.A.

Figura 10.1: Gráfico Ley de Corte



Fuente: Elaboración propia

## 10.4. GEOTECNIA

El modelo geotécnico fue desarrollado por la empresa Ingeniería de Rocas Limitada (Ingeroc) en el “Estudio de Estabilidad de Taludes - Mina Rajo Abierto - Proyecto San Antonio Óxidos” de Junio 2009 y actualizado en el estudio “Actualización Modelo Geotécnico - Proyecto San Antonio Óxidos” de Julio 2009.

Para la generación del modelo de bloques se empleó el sistema de clasificación Rock Mass Rating y el software Datamine. Luego de lo cual se definieron 14 perfiles en base al modelo de bloques.

En la estimación de los ángulos inter-rampa de dichos perfiles se empleó un factor de seguridad 1,3x y se consideró la máxima altura inter-rampa. Dicha estimación se realizó en base al método de análisis rotacional siguiendo las metodologías de Bishop, Janbu corregido y GLE.

Las conclusiones de dichos estudios corresponden a:

- Recomendación de ángulos de talud.
- Recomendación de tamaño de berma de desacople de 30 m.
- Recomendación de ancho de rampa mínimo de 25 m.
- Recomendación de ancho de berma de 6,5 m y de 8,5 m para bancos simples (10 m de altura) y dobles (20 m de altura) respectivamente.
- Algunos perfiles (4, 5 y 6) deben considerar instrumentación y monitoreo especial.
- Necesidad de mejorar la calidad de la información geológica y geotécnica en especial en las paredes Norte y Noroeste del cráter mediante sondajes de Diamantina y Aire Reverso.
- Necesidad de realizar campañas de medición en el futuro.

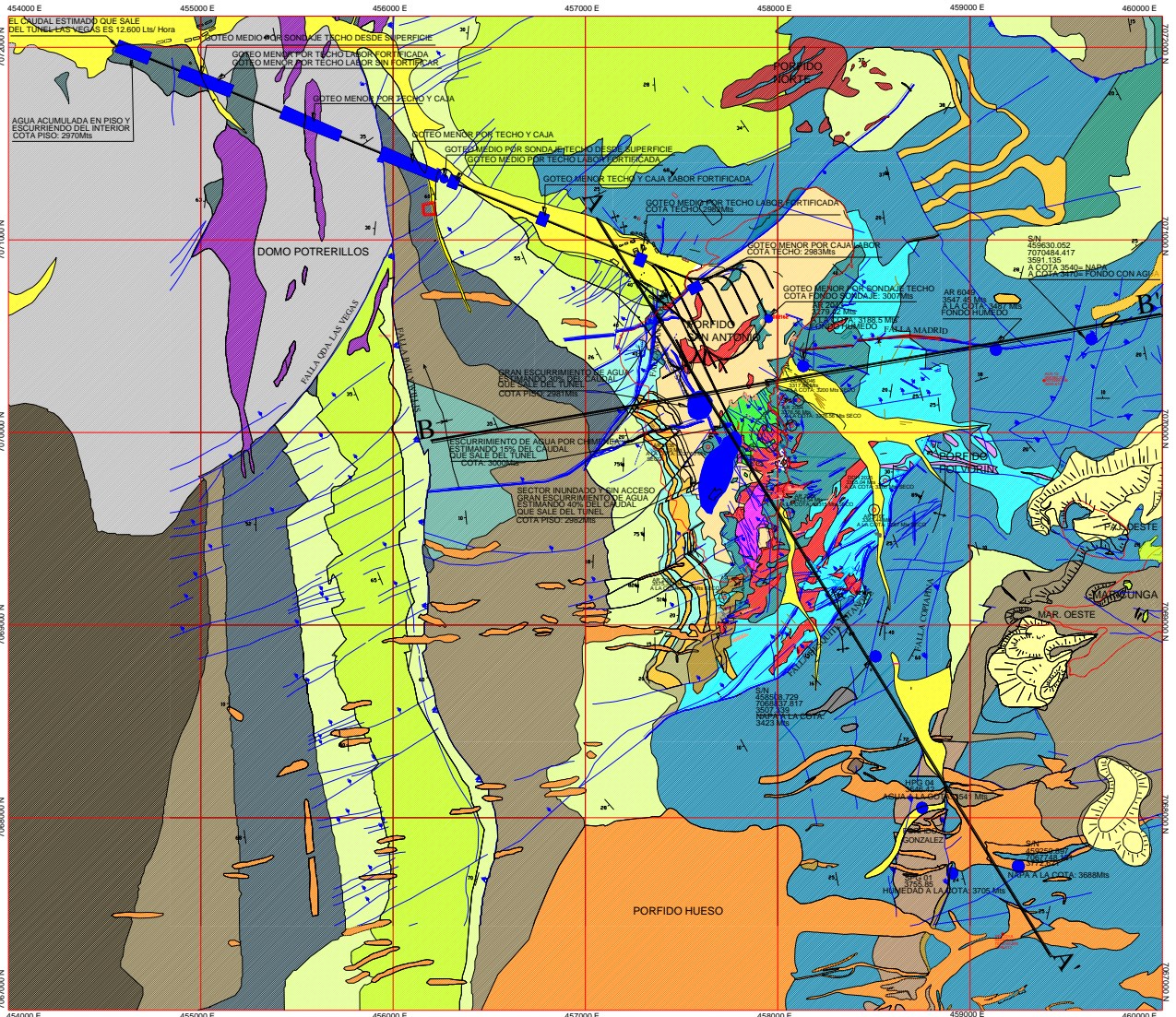


## 10.5. HIDROGEOLOGÍA

La hidrogeología del yacimiento fue estudiada en el informe API S01A203PSAOG-10 del año 2002. Ésta muestra aspectos favorables para el desempeño de la actividad minera. Destacan los siguientes puntos:

- No existe interferencia con acuíferos por parte de los botaderos, plataformas de lixiviación ni obras anexas. Estos tampoco son afectados por escurrimientos de aguas superficiales.
- El drenaje subterráneo del túnel Las Vegas es el único escurrimiento superficial de agua en la hoya hidrográfica San Antonio y no se verá afectado por las operaciones de la mina. Este es de origen artificial y su caudal es de 4 l/s.
- Las rocas fundamentales son impermeables y en su mayoría de origen marino por lo que presentan un alto potencial controlador de soluciones ácidas.
- La quebrada Mina de Cal cuenta con calizas que controlarían eventuales filtraciones de soluciones ácidas provenientes de las instalaciones de Potrerillos.
- La cuenca hidrográfica San Antonio cuenta con una fuerte pendiente lo que permitiría un rápido drenaje en caso de saturación.
- Las quebradas San Antonio, Afasa y Las Vegas forman parte de la hoya hidrográfica de la quebrada Agua Dulce, por lo que se recomienda *“efectuar un control simultáneo de análisis químicos de las aguas y determinación de caudales, aunque sea estimativo en forma transitoria”*.
- Se debe considerar realizar obras para evacuar los escurrimientos de las quebradas de Afasa (0,67 m<sup>3</sup>/s) y San Antonio (5,07 m<sup>3</sup>/s) en Las Vegas así como en Cajoncito (9,04 m<sup>3</sup>/s).
- Se han producido estancamientos de agua en algunos sectores subterráneos de la Mina Vieja debido a pequeños derrumbes. Se recomienda una limpieza de labores para mejorar el drenaje.

Figura 10.2: Mapa de superficie - Nivel freático



**LEYENDA**

**ROCAS ESTRATIFICADAS**

- Depósitos Aluviales - Coluviales
- Material Perturbado Indiferenciado
- Brechas de Especificarita
- Secuencia Volcánica Cerro El Buitre
- Andesitas Basálticas
- Traquiandesitas
- Tobas Riolíticas
- Andesitas
- Riolitas
- Tobas y Brechas Riolíticas y Dacíticas
- Fm. Agua Helada y/o Quebrada Monardes
- Fm. Pedernales
- Extratos Quebrada Vicuña
- Calcarenítas-Areniscas-Calizas
- Andesitas
- Coquinas
- Horfels Actinolíticos
- Horfels Granatíferos
- Metasedimentar Argilizadas
- Metasedimentar Epidotizadas

**ROCAS INTRUSIVAS**

- Brechas Igneas Hidrotermales
- Pórfido de Grano Fino
- Pórfido de Grano Grueso
- Pórfido Hueso
- Pórfido Norte
- Pórfido Polvorín
- Pórfido Bochínche
- Pórfido González
- Pórfido Quebrada Ciénaga
- Pórfido Cerro Silice
- Microdioritas Quebrada Ciénaga
- Diques y filones riolíticos
- Domo Potrerillos

**SIMBOLOGIA**

- Sobrescurrimiento de Bajo Angulo
- Fallas
- Contactos Geológicos
- Hundimiento
- Agua
- Rajos
- Secciones Tipo
- Rumbo y manto de Estratos
- Rumbo y Manto de Diaclasas
- Estructuras Silificadas
- Plegamientos
- Unidad geológica no determinada

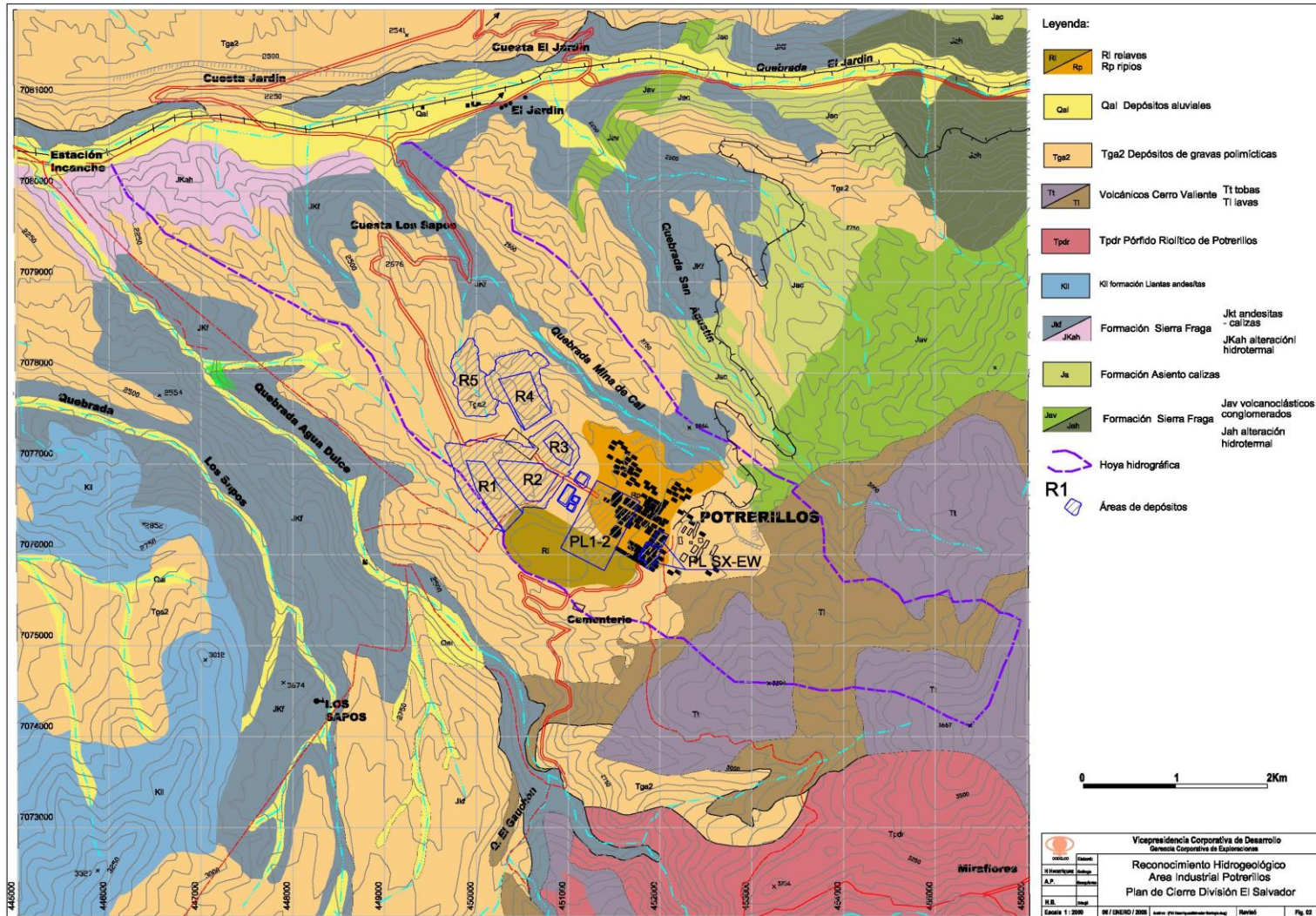
**Tabla de Datos:**

Geólogo	MLV
Diseño	R.A.G.
Revisión	N.D.A.
Aprobación	N.D.A.
Fecha	OCTUBRE 2005

**Mapa de Superficie - Nivel Freático**  
Escala: S/E

Fuente: DSAL

Figura 10.3: Reconocimiento Hidrológico Área Industrial de Potrerillos

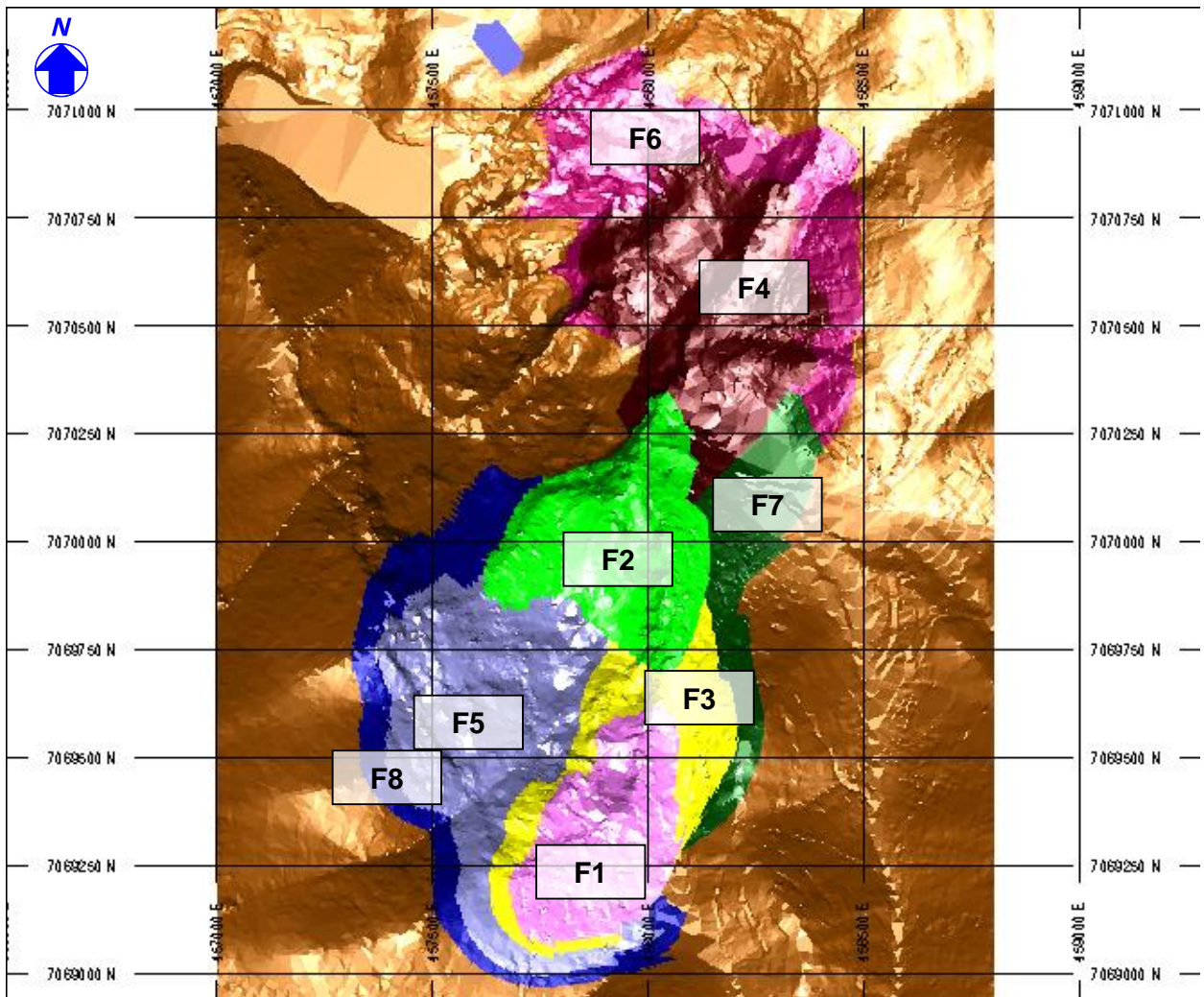


Fuente: Codelco

## 10.6. DISEÑO DE LA MINA

El plan de producción fue optimizado, maximizando el VAN del proyecto mediante el uso de los paquetes informáticos Comet y GemCom Whittle. La aplicación del primero se enfocó a la optimización del plan desde el punto de vista estratégico. Mientras que el segundo paquete informático se encargó de la optimización desde el punto de vista táctico. El resultado fue el plan de producción final descrito en la Tabla 10.7. A continuación se grafica la disposición de las fases operacionales.

Figura 10.4: Disposición de las fases operacionales



Fuente: Metálica Consultores S.A.

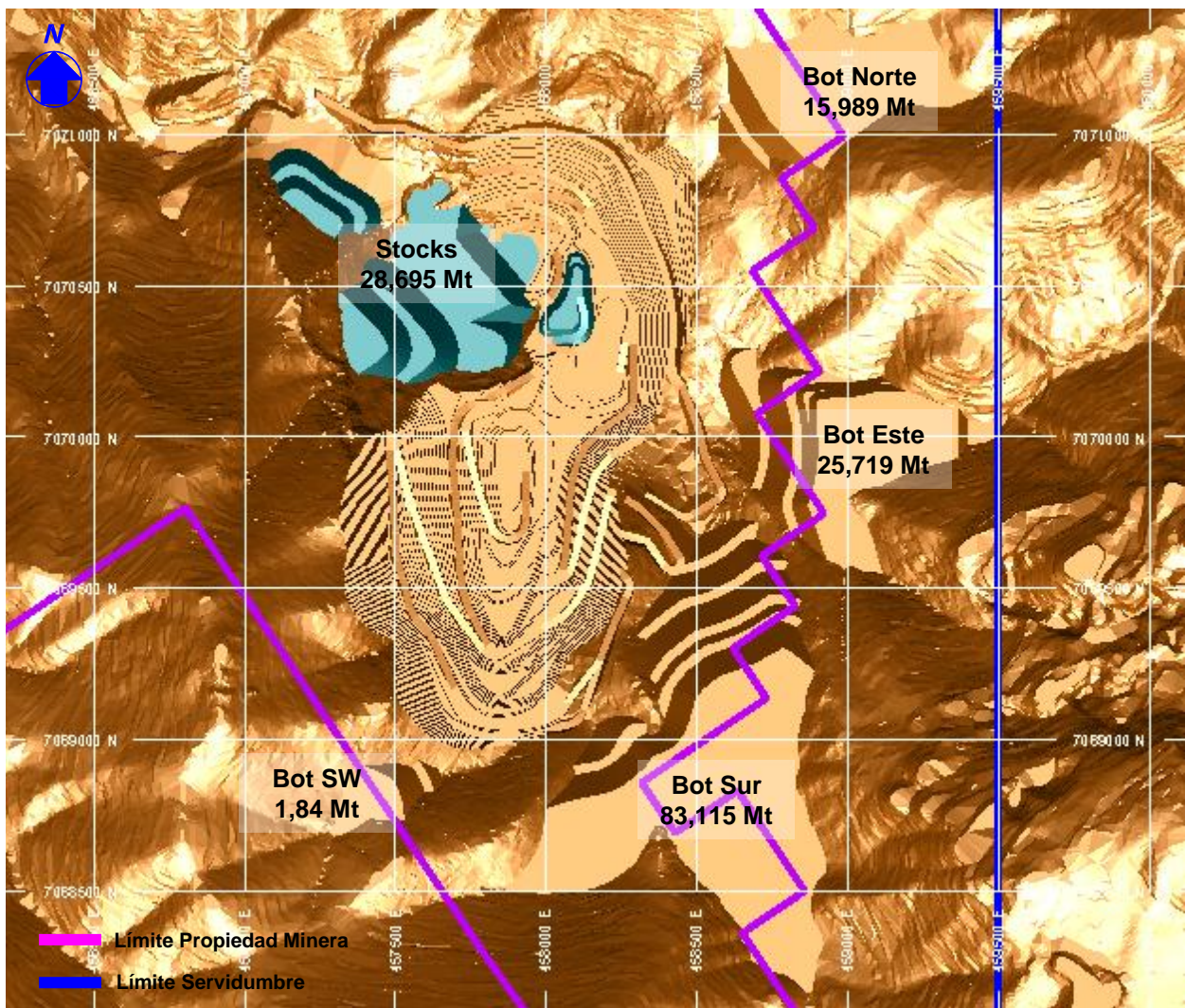
Por otra parte, se dispuso la creación de un stock de material con el fin de alimentar la planta de procesamiento y de cuatro botaderos para disponer el lastre, descritos en la Tabla 10.6. Su ubicación se indica en la Figura 10.5.

Tabla 10.6: Botaderos y stocks de material

Nombre	Capacidad (Mt)
Stock	28,695
Botadero Sur	83,115
Botadero Este	25,719
Botadero Norte	15,989
Botadero SW (Sur-Oeste)	1,84

Fuente: Elaboración propia

Figura 10.5: Disposición de botaderos y stocks



Fuente: Metálica Consultores S.A.

Tabla 10.7: Plan de producción final

<b>Año</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>	<b>2017</b>	<b>2018</b>	<b>2019</b>	<b>2020</b>	<b>2021</b>	<b>2022</b>	<b>2023</b>	<b>2024</b>	<b>2025</b>	<b>2026</b>
Masa Total (kt)	916	8.311	8.293	10.205	12.011	14.029	14.868	15.897	17.985	17.986	17.999	17.984
Masa Total (ktpd)	5	23	23	28	33	39	41	44	50	50	50	50
Masa a Planta (kt)		5.180	6.802	6.539	7.233	7.235	6.989	7.928	8 k	7.934	7.880	6.607
CuT (%)		0,70%	0,66%	0,64%	0,59%	0,58%	0,63%	0,56%	0,50%	0,55%	0,60%	0,64%
Recuperación Cu (%)		66,16%	66,78%	71,90%	70,78%	71,16%	68,08%	67,70%	64,52%	68,97%	63,41%	70,82%
Masa Total a Stock (kt)	713	1.752	749	1.379	429	2.498	2.658	2.182	1.604	1.299	746	2.050
Masa Total desde Stock (kt)	0	0	0	0	103	0	0	0	0	0	0	0
Lastre >= 0,10% CuT (kt)	7	160	10	3	37	273	40	33	110	27	102	331
Lastre < 0,10% CuT (kt)	196	1.219	732	2.285	4.312	4.023	5.181	5.754	8.271	8.726	9.271	8.996
Lastre Total (kt)	203	1.379	742	2.288	4.349	4.296	5.221	5.787	8.381	8.753	9.373	9.327
Cu a Planta (kt)		24,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	25,8	30,0	30,0	30,0
<b>Año</b>	<b>2027</b>	<b>2028</b>	<b>2029</b>	<b>2030</b>	<b>2031</b>	<b>2032</b>	<b>2033</b>	<b>2034</b>	<b>2035</b>	<b>2036</b>	<b>2037</b>	<b>2038</b>
Masa Total (kt)	17.998	17.990	17.985	17.982	17.984	17.989	17.982	12.970	9.135	7.998	7.998	7.600
Masa Total (ktpd)	50	50	50	50	50	50	50	36	25	22	22	21
Masa a Planta (kt)	8 k	8 k	8 k	8 k	8 k	8 k	6.820	8 k	7.999	7.998	7.998	7.600
CuT (%)	0,46%	0,43%	0,43%	0,44%	0,44%	0,59%	0,84%	0,67%	0,35%	0,30%	0,32%	0,31%
Recuperación Cu (%)	58,09%	59,08%	60,33%	57,69%	59,85%	62,31%	52,40%	52,68%	57,63%	54,40%	54,41%	57,22%
Masa Total a Stock (kt)	570	1.889	659	1.898	104	970	4.277	270	0	0	0	0
Masa Total desde Stock (kt)	0	0	0	0	0	0	0	0	4.996	7.998	7.998	7.600
Lastre >= 0,10% CuT (kt)	1.252	189	43	221	30	23	123					
Lastre < 0,10% CuT (kt)	8.176	7.912	9.284	7.864	9.850	8.996	6.761	4.700	1.136			
Lastre Total (kt)	9.429	8.101	9.326	8.085	9.880	9.019	6.885	4.700	1.136	0	0	0
Cu a Planta (kt)	21,3	20,5	20,8	20,5	20,8	29,3	30,0	28,2	16,1	12,9	14,1	13,4

Fuente: Metálica Consultores S.A.

Tabla 10.8: Movimiento de materiales

<b>Año</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>	<b>2017</b>	<b>2018</b>	<b>2019</b>	<b>2020</b>	<b>2021</b>	<b>2022</b>	<b>2023</b>	<b>2024</b>	<b>2025</b>	<b>2026</b>
Días/Período	180	360	360	360	360	360	360	360	360	360	360	360
Mina a Planta (ktha)		5.313	6.976	6.707	7.312	7.421	7.168	8.131	8.205	8.137	8.082	6.776
Mina a Planta (ktsa)		5.180	6.802	6.539	7.130	7.235	6.989	7.928	8.000	7.928	7.880	6.607
Stock a Planta (ktha)					106							
Stock a Planta (ktsa)					103							
Total a Planta (ktha)		5.313	6.976	6.707	7.418	7.421	7.168	8.131	8.205	8.137	8.082	6.776
Total a Planta (ktsa)		5.180	6.802	6.539	7.233	7.235	6.989	7.928	8.000	7.928	7.880	6.607
Mina a Stock (ktha)	732	1.797	768	1.414	440	2.562	2.726	2.238	1.645	2.238	765	2.103
Mina a Stock (ktsa)	713	1.752	749	1.379	429	2.498	2.658	2.182	1.604	2.182	746	2.050
Lastre (ktha)	208	1.141	761	2.346	4.460	4.406	5.935	5.935	8.596	5.935	9.613	9.566
Lastre (ktsa)	203	1.379	742	2.288	4.349	4.296	5.221	5.787	8.381	5.221	9.373	9.326
Total Movimiento de Materiales (ktha)	940	8.524	8.524	10.467	12.319	14.388	15.250	16.305	18.446	16.305	18.460	18.445
Total Movimiento de Materiales (ktsa)	916	8.311	8.311	10.205	12.011	14.029	14.868	15.987	17.985	15.897	17.999	17.984
<b>Año</b>	<b>2027</b>	<b>2028</b>	<b>2029</b>	<b>2030</b>	<b>2031</b>	<b>2032</b>	<b>2033</b>	<b>2034</b>	<b>2035</b>	<b>2036</b>	<b>2037</b>	<b>2038</b>
Días/Período	360	360	360	360	360	360	360	360	360	360	360	360
Mina a Planta (ktha)	8.205	8.205	8.205	8.205	8.205	8.205	6.995	8.205	3.079			
Mina a Planta (ktsa)	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	6.820	8.000	3.002			
Stock a Planta (ktha)									5.125	8.203	8.203	7.795
Stock a Planta (ktsa)									4.996	7.996	7.998	7.600
Total a Planta (ktha)	8.205	8.205	8.205	8.205	8.205	8.205	6.995	8.205	8.204	8.203	8.203	7.795
Total a Planta (ktsa)	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	6.820	8.000	7.999	7.998	7.998	7.600
Mina a Stock (ktha)	584	1.937	676	1.946	106	995	4.387	277				
Mina a Stock (ktsa)	570	1.889	659	1.898	104	970	4.277	270				
Lastre (ktha)	9.670	8.309	9.566	8.292	10.134	9.250	7.061	4.821	1.165			
Lastre (ktsa)	9.429	8.101	9.326	8.085	9.880	9.019	6.885	4.700	1.136			
Total Movimiento de Materiales (ktha)	18.460	18.451	18.446	18.443	18.445	18.450	18.443	13.303	9.369	8.203	8.203	7.795
Total Movimiento de Materiales (ktsa)	17.988	17.990	17.985	17.982	17.984	17.989	17.982	12.970	9.135	7.998	7.998	7.600

Fuente: Metálica Consultores S.A.

## 10.7. OPERACIONES DE LA MINA

### 10.7.1. ETAPAS DE LA PRODUCCIÓN

La producción mineral en la mina consta de 4 etapas: perforación, tronadura, carguío y transporte, las que son descritas a continuación.

- **Perforación:** En esta etapa se realizan perforaciones con un diámetro de 6<sup>3</sup>/<sub>4</sub>" con máquinas perforadoras rotatorias con el fin de extraer muestras de mineral e introducir las cargas explosivas para llevar a cabo la etapa de tronadura.
- **Tronadura:** De acuerdo a las prácticas habituales en minería, esta actividad será íntegramente realizada por tercero, los que serán responsables de proveer y administrar los explosivos y polvorines necesarios.
- **Carguío:** En esta etapa se procede, mediante el uso de cargadores frontales de 15 yd<sup>3</sup> a cargar el mineral tronados en los camiones.
- **Transporte:** En esta etapa, camiones mineros de 100 tc transportan el material desde la mina hasta su destino (botadero, stock o planta).
- **Actividades de apoyo:** Incluye las actividades de apoyo a las etapas de la producción anteriormente descritas. Los equipos aquí empleados corresponden a bulldozers, wheeldozeres, moto-niveladoras, camiones aljibe, una perforadora secundaria para reducción de bolones en material quebrado, un cargador frontal y una retroexcavadora.

### 10.7.2. ALTERNATIVAS DE OPERACIÓN DE LA MINA

Se contemplan las siguientes alternativas de operación de la mina:

- **Operación y mantención propias (OPMP):** Todos los equipos y personal pertenecen al proyecto. De igual forma considera que la mantención de los equipos será realizada por personal propio.
- **Operación propia y mantención terceros (OPMT):** Todos los equipos y personal con excepción del necesario para realizar la mantención pertenecen al proyecto. Considera que la mantención será realizada por una empresa externa.
- **Servicio Integral por Terceros (SIT):** Tanto los equipos necesarios para llevar a cabo la operación de la mina como algunos elementos del personal pertenecen a una empresa externa, la que será responsable tanto de la adquisición, operación cómo de la mantención de estos equipos. Se solicitaron cotizaciones referencias a las empresas Cerro Alto S.A., ICV S.A. y Santa Elvira S.A. Luego de revisar el resumen análisis comparativo de las ofertas recibidas, se optó por evaluar sólo la alternativa en la que la mina es operada por ICV. Esto se fundamenta en que esta empresa ofrece los menores costos tanto en inversión cómo en operación.



### **10.7.3. DOTACION**

El personal será requerido sólo durante la fase operativa de la mina, la que se extiende desde el año 2016 hasta el año 2038.

La dotación requerida se encuentra detallada para cada alternativa de operación en la Tabla 10.9, en la

Tabla 10.10 y en la

Tabla 10.11.

En la Tabla 10.12 se especifica el cargo y categoría de remuneración del personal de la mina.

En la Tabla 10.13, en la Tabla 10.14 y en la Tabla 10.15 se detalla la dotación de la mina por categoría de remuneración para cada una de las alternativas de operación.

Tabla 10.9: Dotación Mina por cargo (OPMP)

Año	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038
Jefe de Operaciones Mina	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Asistentes	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Secretarios	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Jefes de Turno	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Ing. Perforación y Tronadura	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Capataces de Producción	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Capataces de Perforación y Tronadura	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Operador Perforadora D.	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8			
Operador Equipos Auxiliares	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Operador Cargador 15 yd3	8	8	8	12	12	12	12	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	12	8	8	8	8
Operador Camiones Extracción	27	27	27	27	34	38	38	46	46	61	61	49	49	61	61	61	61	61	53	31	31	16	16
Operador Bulldozer	8	8	8	8	8	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	8	8	8	8
Operador Wheeldozer	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
Operador Motoniveladoras	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
Operador Camiones Aljibe	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
Ing. Mecánico	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Ing. Eléctrico	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Jefes de Turno	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Capataces	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Vulcanizador	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Administrativos	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Pañoleros	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Perforadoras	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6			
Equipos Auxiliares	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Cargador Frontal	7	7	7	11	11	11	11	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	11	7	7	7	7
Camiones	17	17	17	17	22	24	24	29	29	38	38	31	31	38	38	38	38	38	33	19	19	10	10
Bulldozer	4	4	4	4	4	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	4	4	4	4
Wheeldozer	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Motoniveladoras	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Camiones Aljibe	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4

Fuente: Metálica Consultores S.A.

Tabla 10.10: Dotación Mina por cargo (OPMT)

Año	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038
Jefe de Operaciones Mina	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Asistentes	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Secretarios	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Jefes de Turno	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Ing. Perforación y Tronadura	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Capataces de Producción	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Capataces de Perforación y Tronadura	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Operador Perforadora D.	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8			
Operador Equipos Auxiliares	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Operador Cargador 15 yd3	8	8	8	12	12	12	12	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	12	8	8	8	8
Operador Camiones Extracción	27	27	27	27	34	38	38	46	46	61	61	49	49	61	61	61	61	61	53	31	31	16	16
Operador Bulldozer	8	8	8	8	8	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	8	8	8	8
Operador Wheeldozer	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
Operador Motoniveladoras	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
Operador Camiones Aljibe	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
Ing. Mecánico	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Ing. Eléctrico	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
aJefes de Turno	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Capataces																							
Vulcanizador																							
Administrativos	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Pañoleros	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Perforadoras																							
Equipos Auxiliares																							
Cargador Frontal																							
Camiones																							
Bulldozer																							
Wheeldozer																							
Motoniveladoras																							
Camiones Aljibe																							

Fuente: Metálica Consultores S.A.

Tabla 10.11: Dotación Mina por Cargo (SIT)

Año	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038
Jefe de Operaciones Mina	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Asistentes	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Secretarios	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Jefes de Turno	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Ing. Perforación y Tronadura																							
Capataces de Producción	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Capataces de Perforación y Tronadura																							
Operador Perforadora D.																							
Operador Equipos Auxiliares																							
Operador Cargador 15 yd3																							
Operador Camiones Extracción																							
Operador Bulldozer																							
Operador Wheeldozer																							
Operador Motoniveladoras																							
Operador Camiones Aljibe																							
Ing. Mecánico	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Ing. Eléctrico	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Jefes de Turno	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Capataces																							
Vulcanizador																							
Administrativos	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Pañoleros																							
Perforadoras																							
Equipos Auxiliares																							
Cargador Frontal																							
Camiones																							
Bulldozer																							
Wheeldozer																							
Motoniveladoras																							
Camiones Aljibe																							

Fuente: Metálica Consultores S.A.

Tabla 10.12: Categoría de costo de mano de obra mina por cargo

<b>CARGO (NOMBRE)</b>	<b>COSTO (CATEGORÍA)</b>
<b>DEPARTAMENTO DE OPERACIONES MINA: SUPERVISIÓN</b>	
Jefe de Operaciones Mina	A1
Asistentes	B2
Secretarios	B3
Jefes de Turno	A2
Ing. Perforación y Tronadura	A4
Capataces de Producción	B1
Capataces de Perforación y Tronadura	B1
<b>DEPARTAMENTO DE OPERACIONES MINA: OPERADORES</b>	
Operador Perforadora D.	B2
Operador Equipos Auxiliares	B3
Operador Cargador 15 yd3	B2
Operador Camiones Extracción	B2
Operador Bulldozer	B3
Operador Wheeldozer	B3
Operador Motoniveladoras	B3
Operador Camiones Aljibe	B3
<b>DEPARTAMENTO DE MANTENCIÓN</b>	
Ing. Mecánico	A2
Ing. Eléctrico	A2
Jefes de Turno	A2
Capataces	B1
Vulcanizador	B3
Administrativos	B3
Pañoleros	B3
<b>DEPARTAMENTO DE MANTENCIÓN: MANTENEDORES</b>	
Perforadoras	B2
Equipos Auxiliares	B2
Cargador Frontal	B2
Camiones	B2
Bulldozer	B2
Wheeldozer	B2
Motoniveladoras	B2
Camiones Aljibe	B2

Fuente: Metálica Consultores S.A.

Tabla 10.13: Dotación Mina (OPMP)

Año	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038
A1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
A2	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
A3																							
A4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
B1	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
B2	92	92	92	100	112	120	120	140	140	164	164	145	145	164	164	164	164	164	144	98	84	60	60
B3	45	45	45	45	45	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	45	45	45	45

Fuente: Elaboración Propia en base a información de Metálica Consultores S.A

Tabla 10.14: Dotación Mina (OPMT)

Año	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038
A1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
A2	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
A3																							
A4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
B1	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
B2	44	44	44	48	55	59	59	71	71	86	86	74	74	86	86	86	86	86	74	48	40	25	25
B3	41	41	41	41	41	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	41	41	41	41

Fuente: Elaboración propia en base a información de Metálica Consultores S.A

Tabla 10.15: Dotación Mina (SIT)

Año	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038
A1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
A2	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
A3																							
A4																							
B1	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
B2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
B3	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5

Fuente: Elaboración propia en base a información de Metálica Consultores S.A

# CAPÍTULO 11: ANEXO C: RESUMEN PROCESO

## 11.1. INTRODUCCIÓN

Se optó, en el estudio de perfil por procesar los minerales empleando técnicas hidrometalúrgicas comúnmente empleadas en la industria minera. El proceso seleccionado es viable debido a la presencia de óxidos de cobre.

El proceso diseñado está compuesto por etapas de chancado, lixiviación, extracción por solventes y electro-obtención y cuenta con una dotación de 105 empleados distribuidos en 4 turnos de 12 horas.

Los principales insumos del proceso son el ácido sulfúrico, el agua industrial y la energía. El producto final corresponde a cátodos de cobre del cual el 95% se clasifica como de Grado A.

El estudio de Ingeniería de Prefactibilidad de la planta de procesamiento fue realizado por JRI Ingeniería S.A. de acuerdo a los criterios de diseño descrito en la Tabla 11.1.

Tabla 11.1: Criterios de diseño

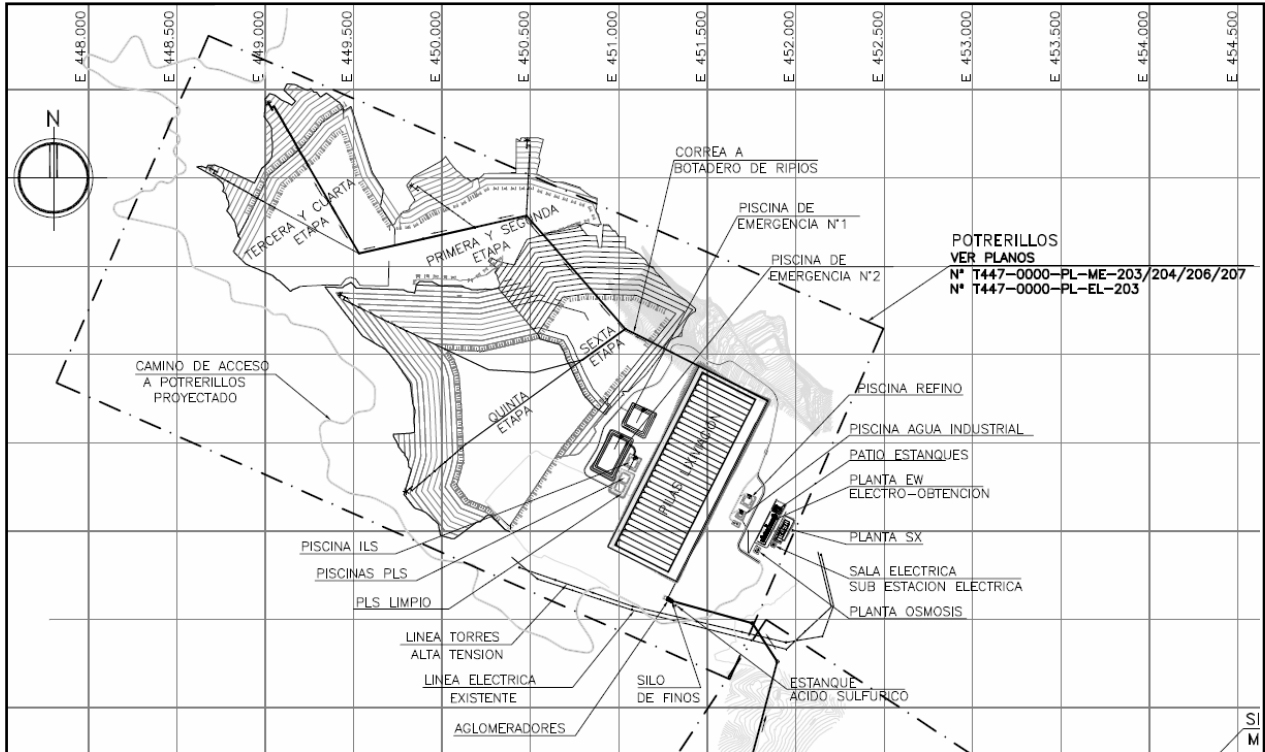
DESCRIPCIÓN	VALOR	UNIDAD
Masa mineral a tratar	8.000	ktpa
Ley Cu total	0,56	%
Recuperación Cu	62,5	%
Producción Cu	30	ktpa
Consumo H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (neto)	47	kg/t

Fuente: JRI Ingeniería S.A.

## 11.2. OPERACIONES DEL PROCESO

Las operaciones del proceso se encuentran separadas en un área seca ubicada en la Mina Vieja de Potrerillos y un área húmeda ubicada en el antiguo campamento a un 1 km de la fundición.

Figura 11.1: Planta de procesamiento



Fuente. JRI Ingeniería S.A.

### 11.2.1. ÁREA SECA

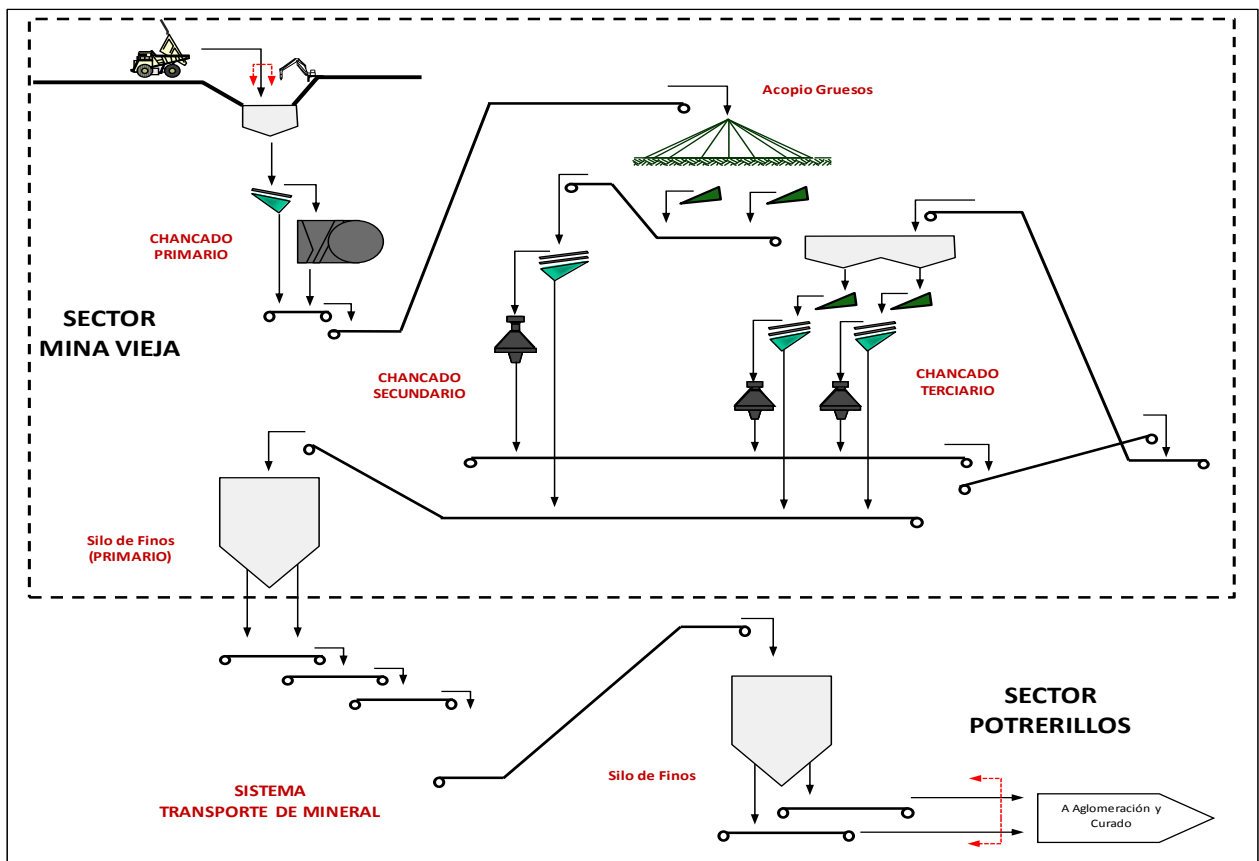
El proceso se divide en dos áreas, el área seca que incorpora las etapas de chancado y de transporte de minerales y el área húmeda que incorpora las de lixiviación en pilas, extracción por solventes y electro-obtención. Las operaciones del área seca son descritas a continuación:

- **Chancado primario:** En esta etapa, los camiones provenientes de la mina descargan el mineral ROM sobre una parrilla estática de 20" de separación. El material que pase por dicha parrilla caerá a una tolva con capacidad de 100 t, mientras que las colpas que queden retenidas serán reducidas mediante un martillo hidráulico. El objetivo de esto es prevenir posibles daños a los equipos principales. Desde la tolva el material pasará por un harnero tipo Grizzly con una apertura de 200 mm, él que desviará el material más grueso hacia el chancador primario. Tanto el material que pase por el harnero cómo el que es producto del chancador primario serán transportados hacia el acopio de gruesos mediante una correa. Se almacena el material producto del chancado primario con el fin asegurar una alimentación continua de las siguientes etapas de chancado.
- **Clasificación y chancado secundario:** Se procede a una clasificación del tamaño del mineral mediante 2 harneros de 50 mm, enviando a los chancadores secundarios lo que quede retenido.



- **Clasificación y chancado terciario:** Se repite el proceso anterior pero empleando un harnero con una abertura de  $\frac{3}{4}$ " (19,1 mm) y un chancador terciario. Finalmente el mineral fino obtenido de las etapas de chancado, será transportado mediante una correa transportadora hasta un silo de acopio que alimenta el sistema de transporte de mineral.
- **Transporte de mineral:** En esta etapa, el mineral chancado en las etapas anteriores, él que está compuesto por mineral de  $\frac{3}{4}$ ", es transportado mediante correas transportadoras de aproximadamente 9,1 km de longitud desde la planta de Chancado ubicado en el sector de la Mina Vieja hasta el área húmeda, ubicada en el sector de Potrerillos.

Figura 11.2: Área seca



Fuente: JRI Ingeniería S.A.

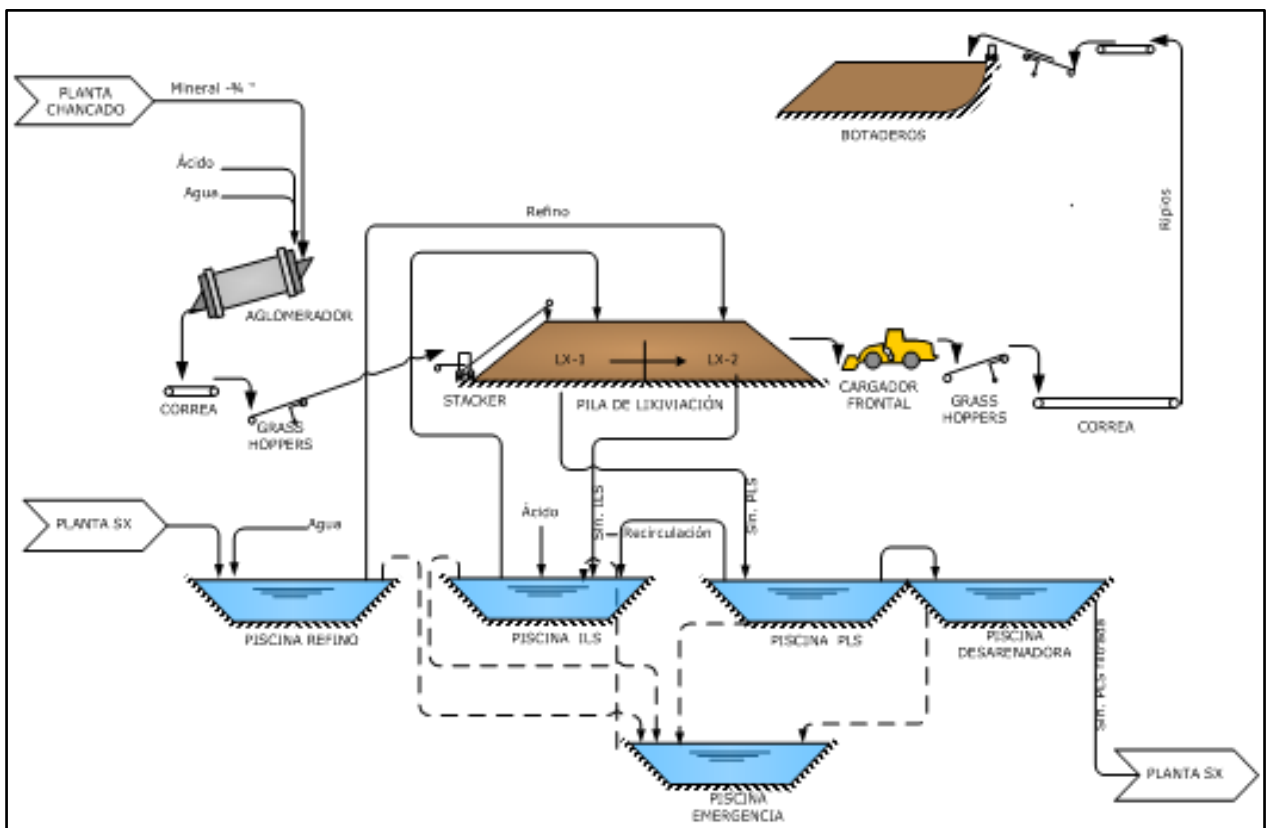
## 11.2.2. ÁREA HÚMEDA

El área húmeda se divide en distintos procesos: lixiviación, extracción por solventes y Electro-obtención. Estos son descritos a continuación:

**Lixiviación:** El proceso de lixiviación (o Heap Leach) consta de 2 etapas:

- **Aglomeración:** En esta etapa, el mineral proveniente del área seca es ingresado en un cilindro aglomerador. En él que es mezclado, mediante rotación del cilindro, con ácido sulfúrico y agua a presión durante un minuto. El aglomerador cuenta con una inclinación de entre  $4^\circ$  y  $10^\circ$ . El diseño considera 2 aglomeradores de 10,0 m de largo y 3,3 m de diámetro.
- **Curado:** El mineral aglomerado es transportado hasta las plataformas de lixiviación, generándose pilas de una altura de 3 m, con un ángulo de  $38^\circ$  y con una base rectangular de 1.100 m por 342 m. Las pilas son regadas con una solución ácida (ILS y refino) por un período de 64 días. El agua que se escurre y que contiene ácido, cobre y diversas impurezas, es enviada a una piscina PLS que alimenta la planta de extracción por solventes.

Figura 11.3: Área húmeda – Lixiviación



Fuente: JRI Ingeniería S.A.

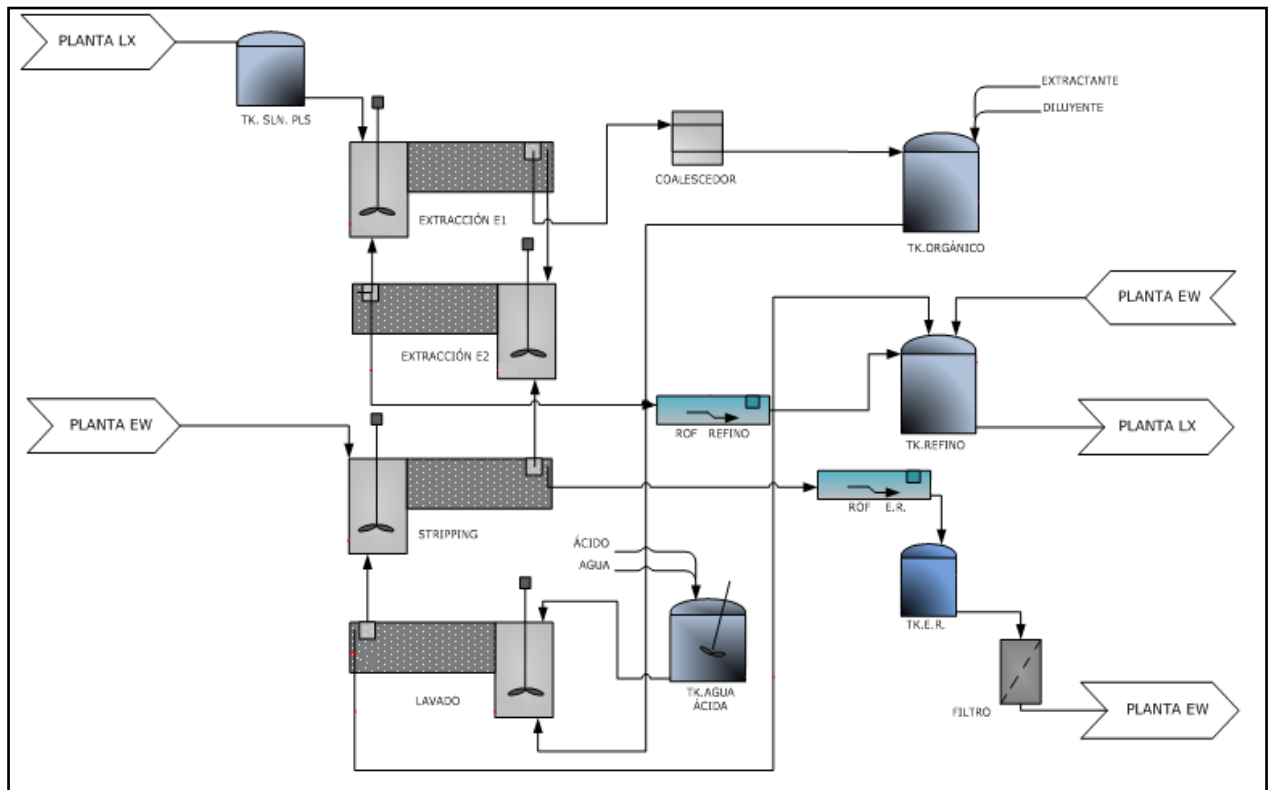
**Extracción por solventes:** Los objetivos del proceso de extracción por solventes (o Solvent Extraction) son remover las impurezas presentes en la solución proveniente de las pilas de lixiviación (Solución PLS) y concentrar la solución (electrolito pobre/rico) que a la vez proviene y es enviada a la planta de electro-obtención.

El movimiento de soluciones que afecta la planta de EW es el siguiente:

- Entrada:
  - Solución PLS proveniente de las pilas de lixiviación.
  - Electrolito empobrecido proveniente de la planta de EW.
  - Insumos: Extractante y diluyente orgánico, energía y potencia, ácido sulfúrico, agua industrial y tratada (Cuyos consumos unitarios son descritos en el punto 11.3).
- Salida:
  - Refino destinado a las pilas de lixiviación.
  - Electrolito enriquecido destinado a la planta de EW.

La planta de extracción por solventes cuenta con 2 etapas de extracción, 1 de lavado, 1 de re-extracción y una de refino en una configuración conocida como 2E, 1W, 1S.

Figura 11.4: Área húmeda – Extracción por solventes



Fuente: JRI Ingeniería S.A.

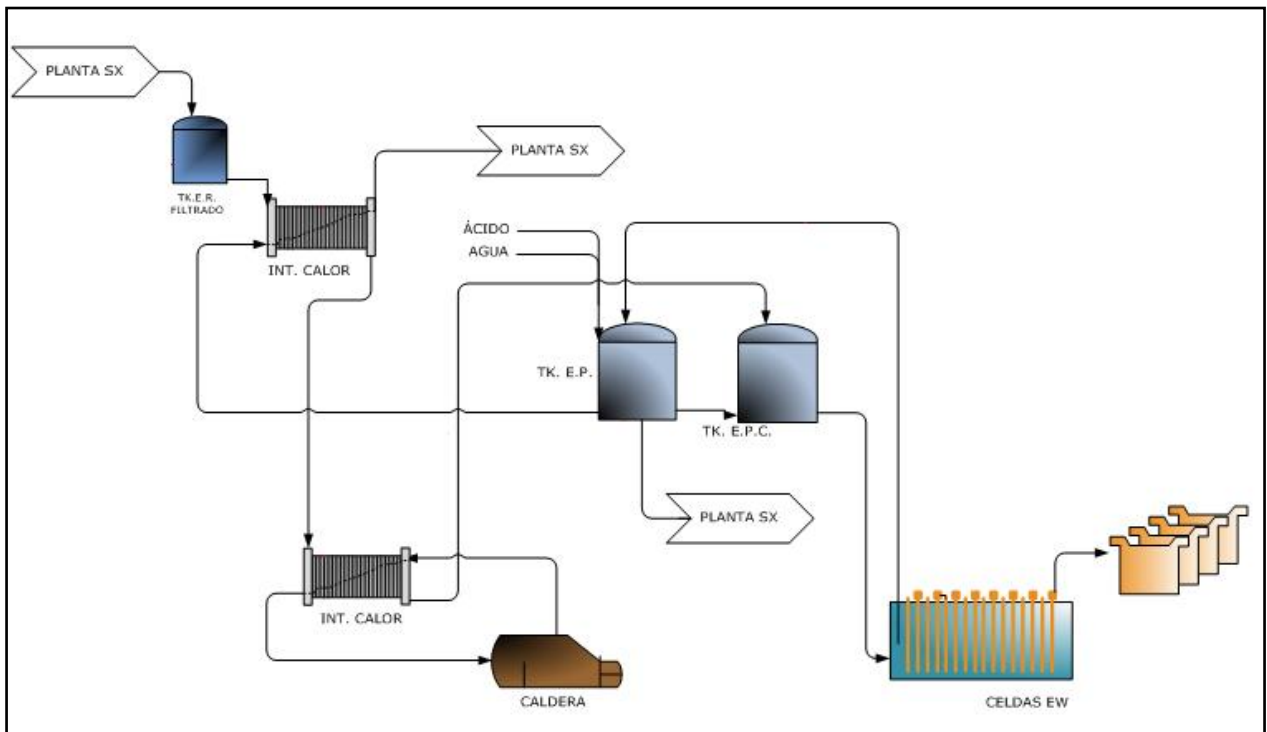
**Electro-obtención:** El proceso de electro-obtención (o Electro-Winning) consiste en la obtención de cátodos de cobre de alta pureza mediante la aplicación de una corriente eléctrica continua a una solución ácida (electrólito enriquecido) que contiene iones  $\text{Cu}^{2+}$ .

El movimiento de soluciones, insumos y productos que afecta la planta de EW es el siguiente:

- Entrada:
  - Electrolito enriquecido proveniente de la planta de SX.
  - Sulfato de cobalto para la protección de los ánodos frente a la corrosión.
  - Guar modificado es un insumo que mejora la calidad del cátodo (a través de una mejor depositación).
  - Petróleo Diesel que alimenta la caldera de la interfaz de calor.
  - Otros insumos (agua industrial y tratada, energía y potencia).
- Salida:
  - Cátodos de cobre fino.
  - Electrolito empobrecido destinado a la planta de SX.

El proceso se encuentra esquematizado a continuación:

Figura 11.5: Área húmeda – Electro-Obtención



Fuente: JRI Ingeniería S.A.

### 11.2.3. APORTES FURE

El proyecto contempla la posibilidad de integrar aportes de residuos desde la Fundición y Refinería de San Antonio (FuRe) ubicada a 1 km de la planta de procesamiento del proyecto. Esto se traduciría en un aporte adicional de cobre altamente concentrado que no implicaría inversiones significativas en la planta de procesamiento dado el bajo volumen de material añadido al proceso.

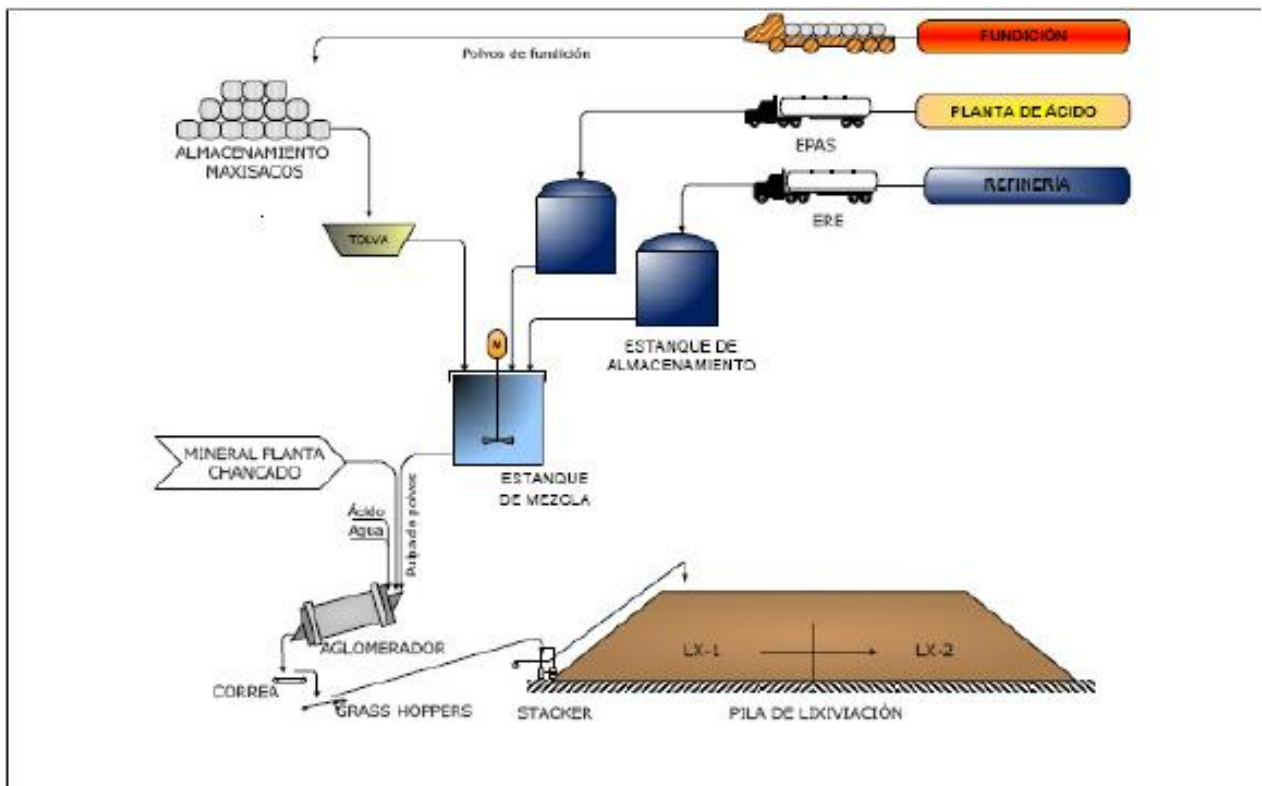
Tabla 11.2: Aportes FuRe

Años	2015	2016	2017 - 2038
Polvo de fundición (tCu)	276	1.564	920
Ácido Tipo C (tCu)	20	111	65
Electrolito de descarte (tCu)	183	1.037	610

Fuente: Codelco

El proceso se esquematizado a continuación. En él se aprecia que los aportes FuRe se integran al proceso en el área húmeda mediante diversos estanques para conservar la capacidad de drenaje de las pilas de lixiviación.

Figura 11.6: Procesamiento de polvo de fundición



Fuente: M&MA Ltda.

#### 11.2.4. CALENTAMIENTO DE LA SOLUCIÓN ÁCIDA

Se sabe que es posible mejorar la recuperación de cobre si la solución ácida con la que son regadas las pilas de lixiviación es calentada. Para ello se encargó el *Estudio Ingeniería de Perfil – Calentamiento de la solución ILS Proyecto San Antonio* a la empresa JHG Ingeniería para estimar la mejora en la recuperación, y evaluar las alternativas disponibles.

Las alternativas planteadas eran las siguientes:

- Calentamiento mediante colectores solares.
- Calentamiento mediante caldera de agua caliente e intercambiadores de calor quemando petróleo diesel.
- Recuperación de calor de convertidores catalíticos de la planta de ácido sulfúrico.
- Recuperación de calor de la torre de absorción de la planta de ácido sulfúrico.

El estudio recomendaba el empleo de la cuarta alternativa para calentar la solución a una temperatura de entre 45°C y 50°C, uso de cubiertas de plástico sobre las pilas de lixiviación para reducir la evaporación y mantener la temperatura. Mediante esto se pretendía mejorar la recuperación de cobre en un 7,6%.

#### 11.2.5. INTERFERENCIAS

Las instalaciones del proyecto muestran interferencias con instalaciones ya existentes. Estas interferencias son descritas a continuación.

- **Interferencias área seca:** Sólo existen interferencias naturales debidas a la poca disponibilidad de espacio y a la topografía del terreno:
  - Esto implica realizar inversiones en el corte de cerros y relleno de áreas para las plantas de chancado, acopio de gruesos y silo de finos, construcción de caminos.
  - Por otra parte, es necesario aumentar el área transversal de los túneles 1 y 3 para la instalación y la mantención de las correas transportadoras que ahí se instalarán.
- **Interferencias área húmeda:** En el área húmeda se presentan algunas interferencias con las instalaciones existentes:
  - Una de las pilas de lixiviación se ubicará sobre una línea de abastecimiento de agua potable, la que será reubicada al sur de la pila.
  - Las instalaciones proyectadas afectan la red contra incendios existente obligando su modificación.
  - El sistema de distribución eléctrica proyectado interfiere con una línea de distribución de energía de 12 kV y una línea telefónica.

Finalmente se observa que una matriz de alcantarillado proveniente de la fundición pasa por debajo de las pilas de lixiviación. DSAL proyecta la instalación de una planta de tratamiento de aguas servidas, por lo que no se considerará esta interferencia en la evaluación.

## 11.2.6. DOTACIÓN

La planta de procesamiento opera durante 24 horas al día, 360 días al año. Para ello cuenta con dotación que asciende 105 trabajadores distribuidos en 4 turnos de 12 horas. Estos se distribuyen en las distintas áreas y plantas de la siguiente forma:

- La planta de chancado requiere de 50 trabajadores (descrita en la Tabla 11.3).
- El sistema de transporte de minerales (STM) requiere de **4** operarios.
- La planta de lixiviación requiere de **27** personas (descrita en la Tabla 11.4).
- La planta de extracción por solventes requiere de **8** operarios.
- La planta de electro-obtención requiere de **12** operarios.
- Adicionalmente se requiere de **4** eléctricos (categoría electro-mecánico) que realizan reparten sus labores el área húmeda.

La dotación de la planta se resume en la Tabla 4.1.

Tabla 11.3: Dotación planta de chancado

CARGO	CATEGORÍA	CANTIDAD
Operadores Chancado Fino	Operador	8
Operadores Chancado Primario	Operador	8
Mecánicos	Electro-Mecánico	8
Eléctrico	Electro-Mecánico	4
Instrumentista	Electro-Mecánico	4
Jefes de Turno	Supervisor	5
Operador Metalurgia	Electro-Mecánico	1
Estadístico	Electro-Mecánico	1
Comprador y Despachador	Electro-Mecánico	1
Analista Laboral	Electro-Mecánico	1
Analista de Capacitación	Electro-Mecánico	1
Secretaria	Electro-Mecánico	1
Programador	Electro-Mecánico	1
Inspector	Electro-Mecánico	1
Gestión y Control de Producción	Supervisor	1
Supervisor de Operación	Supervisor	1
Supervisor de Desarrollo Metalúrgico	Supervisor	1
Supervisor de Metalurgia	Supervisor	1
Supervisor de Mantenimiento	Supervisor	1
<b>TOTAL</b>		<b>50</b>

Fuente: JRI

Tabla 11.4: Dotación planta de lixiviación

CARGO	CATEGORÍA	CANTIDAD
Operadores de Carga	Operador	8
Operadores de Descarga	Operador	8
Mecánico	Electro-Mecánico	4
Jefe de Turno	Supervisor	5
Supervisor de Mantención	Supervisor	2
<b>TOTAL</b>		<b>27</b>

Fuente: JRI

### 11.3. CONSUMOS UNITARIOS

Los consumos unitarios del proceso se describen a continuación:

Tabla 11.5: Consumos unitarios - Proceso

Insumo	Proceso	Cantidad	Valor
Agua Industrial	HL	m <sup>3</sup> /t de mineral	0,13
Agua Industrial	SX	l/tCu	400
Agua Industrial	EW	l/tCu	600
Agua Tratada	SX	l/m <sup>3</sup> solución PLS	22
Agua Tratada	EW	l/m <sup>3</sup> solución PLS	2,2
Ácido Sulfúrico	HL	kg/t de mineral factor de (1/0,94)	Según Plan Minero Operativizado
Ácido Sulfúrico	SX	kg/m <sup>3</sup> solución PLS	0,23
Ácido Sulfúrico	EW	kg/m <sup>3</sup> solución PLS	0,21
Extractante Orgánico	SX	kg/tCu	1,00
Diluyente Orgánico	SX	l/tCu	10,0
Sulfato de Cobalto	EW	kg/tCu	0,1
Guar Modificado	EW	kg/tCu	0,2
Petróleo Diesel	EW	l/m <sup>3</sup> de electrólito	0,56

Fuente: JRI Ingeniería S.A.

Por otra parte el consumo de energía y el consumo equivalente de potencia se describen a continuación:



Tabla 11.6: Consumo de Energía (MWh)

Chancado	STM	HL	SX	EW	Menores
18.823	6.988	22.541 (años 2016 y 2034-2038) 23.317 (años 2017, 2018 y 2029-2033) 25.642 (años 2019-2021) 24.867 (años 2022 y 2023) 23.898 (años 2024-2028)	2.595	2.830 + 2,0 * tCu	3% del total

Fuente: DSAL

Tabla 11.7: Consumo de Potencia (MW/h)

Chancado	STM	HL	SX	EW	Menores
28.708	10.274	43.611 (años 2016 y 2034-2038) 44.903 (años 2017, 2018 y 2029-2033) 48.779 (años 2019-2021) 47.487 (años 2022 y 2023) 45.872 (años 2024-2028)	5.210	65.661	3% del total

Fuente: DSAL

La variación en el consumo de energía y de potencia en el proceso de lixiviación en pilas se debe a que las existen múltiples pilas de lixiviación alimentadas por correas transportadoras, las que consumen energía y potencia.

## 11.4. PLAN MINERO OPERATIVIZADO

Para la estimación del consumo de insumos en la etapa de procesamiento de minerales se diseñó el plan minero operativizado descrito en la Tabla 11.8.

Tabla 11.8: Plan Minero Operativizado

<b>Año</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>	<b>2017</b>	<b>2018</b>	<b>2019</b>	<b>2020</b>	<b>2021</b>	<b>2022</b>	<b>2023</b>	<b>2024</b>	<b>2025</b>	<b>2026</b>
Masa Mineral (kt)		5.180	6.802	6.539	7.233	7.235	6.989	7.928	8.000	7.934	7.880	6.607
Ley Cu Mineral		0,007	0,007	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,005	0,005	0,006	0,006
Finos Cu Mineral (kt)		36	45	42	42	42	44	44	40	43	47	42
Recuperación Cu (%)		0,66	0,67	0,72	0,71	0,71	0,68	0,68	0,65	0,69	0,63	0,71
Masa Cu Cátodos (kt)		24	30	30	30	30	30	30	26	30	30	30
Consumo H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (kg/t)		14	19	23	19	28	33	43	47	36	25	29
Gasto Ácido (kt)		73	128	150	139	199	230	344	377	282	193	194
Razón PLS/Mineral (m <sup>3</sup> /t)		0,73	0,73	0,73	0,73	0,73	0,73	0,73	0,73	0,73	0,73	0,73
Volumen Solución PLS (k m <sup>3</sup> )		3.781	4.965	4.774	5.280	5.282	5.102	5.787	5.840	5.791	5.752	4.823
Volumen Electrolito (k m <sup>3</sup> )		1.664	2.185	2.100	2.323	2.324	2.245	2.546	2.570	2.548	2.531	2.122
<b>Año</b>	<b>2027</b>	<b>2028</b>	<b>2029</b>	<b>2030</b>	<b>2031</b>	<b>2032</b>	<b>2033</b>	<b>2034</b>	<b>2035</b>	<b>2036</b>	<b>2037</b>	<b>2038</b>
Masa Mineral (kt)	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	6.820	8.000	7.999	7.998	7.998	7.600
Ley Cu Mineral	0,005	0,004	0,004	0,004	0,004	0,006	0,008	0,007	0,003	0,003	0,003	0,003
Finos Cu Mineral (kt)	37	35	35	36	35	47	57	54	28	24	26	23
Recuperación Cu (%)	0,58	0,59	0,60	0,58	0,60	0,62	0,52	0,53	0,58	0,54	0,54	0,57
Masa Cu Cátodos (kt)	21	21	21	21	21	29	30	28	16	13	14	13
Consumo H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (kg/t)	23	35	41	30	25	23	9	16	31	28	36	26
Gasto Ácido (kt)	180	283	329	242	200	183	62	132	245	222	288	194
Razón PLS/Mineral (m <sup>3</sup> /t)	0,73	0,73	0,73	0,73	0,73	0,73	0,73	0,73	0,73	0,73	0,73	0,73
Volumen Solución PLS (k m <sup>3</sup> )	5.840	5.840	5.840	5.840	5.840	5.840	4.979	5.840	5.839	5.838	5.838	5.548
Volumen Electrolito (k m <sup>3</sup> )	2.570	2.570	2.570	2.570	2.570	2.570	2.191	2.570	2.569	2.569	2.569	2.441

Fuente: Codelco

# CAPÍTULO 12: ANEXO D: DIMENSIONAMIENTO PLANTA

Tabla 12.1: Resultados dimensionamiento chancado primario

<b>CHANCADO PRIMARIO</b>		
Tonelaje de Diseño	ktpa	8.000
Factor de Diseño	-	1,1
Tonelaje Instantáneo	tph	1.451
Utilización	%	70
% Metasedimento	%	63

<b>REDUCCIÓN COLPAS</b>		
Tipo	-	Picarrocas Hidráulico
Tamaño Máx. colpa	mm	800
Picarrocas tipo Hidráulico	-	-

<b>RECEPCIÓN MINERAL</b>		
Tipo	-	Tolva
Capacidad viva	ton	100

<b>CLASIFICACIÓN PRIMARIA</b>		
Tipo	-	Grizzly Feeder
Largo Grizzly	mm	2.000
Largo Total	mm	6.600
Cantidad	unidad	1
Tamaño Separación	mm	200

<b>CHANCADO PRIMARIO</b>		
Tipo	-	Mandíbulas
Tamaño	-	1.500 x 1.100
Cantidad	unidad	1
Potencia Máx. Instalada	HP	270
CSS	mm	150
Tonelaje por Chancador	tph	381
Tonelaje de Catálogo	tph	518
% de Capacidad (por equipo)	%	73,5

<b>ACOPIO GRUESOS</b>		
Tipo	-	Cónico
Capacidad viva	horas	12
	ton	12.000
Cubierta	-	Domo
Equipo de Descarga	3op + 1 sb	Alimentadores Vibratorios

Fuente: JRI Ingeniería S.A.

Tabla 12.2: Resultados dimensionamiento chancado secundario

<b>CHANCADO FINO</b>		
Tonelaje Diseño	ktpa	8.000
Factor de Diseño	-	1,1
Tonelaje Instantáneo	tph	1.195
Utilización	%	85
% Metasedimento	%	63

<b>HARNEADO SECUNDARIO</b>		
Tipo	-	Convencional Doble Malla
Tamaño Seleccionado	pies	10 x 24
Cantidad	unidad	1
Abertura 1ª Malla	mm	50,0
RC 1ª Malla	%	89,7
Abertura 2ª Malla	mm	19,1
RC 2ª Malla	%	83,0
Eficiencia Global Harnero	%	76,8

<b>CHANCADO SECUNDARIO</b>		
Tipo	-	Cono Estándar - Alta Capacidad
Potencia Máx. Instalada	HP	670
Cantidad	unidad	1
CSS	mm	38,1
Tipo de Cámara	-	C
Tonelaje por Chancador	tph	807
Capacidad por Catálogo	tph	975
% Capacidad Utilizada	%	82,8

Fuente: JRI Ingeniería S.A.

Tabla 12.3: Resultados dimensionamiento chancado terciario

<b>CHANCADO FINO</b>		
Tonelaje Diseño	ktpa	8.000
Factor de Diseño	-	1,1
Tonelaje Instantáneo	tph	1.195
Utilización	%	85
% Metasedimento	%	63

<b>TOLVA ALIMENTACIÓN</b>		
Tipo	-	Tolva
Capacidad viva	min	10
	ton	120
Cantidad	unidad	2
Descarga	-	Alimentadores Vibratorios

<b>HARNEADO TERCIARIO</b>		
Tipo		Convencional Doble Malla
Tamaño Seleccionado	pies	10 x 24
Cantidad	unidad	2
Abertura 1ª Malla	mm	38,1
RC 1ª Malla	%	86,2
Abertura 2ª Malla	mm	19,1
RC 2ª Malla	%	80,1
Eficiencia Global Harnero	%	78,3

<b>CHANCADO TERCIARIO</b>		
Tipo	-	Cono - Cabeza Corta - Alta Capacidad
Potencia Máx.	HP	670
Cantidad	unidad	2
CSS	mm	16,0
Tipo de Cámara	-	EF
Tonelaje por Chancador	tph	410
Capacidad por Catálogo	tph	506
% Capacidad Utilizada	%	80,9

Fuente: JRI Ingeniería S.A.

Tabla 12.4: Resultados dimensionamiento aglomeración y curado (LX)

<b>AGLOMERADOR</b>		
<b>Datos Generales</b>		
Tonelaje diseño	ktpa	8.000
Humedad mineral aglomerado	%	10
Ángulo de operación	°	5 - 6
Tiempo de residencia	s	60
Densidad aparente de mineral	t/m <sup>3</sup>	1,2
Adición de ácido	kg/t	17
Consumo de agua	kg/t	80
<b>Dimensionamiento</b>		
Nº de tambores	c/u	2
Diámetro tambor	m	3,3
Longitud tambor	m	10
<b>PILAS</b>		
<b>Datos Generales</b>		
Tonelaje a carguío	kt/día	22,16
Duración total del ciclo	días	64
Densidad aparente	t/m <sup>3</sup>	1,4
<b>Dimensionamiento</b>		
Nº de pilas		1
Altura de pila	m	3
Ángulo de reposo	°	40
Largo base de pila	m	1.102
Ancho base de pila	m	342
Largo corona de pila	m	1.095
Ancho corona de pila	m	334

Fuente: JRI Ingeniería S.A.

Tabla 12.5: Resultados dimensionamiento piscinas (LX)

PISCINAS ALMACENAMIENTO SOLUCIONES (LX)		
<b>Datos Generales</b>		
Tiempo retención refino, ILS, PLS efluente	h	8
Tiempo retención PLS limpio	h	12
Altura húmeda máxima	m	4
Altura revancha	m	0,5
Talud H/V paredes	-	1,5
Caudal diseño refino	m <sup>3</sup> /h	831
Caudal diseño ILS	m <sup>3</sup> /h	1.248
Caudal diseño PLS efluente	m <sup>3</sup> /h	1.110
Caudal diseño PLS limpio	m <sup>3</sup> /h	757
<b>Dimensionamiento</b>		
<b>Piscina refino</b>		
Lado superior	m	48
Lado inferior	m	35
Capacidad útil	m <sup>3</sup>	6.645
<b>Piscina ILS</b>		
Lado superior	m	57
Lado inferior	m	44
Capacidad útil	m <sup>3</sup>	9.985
<b>Piscinas PLS efluente / PLS limpio</b>		
Lado superior	m	55
Lado inferior	m	42
Capacidad útil	m <sup>3</sup>	9.078

Fuente: JRI Ingeniería S.A.

Tabla 12.6: Resultados dimensionamiento mezclador (SX)

MIXER-SETTLER EXTRACCIÓN POR SOLVENTES (SX)		
<b>Datos Generales</b>		
<b>Mixer E1, E2, S, L</b>		
Caudal de diseño E1, E2	m <sup>3</sup> /h	1.584
Caudal de diseño S y L	m <sup>3</sup> /h	1.758
Tiempo de retención por mixer	min	1
Capacidad efectiva	%	85
Potencia específica	kW/m <sup>3</sup>	0,25
<b>Dimensionamiento</b>		
<b>Mixer E1, E2, S y L</b>		
N° estanques y agitadores E1, E2	c/u	3
N° estanques y agitadores S, L	c/u	2
Lado estanque cúbico	m <sup>3</sup>	3,3
Volumen total estanque	c/u	34,5
Potencia por agitador	HP	10

Fuente: JRI Ingeniería S.A.



Tabla 12.7: Resultados dimensionamiento decantador (SX)

<b>MIXER-SETTLER EXTRACCIÓN POR SOLVENTES (SX)</b>		
<b>Datos Generales</b>		
<b>Settler E1, E2</b>		
Caudal diseño mezcla E1, E2	m <sup>3</sup> /h	1.584
Caudal diseño mezcla S, L	m <sup>3</sup> /h	1.758
Caudal específico	m <sup>3</sup> /h/m <sup>2</sup>	3
Velocidad lineal orgánico	cm/s	3 - 4
<b>Dimensionamiento</b>		
<b>Settler E1, E2, S y L</b>		
Altura banda orgánico	m	0,3
Altura de settler	m	1,0
N° de settler	c/u	1
Ancho efectivo settler	m	24,2
Largo efectivo settler	m	24,2
Área efectiva en planta	m <sup>2</sup>	586

Fuente: JRI Ingeniería S.A.

Tabla 12.8: Resultados dimensionamiento post-decantador (SX)

<b>POST-DECANTADORES Y FILTRO DE ELECTROLITO EXTRACCIÓN POR SOLVENTES (SX)</b>		
<b>Datos Generales</b>		
<b>Post-Decantador de Refino (1) y Electrolito Rico (2)</b>		
Caudal de diseño (1)	m <sup>3</sup> /h	757
Caudal de diseño (2)	m <sup>3</sup> /h	331
Caudal específico equipo	m <sup>3</sup> /h/m <sup>2</sup>	25
Ancho colector orgánico	m	0,5
Razón largo/ancho		5/1
<b>Dimensionamiento</b>		
Ancho total equipo (1)	m	3,0
Ancho total equipo (2)	m	2,1
<b>Filtro de Electrolito</b>		
<b>Datos Generales</b>		
Caudal de diseño	m <sup>3</sup> /h	331
<b>Dimensionamiento</b>		
N° de filtros operando	c/u	3
N° de filtros stand-by	c/u	1
Capacidad de tratamiento	m <sup>3</sup> /h	342
Tipo Filtro	-	Spintek, tipo CoMatrix Tower

Fuente: JRI Ingeniería S.A.

Tabla 12.9: Resultados dimensionamiento electro-obtención (EW)

<b>EQUIPOS NAVE ELECTROOBTENCIÓN (EW)</b>		
<b>Circuito Nave EW</b>		
Producción nominal	t/año	30.000
Factor de diseño	-	1,05
Disponibilidad	%	98
Operación anual	d/año	361
Operación diaria	h/día	24
Nº de bancos Planta EW	c/u	4
Nº celdas productivas por banco	c/u	35
Nº celdas lavado por banco	c/u	1
Área activa por cátodo	m <sup>2</sup>	2
Eficiencia de corriente	%	90
Nº de celdas por banco	c/u	35
Producción Cu anual	t/año	31.500
Producción Cu instantánea	kg/h	3710
Densidad de corriente	A/m <sup>2</sup>	280
Área catódica por celda	m <sup>2</sup>	90
Corriente por celda	A	25.200
<b>Transfo-Rectificadores</b>		
Nº de bancos Planta EW	c/u	4
Equipos por sección (2 bancos)	c/u	2
Caída de potencial por celda	V	2
Eficiencia de equipos	%	95
Nº de equipos activos	c/u	4
Nº de equipos repuesto	c/u	1
Corriente por circuito	A	25.200
Caída potencial sección (2 bancos)	V	140
Corriente por equipo	A	12.600
Potencia teórica equipo	kW	1.764
Potencia real equipo	kW	1.857

Fuente: JRI Ingeniería S.A.

# CAPÍTULO 13: ANEXO E: INVERSIÓN JRI

CODELCO CHILE - DIVISIÓN JRI - SALVADOR

PROYECTO SAN ANTONIO ÓXIDOS  
 TABLA B1: ESTIMACIÓN DE INVERSIONES  
 ALTERNATIVA B - INVERSIÓN INICIAL MINA VIEJA-POTRERILLOS

Rev. B

ITEM	DESCRIPCIÓN	UN	CANTIDAD CUBICADA	FACTORES DE CRECIMIENTO		PRECIOS UNITARIOS			COSTOS TOTALES			COSTO DIRECTO TOTAL KUSS
				PRECIO	DI SEÑO	ADQ. IMPORT. US\$	ADQ. NACIONAL US\$	CONSTR. Y MONTAJE US\$	ADQ. IMPORT. KUSS	ADQ. NACIONAL KUSS	C & M KUSS	
1000	<b>MINA RAJO ABIERTO</b>											
2000	<b>CHANCADO</b>								4.868	26.298	6.378	37.544
2100	<b>CHANCADO PRIMARIO</b>								716	2.720	1.972	5.408
2110	Tolva de Recepción de Minerales								167	296	107	570
2120	Chancador Primario y Equipos Auxiliares								549	22	30	600
2130	Cámara de Descarga								0	45	5	50
2140	Alimentadores Mineral Grueso								0	42	2	44
2150	Correa Mineral Grueso								0	874	96	970
2160	Acopio Mineral Grueso								0	796	805	1.602
2170	Supresión y/o Colección de Polvo								0	195	10	205
2180	Edificio Planta Chancado Primario								0	449	917	1.366
2200	<b>CHANCADO SECUNDARIO</b>								1.407	3.368	3.049	7.823
2210	Alimentadores								0	127	11	137
2220	Correas								0	1.192	83	1.275
2230	Harneros Secundarios								269	36	17	321
2240	Tolva Alimentación Chancado Secundario								0	169	167	337
2250	Chancador Secundario y Equipos Auxiliares								1.130	540	99	1.770
2260	Edificio Planta Chancado Secundario								9	1.304	2.671	3.983
2300	<b>CHANCADO TERCIARIO</b>								2.745	20.211	1.357	24.313
2310	Correas								0	17.556	904	18.460
2320	Harneros Terciarios								485	94	34	613
2330	Tolva Alimentación Chancado Terciario								0	1.271	113	1.383
2340	Alimentadores Chancado Terciario								0	89	4	93
2350	Chancador Terciario y Equipos Auxiliares								2.260	22	115	2.397
2360	Supresión y/o Colección de Polvo								0	468	23	491
2370	EDIFICIO PLANTA CHANCADO TERCIARIO								0	712	164	875
3000	<b>LIXIVIACIÓN DE ÓXIDOS</b>								389	28.387	30.755	59.531
3100	<b>LIXIVIACIÓN</b>								389	12.345	25.166	37.900
3110	Correas								0	242	2.223	2.464
3120	Acopio Mineral Fino								0	180	1.337	1.517
3130	Aglomeración y Acidificación								3	1.485	675	2.162
3140	Transporte y Apilamiento de Mineral en Pilas								0	6.165	444	6.608
3150	Pilas de Lixiviación								0	579	15.172	15.751
3160	Regadio								118	360	60	538
3170	Manejo de Soluciones (PLS, ILS, Refino)								268	3.336	5.255	8.859
3180	Preparación, Almacenamiento y Adición de Reactivos								0	0	0	0
3200	<b>MANEJO DE RIPIOS</b>								0	16.042	5.689	21.631
3210	Recuperación, Transporte y Apilamiento de Ripios								0	16.042	3.801	19.843
3220	Botadero de Ripios								0	0	1.788	1.788
4000	<b>EXTRACCIÓN POR SOLVENTE</b>								710	3.299	3.673	7.682
5000	<b>PLANTA ELECTRO OBTENCIÓN (EW)</b>								10	5.460	4.687	10.158
5100	<b>ELECTRO OBTENCIÓN</b>								10	5.460	4.687	10.158
5110	Celdas de Electroobtención								10	1.366	232	1.608
5120	Circuito Hidráulico (Electrolito)								0	1.308	124	1.432
5130	Circuito Eléctrico								0	208	125	333
5140	Edificio Planta Electro Obtención								0	2.205	4.169	6.373
5150	Almacenamiento y Embarque de Cátodos								0	57	6	63
5160	Sistema de Ventilación y Lavado de Gases								0	316	32	348
6000	<b>INFRAESTRUCTURA</b>								1.611	18.490	11.658	31.759
6100	<b>EDIFICIOS</b>								0	166	1.831	1.996
6200	<b>CAMINOS</b>								0	0	4.057	4.057
6120	CAMINOS								0	0	4.057	4.057
6300	<b>SUMINISTRO DE AGUA</b>								11	1.027	3.775	4.814
6300	CAPTACIÓN								0	0	0	0
6300	CONDUCCIÓN								11	289	3.653	3.954
6300	ALMACENAMIENTO Y DISTRIBUCIÓN DE AGUA								0	0	105	105
6300	RED EXTINCIÓN INCENDIOS								0	134	9	143
6300	TRATAMIENTO AGUA (OSMOSIS REVERSA)								0	530	8	537
6300	TRATAMIENTO AGUAS SERVIDAS								0	74	0	74
6400	<b>TRANSPORTE DE INSUMOS</b>											
6500	<b>SUMINISTRO ELÉCTRICO</b>								0	17.205	1.940	19.145
6510	Recepción y Suministro de Energía Eléctrica								0	17.205	1.940	19.145
6600	<b>INFORMACIÓN P/ SISTEMA GESTIÓN OPERACIONAL Y MANTENIMIENTO</b>								0	0	0	0
6610	Captura de Información								0	0	0	0
6700	<b>COMUNICACIONES GENERALES E INFRAESTRUCTURA INFORMÁTICA</b>								1.600	92	55	1.747
6710	Telefonía								1.600	92	55	1.747
6720	Red IP								0	0	0	0
6730	Radio Comunicaciones								0	0	0	0
6731	Sistema de Radio Comunicaciones											
6732	Terminales Bases y Portátiles											
	<b>TOTAL COSTO DIRECTO</b>								7.589	81.934	57.151	146.674

CODELCO CHILE - DIVISION SALVADOR

PROYECTO SAN ANTONIO ÓXIDOS  
TABLA B2: ESTIMACIÓN DE INVERSIONES DIFERIDAS AÑO 3  
ALTERNATIVA B - INVERSIÓN DIFERIDA MINA VIEJA-POTRERILLOS



Rev. B

WBS Nivel 1	WBS Nivel 2	WBS Nivel 3	WBS Nivel 4	WBS AUX	ITEM	DESCRIPCIÓN	UN	CANTIDAD CUBICADA	FACTORES DE CRECIMIENTO		PRECIOS UNITARIOS			COSTOS TOTALES			COSTO DIRECTO TOTAL KUS\$	
									PRECIO	DISÑO	ADQ. IMPORT. US\$	ADQ. NACIONAL US\$	CONSTRY. MONTAJE US\$	ADQ. IMPORT. KUS\$	ADQ. NACIONAL KUS\$	C & M KUS\$		
				3000		LIXIVIACIÓN DE ÓXIDOS								0	3.575	4.285	7.860	
	3200			3200		MANEJO DE RIPIOS								0	3.575	4.285	7.860	
		3210		3210		Recuperación, Transporte y Apilamiento de Ripios								0	3.575	639	4.414	
				3210		Estructura Soporte Correas												
				3210	BAF100	Excavación Estuctural	m3	203,0	1,00	1,10	0	0	16	0	0	3	3	
				3210	BCC100	Relevo Estuctural	m3	113,0	1,00	1,10	0	0	12	0	0	2	2	
				3210	GAC110	Hormigón F30	m3	90,0	1,00	1,08	0	0	480	0	0	45	45	
				3210	GAE110	Empalmado F6	m3	15,0	1,00	1,08	0	0	133	0	0	2	2	
				3210	GUJ110	Acero ASTM A301	ton	38,0	1,00	1,08	0	2.090	2.098	0	86	86	171	
				3210		Estructura Soporte Correas												
				3210	BAF100	Excavación Estuctural	m3	42,0	1,00	1,10	0	0	16	0	0	1	1	
				3210	BCC100	Relevo Estuctural	m3	23,0	1,00	1,10	0	0	12	0	0	0	0	
				3210	GAC110	Hormigón F30	m3	19,0	1,00	1,08	0	0	480	0	0	9	9	
				3210	GAE110	Empalmado F6	m3	3,0	1,00	1,08	0	0	133	0	0	0	0	
				3210	GUJ110	Acero ASTM A301	ton	8,0	1,00	1,08	0	2.090	2.098	0	18	18	36	
				3210		Correas												
				3210	NCJ1233A	Correa Transportadora Overland W= 36" L=250 m, 150HP (CV-257) Etapa 3	bju	1,0	1,00	1,00	0	512.808	25.738	0	513	25	539	
				3210	NCJ1227A	Correa Transportadora Overland W= 36" L=120 m, 50HP (CV-255) Etapa 3	bju	1,0	1,00	1,00	0	248.148	12.405	0	248	12	259	
				3210	NCJ1234A	Correa Transportadora Overland W= 36" L=300 m, 200HP (CV-259) Etapa 3	bju	1,0	1,00	1,00	0	615.369	30.866	0	615	31	646	
				3210	NCJ1234B	Correa Transportadora Overland W= 36" L=290 m, 200HP (CV-260) Etapa 3	bju	1,0	1,00	1,00	0	574.545	28.814	0	574	29	603	
				3210	NCJ1275	Reubicación Correa Transportadora Overland W= 36" L=250 m, 150HP (CV-257) Etapa 3	bju	1,0	1,00	1,00	0	307.685	30.866	0	308	31	339	
				3210	NCJ1279	Reubicación Correa Transportadora Overland W= 36" L=120 m, 50HP (CV-255) Etapa 3	bju	1,0	1,00	1,00	0	133.330	13.430	0	133	13	147	
				3210	NCJ1272	Reubicación Correa Transportadora Overland W= 36" L=300 m, 200HP (CV-259) Etapa 3	bju	2,0	1,00	1,00	0	388.657	38.763	0	389	39	428	
				3210	NCJ1281	Reubicación Correa Transportadora Overland W= 36" L=280 m, 200HP (CV-258) Etapa 3	bju	1,0	1,00	1,00	0	307.685	30.866	0	308	31	339	
				3210		Electricidad												
				3210	ZZZ393	Transformadores A/B Etapa 3	gl	1,0	1,00	1,00	0	77.000	0	0	77	0	77	
				3210	ZZZ395	Cables A/B Etapa 3	gl	1,0	1,00	1,00	0	348.500	0	0	347	0	347	
				3220		Botadero de Ripios									0	0	3.446	3.446
				3220		Estructura Soporte Correas												
				3220		Obras de drenaje												
				3220	ALA105	Membrana HDPE e=1,5 mm	m2	381.826,0	1,00	1,15	0	0	3	0	0	1.224	1.224	
				3220		Canchales de escombros												
				3220	BAF100	Excavación Estuctural	m3	430,0	1,00	1,10	0	0	16	0	0	7	7	
				3220	GAC110	Hormigón F30	m3	99,0	1,00	1,08	0	0	480	0	0	49	49	
				3220	GAE110	Empalmado F6	m3	9,0	1,00	1,08	0	0	133	0	0	1	1	
				3220		Estructura Soporte Correas												
				3220		Obras de drenaje												
				3220	ALA105	Membrana HDPE e=1,5 mm	m2	806.214,0	1,00	1,15	0	0	3	0	0	2.048	2.048	
				3220		Canchales de escombros												
				3220	BAF100	Excavación Estuctural	m3	871,0	1,00	1,10	0	0	16	0	0	15	15	
				3220	GAC110	Hormigón F30	m3	197,0	1,00	1,08	0	0	480	0	0	98	98	
				3220	GAE110	Empalmado F6	m3	18,0	1,00	1,08	0	0	133	0	0	3	3	
						TOTAL COSTO DIRECTO									0	3.575	4.285	7.860

CODELCO CHILE - DIVISION SALVADOR

PROYECTO SAN ANTONIO ÓXIDOS  
TABLA B3: ESTIMACIÓN DE INVERSIONES DIFERIDAS AÑO 7  
ALTERNATIVA B - INVERSIÓN DIFERIDA MINA VIEJA-POTRERILLOS



Rev. B

WBS Nivel 1	WBS Nivel 2	WBS Nivel 3	WBS Nivel 4	WBS AUX	ITEM	DESCRIPCIÓN	UN	CANTIDAD CUBICADA	FACTORES DE CRECIMIENTO		PRECIOS UNITARIOS			COSTOS TOTALES			COSTO DIRECTO TOTAL KUS\$	
									PRECIO	DISÑO	ADQ. IMPORT. US\$	ADQ. NACIONAL US\$	CONSTRY. MONTAJE US\$	ADQ. IMPORT. KUS\$	ADQ. NACIONAL KUS\$	C & M KUS\$		
				3000		LIXIVIACIÓN DE ÓXIDOS								0	2.454	5.191	7.645	
	3200			3200		MANEJO DE RIPIOS								0	2.454	5.191	7.645	
		3210		3210		Recuperación, Transporte y Apilamiento de Ripios								0	2.454	927	3.381	
				3210		Estructura Soporte Correas												
				3210	BAF100	Excavación Estuctural	m3	280,0	1,00	1,10	0	0	16	0	0	6	6	
				3210	BCC100	Relevo Estuctural	m3	140,0	1,00	1,10	0	0	12	0	0	2	2	
				3210	GAC110	Hormigón F30	m3	110,0	1,00	1,08	0	0	480	0	0	58	58	
				3210	GAE110	Empalmado F6	m3	20,0	1,00	1,08	0	0	133	0	0	3	3	
				3210	GUJ110	Acero ASTM A301	ton	49,0	1,00	1,08	0	2.090	2.098	0	111	109	220	
				3210		Correas												
				3210	NCJ1272	Reubicación Correa Transportadora Overland W= 36" L=300 m, 200HP (CV-259) Etapa 3	bju	1,0	1,00	1,00	0	388.657	38.763	0	387	38	425	
				3210	NCJ1272	Reubicación Correa Transportadora Overland W= 36" L=300 m, 200HP (CV-259) Etapa 3	bju	1,0	1,00	1,00	0	388.657	38.763	0	387	38	425	
				3210	NCJ1275	Reubicación Correa Transportadora Overland W= 36" L=250 m, 150HP (CV-257) Etapa 3	bju	1,0	1,00	1,00	0	307.685	30.866	0	308	31	339	
				3210	NCJ1272	Reubicación Correa Transportadora Overland W= 36" L=300 m, 200HP (CV-259) Etapa 3	bju	1,0	1,00	1,00	0	388.657	38.763	0	387	38	425	
				3210	NCJ1272	Reubicación Correa Transportadora Overland W= 36" L=300 m, 200HP (CV-259) Etapa 3	bju	1,0	1,00	1,00	0	388.657	38.763	0	387	38	425	
				3210	NCJ1275	Reubicación Correa Transportadora Overland W= 36" L=250 m, 150HP (CV-257) Etapa 3	bju	1,0	1,00	1,00	0	307.685	30.866	0	308	31	339	
				3210		Electricidad												
				3220	TXD001	Conductor CAIRO, monoconductor 1 x 1/0 #245 MCM (CV-252) Etapa 5	m	12.000,0	1,00	1,08	0	10	6	0	130	78	209	
				3220	TXD000	Estructura Metálica, H= 18 mt. (CV-252) Etapa 5	bju	7,000	1,00	1,08	0	7.000	4.200	0	51	3	82	
				3220	ZZZ393	Transformadores A/B Etapa 3	gl	1,0	1,00	1,00	0	77.000	0	0	77	0	77	
				3220	ZZZ395	Cables A/B Etapa 3	gl	1,0	1,00	1,00	0	348.500	0	0	347	0	347	
				3220		Botadero de Ripios									0	0	4.264	4.264
				3220		Estructura Soporte Correas												
				3220		Obras de drenaje												
				3220	ALA105	Membrana HDPE e=1,5 mm	m2	1.206.172,0	1,00	1,15	0	0	3	0	0	4.062	4.062	
				3220		Canchales de escombros												
				3220	BAF100	Excavación Estuctural	m3	1.526,0	1,00	1,10	0	0	16	0	0	26	26	
				3220	GAC110	Hormigón F30	m3	346,0	1,00	1,08	0	0	480	0	0	172	172	
				3220	GAE110	Empalmado F6	m3	31,0	1,00	1,08	0	0	133	0	0	4	4	
						TOTAL COSTO DIRECTO									0	2.454	5.191	7.645

PROYECTO SAN ANTONIO ÓXIDOS  
 TABLA B4: ESTIMACIÓN DE INVERSIONES DIFERIDAS AÑO 12  
 ALTERNATIVA B - INVERSIÓN DIFERIDA MINA VIEJA-POTRERILLOS

Rev. B

WBS Nivel 1	WBS Nivel 2	WBS Nivel 3	WBS Nivel 4	WBS AUX	ITEM	DESCRIPCIÓN	UN	CANTIDAD CUBICADA	FACTORES DE CRECIMIENTO		PRECIOS UNITARIOS			COSTOS TOTALES			COSTO DIRECTO TOTAL KUS\$
									PRECIO	DISEÑO	ADQ. IMPORT. US\$	ADQ. NACIONAL US\$	CONSTRY MONTAJE US\$	ADQ. IMPORT. KUS\$	ADQ. NACIONAL KUS\$	C & M KUS\$	
				3000		LIXIVIACIÓN DE ÓXIDOS							0	1.927	927	2.853	
	3200			3200		MANEJO DE RIPIOS							0	1.927	927	2.853	
		3210		3210		Recuperación, Transporte y Apilamiento de Ripios							0	1.927	725	2.651	
				3210		Estructura Soporte Correas											
				3210	BAF100	Excavación Estructural	m3	171,0	1,00	1,10	0	0	18	0	0	3	3
				3210	BCC100	Roblero Estructural	m3	96,0	1,00	1,10	0	0	12	0	0	1	1
				3210	GAC110	Hormigón F30	m3	70,0	1,00	1,08	0	0	400	0	0	38	38
				3210	GAE110	Empalme H5	m3	13,0	1,00	1,08	0	0	133	0	0	2	2
				3210	GUJ110	Acero ASTM A36	ton	32,0	1,00	1,08	0	2.090	2.090	0	72	71	144
				3210		Correas											
				3210	NCJ1272	Reubicación Correa Transportadora Overland W=38" L=300 m	m	1,00	1,00	1,00	0	388.657	38.763	0	387	38	425
				3210	NCJ1272	Reubicación Correa Transportadora Overland W=38" L=300 m	m	1,00	1,00	1,00	0	388.657	38.763	0	387	38	425
				3210	NCJ1275	Reubicación Correa Transportadora Overland W=38" L=250 m	m	1,00	1,00	1,00	0	307.885	30.898	0	308	31	339
				3210	NCJ1272	Reubicación Correa Transportadora Overland W=38" L=300 m	m	1,00	1,00	1,00	0	388.657	38.763	0	387	38	425
				3210	NCJ1272	Reubicación Correa Transportadora Overland W=38" L=300 m	m	1,00	1,00	1,00	0	388.657	38.763	0	387	38	425
				3210		Electricidad											
				3210	ZZZ2993	Transformadores AIA Etapa 3	gl	1,00	1,00	1,00	0	77.000	0	0	77	77	
				3210	ZZZ2995	Cables AN B Etapa 3	gl	1,00	1,00	1,00	0	348.500	0	0	347	347	
				3220		Botadero de Ripios							0	0	202	202	
				3220		Estructura Soporte Correas											
				3220	BAF100	Excavación Estructural	m3	1.525,0	1,00	1,10	0	0	18	0	0	25	25
				3220	GAC110	Hormigón F30	m3	345,0	1,00	1,08	0	0	400	0	0	172	172
				3220	GAE110	Empalme H5	m3	31,0	1,00	1,08	0	0	133	0	0	4	4
						TOTAL COSTO DIRECTO							0	1.927	927	2.853	

PROYECTO SAN ANTONIO ÓXIDOS  
 TABLA B5: ESTIMACIÓN DE INVERSIONES DIFERIDAS AÑO 17  
 ALTERNATIVA B - INVERSIÓN DIFERIDA MINA VIEJA-POTRERILLOS

Rev. B

WBS Nivel 1	WBS Nivel 2	WBS Nivel 3	WBS Nivel 4	WBS AUX	ITEM	DESCRIPCIÓN	UN	CANTIDAD CUBICADA	FACTORES DE CRECIMIENTO		PRECIOS UNITARIOS			COSTOS TOTALES			COSTO DIRECTO TOTAL KUS\$
									PRECIO	DISEÑO	ADQ. IMPORT. US\$	ADQ. NACIONAL US\$	CONSTRY MONTAJE US\$	ADQ. IMPORT. KUS\$	ADQ. NACIONAL KUS\$	C & M KUS\$	
				3000		LIXIVIACIÓN DE ÓXIDOS							0	1.221	2.885	4.106	
	3200			3200		MANEJO DE RIPIOS							0	1.221	2.885	4.106	
		3210		3210		Recuperación, Transporte y Apilamiento de Ripios							0	1.221	638	1.858	
				3210		Estructura Soporte Correas											
				3210	BAF100	Excavación Estructural	m3	140,0	1,00	1,10	0	0	18	0	0	2	2
				3210	BCC100	Roblero Estructural	m3	81,0	1,00	1,10	0	0	12	0	0	1	1
				3210	GAC110	Hormigón F30	m3	65,0	1,00	1,08	0	0	400	0	0	32	32
				3210	GAE110	Empalme H5	m3	11,0	1,00	1,08	0	0	133	0	0	2	2
				3210	GUJ110	Acero ASTM A36	ton	27,0	1,00	1,08	0	2.090	2.090	0	81	85	121
				3210		Correas											
				3210	NCJ1272	Reubicación Correa Transportadora Overland W=38" L=300 m, 200HP	m	1,00	1,00	1,00	0	388.657	38.763	0	387	38	425
				3210	NCJ1272	Reubicación Correa Transportadora Overland W=38" L=300 m, 200HP	m	1,00	1,00	1,00	0	388.657	38.763	0	387	38	425
				3210	NCJ1272	Reubicación Correa Transportadora Overland W=38" L=300 m, 200HP	m	1,00	1,00	1,00	0	388.657	38.763	0	387	38	425
				3210		Electricidad											
				3210	ZZZ2993	Transformadores AIA Etapa 3	gl	1,00	1,00	1,00	0	77.000	0	0	77	77	
				3210	ZZZ2995	Cables AN B Etapa 3	gl	1,00	1,00	1,00	0	348.500	0	0	347	347	
				3220		Botadero de Ripios							0	0	2.248	2.248	
				3220		Estructura Soporte Correas											
				3220	ALM105	Membrana HDPE e=1,5 mm	m2	884.181,0	1,00	1,15	0	0	3	0	0	2.248	2.248
						TOTAL COSTO DIRECTO							0	1.221	2.885	4.106	

## CAPÍTULO 14: ANEXO F: INVERSIÓN DIRECTA MINA

Tabla 14.1: Resumen inversión directa- Mina (OPMP)

<b>Año</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>	<b>2017</b>	<b>2018</b>	<b>2019</b>	<b>2020</b>	<b>2021</b>	<b>2022</b>	<b>2023</b>	<b>2024</b>	<b>2025</b>	<b>2026</b>
Equipos	26.050	240		2.548	3.004	1.652		4.770		6.008	3.772	6.008
Instalaciones e Infraestructura	8.800											
Pre-producción y Accesos	9.603											
<b>TOTAL</b>	<b>44.453</b>	<b>240</b>	<b>0</b>	<b>2.548</b>	<b>3.004</b>	<b>1.652</b>	<b>0</b>	<b>4.770</b>	<b>0</b>	<b>6.008</b>	<b>3.772</b>	<b>6.008</b>
<b>Año</b>	<b>2027</b>	<b>2028</b>	<b>2029</b>	<b>2030</b>	<b>2031</b>	<b>2032</b>	<b>2033</b>	<b>2034</b>	<b>2035</b>	<b>2036</b>	<b>2037</b>	<b>2038</b>
Equipos	150	4.506	1.766		2.896	80						
Instalaciones e Infraestructura												
Pre-producción y Accesos												
<b>TOTAL</b>	<b>150</b>	<b>4.506</b>	<b>1.766</b>	<b>0</b>	<b>2.896</b>	<b>80</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>

Fuente: Elaboración propia en base a información de Metálica Consultores S.A.

Tabla 14.2: Resumen inversión directa - Mina (OPMT)

<b>Año</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>	<b>2017</b>	<b>2018</b>	<b>2019</b>	<b>2020</b>	<b>2021</b>	<b>2022</b>	<b>2023</b>	<b>2024</b>	<b>2025</b>	<b>2026</b>
Equipos	26.050	240		2.548	3.004	1.652		4.770		6.008	3.772	6.008
Instalaciones e Infraestructura	8.800											
Pre-producción y Accesos	9.603											
<b>TOTAL</b>	<b>44.453</b>	<b>240</b>	<b>0</b>	<b>2.548</b>	<b>3.004</b>	<b>1.652</b>	<b>0</b>	<b>4.770</b>	<b>0</b>	<b>6.008</b>	<b>3.772</b>	<b>6.008</b>
<b>Año</b>	<b>2027</b>	<b>2028</b>	<b>2029</b>	<b>2030</b>	<b>2031</b>	<b>2032</b>	<b>2033</b>	<b>2034</b>	<b>2035</b>	<b>2036</b>	<b>2037</b>	<b>2038</b>
Equipos	150	4.506	1.766		2.896	80						
Instalaciones e Infraestructura												
Pre-producción y Accesos												
<b>TOTAL</b>	<b>150</b>	<b>4.506</b>	<b>1.766</b>	<b>0</b>	<b>2.896</b>	<b>80</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>

Fuente: Elaboración propia en base a información de Metálica Consultores S.A.



Tabla 14.3: Resumen inversión directa - Mina (SIT)

Año	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
Equipos												
Instalaciones e Infraestructura	2.160											
Pre-producción y Accesos	7.743											
<b>TOTAL</b>	<b>9.603</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
Año	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038
Equipos												
Instalaciones e Infraestructura												
Pre-producción y Accesos												
<b>TOTAL</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>

Fuente: Elaboración propia en base a información de Metálica Consultores S.A.

# CAPÍTULO 15: ANEXO G: INVERSIÓN PLANTA DE PROCESAMIENTO

Tabla 15.1: Resumen inversión directa - Proceso

Año	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
Chancado	25.029	12.515											
Lixiviación	39.688	19.844		7.860				7.645					2.853
Extracción por Solventes	5.121	2.561											
Electro-Obtención	6.772	3.386											
Infraestructura	21.172	10.586											
<b>TOTAL</b>	<b>97.782</b>	<b>48.891</b>	<b>0</b>	<b>7.860</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>7.645</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>2.853</b>
Año	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039
Chancado													
Lixiviación					4.106								
Extracción por Solventes													
Electro-Obtención													
Infraestructura													
<b>TOTAL</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>4.106</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>

Fuente: Elaboración propia en base a información De JRI Ingeniería S.A.

Tabla 15.2: Resumen inversión indirecta - Proceso

Año	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
Costo Contratista (C&M)	-11.430	-5.715	0	-1.286	0	0	0	-1.557	0	0	0	0	-278
Fletes y Seguros (Importaciones)	-506	-253	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fletes y Seguros (Nacionales)	-2.731	-1.366	0	-179	0	0	0	-123	0	0	0	0	-96
Derechos de Internación	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Repuestos	-3.623	-1.812	0	-393	0	0	0	-382	0	0	0	0	-143
Inventario de orgánico planta SX	-2.300	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Gestión de Adquisiciones	-1.790	-895	0	-107	0	0	0	-74	0	0	0	0	-58
Administración de la Construcción	-8.411	-4.125	0	-688	0	0	0	-685	0	0	0	0	-240
Costo del Dueño	-5.143	-2.522	0	-420	0	0	0	-419	0	0	0	0	-147
<b>TOTAL</b>	<b>-35.935</b>	<b>-16.688</b>	<b>0</b>	<b>-3.073</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>-3.239</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>-962</b>
Año	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039
Costo Contratista (C&M)	0	0	0	0	-866	0	0	0	0	0	0	0	0
Fletes y Seguros (Importaciones)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fletes y Seguros (Nacionales)	0	0	0	0	-61	0	0	0	0	0	0	0	0
Derechos de Internación	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Repuestos	0	0	0	0	-205	0	0	0	0	0	0	0	0
Inventario de orgánico planta SX	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Gestión de Adquisiciones	0	0	0	0	-37	0	0	0	0	0	0	0	0
Administración de la Construcción	0	0	0	0	-369	0	0	0	0	0	0	0	0
Costo del Dueño	0	0	0	0	-226	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>TOTAL</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>-1.764</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>

Fuente: Elaboración propia en base a información De JRI Ingeniería S.A.

## CAPÍTULO 16: ANEXO H: RESUMEN INVERSIÓN

Tabla 16.1: Resumen inversión – OPMP (miles de US\$)

Año	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
Inversión directa mina	0	-44.453	-240	0	-2.548	-3.004	-1.652	0	-4.770	0	-6.008	-3.772	-6.008
Inversión indirecta mina (N/A)													
Inversión directa planta	-97.782	-48.891	0	-7.860	0	0	0	-7.645	0	0	0	0	-2.853
Inversión indirecta planta	-35.935	-16.688	0	-3.073	0	0	0	-3.239	0	0	0	0	-962
Contingencias mina	0	-8.891	-48	0	-510	-601	-330	0	-954	0	-1.202	-754	-1.202
Contingencias planta	-19.556	-9.778	0	-1.572	0	0	0	-1.529	0	0	0	0	-571
Otras inversiones	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Plan de cierre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>TOTAL</b>	<b>-153.274</b>	<b>-128.701</b>	<b>-288</b>	<b>-12.504</b>	<b>-3.058</b>	<b>-3.605</b>	<b>-1.982</b>	<b>-12.414</b>	<b>-5.724</b>	<b>0</b>	<b>-7.210</b>	<b>-4.526</b>	<b>-11.595</b>
Año	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039
Inversión directa mina	-150	-4.506	-1.766	0	-2.896	-80	0	0	0	0	0	0	0
Inversión indirecta mina (N/A)													
Inversión directa planta	0	0	0	0	-4.106	0	0	0	0	0	0	0	0
Inversión indirecta planta	0	0	0	0	-1.764	0	0	0	0	0	0	0	0
Contingencias mina	-30	-901	-353	0	-579	-16	0	0	0	0	0	0	0
Contingencias planta	0	0	0	0	-821	0	0	0	0	0	0	0	0
Otras inversiones	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Plan de cierre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-9.863
<b>TOTAL</b>	<b>-180</b>	<b>-5.407</b>	<b>-2.119</b>	<b>0</b>	<b>-10.166</b>	<b>-96</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>-9.863</b>

Fuente: Elaboración propia

Tabla 16.2: Resumen inversión – OPMT (miles de US\$)

Año	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
Inversión directa mina	0	-44.453	-240	0	-2.548	-3.004	-1.652	0	-4.770	0	-6.008	-3.772	-6.008
Inversión indirecta mina (N/A)													
Inversión directa planta	-97.782	-48.891	0	-7.860	0	0	0	-7.645	0	0	0	0	-2.853
Inversión indirecta planta	-35.935	-16.688	0	-3.073	0	0	0	-3.239	0	0	0	0	-962
Contingencias mina	0	-8.891	-48	0	-510	-601	-330	0	-954	0	-1.202	-754	-1.202
Contingencias planta	-19.556	-9.778	0	-1.572	0	0	0	-1.529	0	0	0	0	-571
Otras inversiones	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Plan de cierre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>TOTAL</b>	<b>-153.274</b>	<b>-128.701</b>	<b>-288</b>	<b>-12.504</b>	<b>-3.058</b>	<b>-3.605</b>	<b>-1.982</b>	<b>-12.414</b>	<b>-5.724</b>	<b>0</b>	<b>-7.210</b>	<b>-4.526</b>	<b>-11.595</b>
Año	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039
Inversión directa mina	-150	-4.506	-1.766	0	-2.896	-80	0	0	0	0	0	0	0
Inversión indirecta mina (N/A)													
Inversión directa planta	0	0	0	0	-4.106	0	0	0	0	0	0	0	0
Inversión indirecta planta	0	0	0	0	-1.764	0	0	0	0	0	0	0	0
Contingencias mina	-30	-901	-353	0	-579	-16	0	0	0	0	0	0	0
Contingencias planta	0	0	0	0	-821	0	0	0	0	0	0	0	0
Otras inversiones	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Plan de cierre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-9.863
<b>TOTAL</b>	<b>-180</b>	<b>-5.407</b>	<b>-2.119</b>	<b>0</b>	<b>-10.166</b>	<b>-96</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>-9.863</b>

Fuente: Elaboración propia

Tabla 16.3: Resumen inversión – SIT (miles de US\$)

Año	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
Inversión directa mina	0	-9.603	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Inversión indirecta mina (N/A)													
Inversión directa planta	-97.782	-48.891	0	-7.860	0	0	0	-7.645	0	0	0	0	-2.853
Inversión indirecta planta	-35.935	-16.688	0	-3.073	0	0	0	-3.239	0	0	0	0	-962
Contingencias mina	0	-1.921	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Contingencias planta	-19.556	-9.778	0	-1.572	0	0	0	-1.529	0	0	0	0	-571
Otras inversiones	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Plan de cierre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>TOTAL</b>	<b>-153.274</b>	<b>-86.881</b>	<b>0</b>	<b>-12.504</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>-12.414</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>-4.385</b>
Año	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039
Inversión directa mina	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Inversión indirecta mina (N/A)													
Inversión directa planta	0	0	0	0	-4.106	0	0	0	0	0	0	0	0
Inversión indirecta planta	0	0	0	0	-1.764	0	0	0	0	0	0	0	0
Contingencias mina	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Contingencias planta	0	0	0	0	-821	0	0	0	0	0	0	0	0
Otras inversiones	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Plan de cierre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-9.863
<b>TOTAL</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>-6.691</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>-9.863</b>

Fuente: Elaboración propia

# CAPÍTULO 17: ANEXO I: RESUMEN COSTOS DE OPERACIÓN

Tabla 17.1: Resumen costos de operación mina – OPMP (miles de US\$)

Año	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
REMUNERACIONES		10.169	10.424	10.684	11.521	12.684	13.741	14.085	16.009	16.409	18.800	19.270
MATERIALES		7.278	8.116	8.091	8.701	10.239	10.888	11.035	12.779	12.439	14.237	14.325
COMBUSTIBLES		3.396	3.784	3.895	4.172	4.821	5.303	5.554	6.503	6.475	7.521	7.736
SUMINISTROS		10	10	16	13	13	14	15	14	15	14	21
SERVICIOS TERCEROS		661	764	618	590	621	642	594	652	639	793	777
OTROS SERVICIOS		914	946	983	1.055	1.162	1.270	1.315	1.486	1.536	1.751	1.811
<b>TOTAL</b>	<b>0</b>	<b>22.428</b>	<b>24.044</b>	<b>24.287</b>	<b>26.051</b>	<b>29.541</b>	<b>31.858</b>	<b>32.598</b>	<b>37.442</b>	<b>37.513</b>	<b>43.116</b>	<b>43.941</b>
Año	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038
REMUNERACIONES	18.104	18.557	20.752	21.271	21.803	22.348	22.906	21.417	16.891	15.797	13.527	13.866
MATERIALES	13.919	13.174	13.569	14.987	15.514	15.726	15.267	11.320	5.487	3.340	3.476	4.265
COMBUSTIBLES	7.604	6.871	6.872	7.760	8.095	8.383	8.030	5.873	2.972	1.790	1.739	2.281
SUMINISTROS	20	18	16	18	22	23	24	16	10	4	2	2
SERVICIOS TERCEROS	738	682	718	819	860	875	835	714	418	164	166	288
OTROS SERVICIOS	1.732	1.792	2.002	2.072	2.141	2.215	2.292	2.178	1.781	1.703	1.516	1.569
<b>TOTAL</b>	<b>42.117</b>	<b>41.094</b>	<b>43.929</b>	<b>46.927</b>	<b>48.434</b>	<b>49.570</b>	<b>49.355</b>	<b>41.518</b>	<b>27.559</b>	<b>22.798</b>	<b>20.426</b>	<b>22.271</b>

Fuente: Elaboración propia

Tabla 17.2: Resumen costos de operación mina – OPMT (miles de US\$)

Año	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
REMUNERACIONES		6.491	6.653	6.819	7.275	7.967	8.607	8.822	9.986	10.236	11.730	12.023
MATERIALES		2.894	3.171	3.204	3.518	4.083	4.288	4.259	4.860	4.793	5.473	5.364
COMBUSTIBLES		3.396	3.784	3.895	4.172	4.821	5.303	5.554	6.503	6.475	7.521	7.736
SUMINISTROS		10	10	16	13	13	14	15	14	15	14	21
SERVICIOS TERCEROS		5.011	5.695	5.545	5.836	6.851	7.355	7.408	8.685	8.475	9.906	9.975
OTROS SERVICIOS		850	879	914	984	1.089	1.194	1.237	1.405	1.452	1.664	1.720
<b>TOTAL</b>	<b>0</b>	<b>18.651</b>	<b>20.192</b>	<b>20.393</b>	<b>21.797</b>	<b>24.825</b>	<b>26.761</b>	<b>27.295</b>	<b>31.453</b>	<b>31.446</b>	<b>36.308</b>	<b>36.839</b>
Año	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038
REMUNERACIONES	11.283	11.565	12.947	13.271	13.603	13.943	14.292	13.412	10.799	10.203	8.792	9.012
MATERIALES	5.205	5.058	5.154	5.753	5.888	6.062	6.077	4.456	2.047	1.165	1.233	1.576
COMBUSTIBLES	7.604	6.871	6.872	7.760	8.095	8.383	8.030	5.873	2.972	1.790	1.739	2.281
SUMINISTROS	20	18	16	18	22	23	24	16	10	4	2	2
SERVICIOS TERCEROS	9.537	8.786	9.166	10.104	10.649	10.788	10.284	7.665	3.927	2.477	2.554	3.247
OTROS SERVICIOS	1.639	1.695	1.902	1.968	2.033	2.104	2.177	2.059	1.658	1.576	1.384	1.432
<b>TOTAL</b>	<b>35.287</b>	<b>33.993</b>	<b>36.057</b>	<b>38.874</b>	<b>40.290</b>	<b>41.303</b>	<b>40.884</b>	<b>33.481</b>	<b>21.413</b>	<b>17.215</b>	<b>15.704</b>	<b>17.551</b>

Fuente: Elaboración propia



Tabla 17.3: Resumen costos de operación mina – SIT (miles de US\$)

Año	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
REMUNERACIONES		1.891	1.939	1.987	2.037	2.088	2.140	2.194	2.248	2.305	2.362	2.421
MATERIALES												
COMBUSTIBLES												
SUMINISTROS												
SERVICIOS TERCEROS	2.161	20.333	22.417	22.120	24.367	28.903	30.589	30.131	35.755	34.278	39.001	39.320
OTROS SERVICIOS												
<b>TOTAL</b>	<b>2.161</b>	<b>22.224</b>	<b>24.356</b>	<b>24.107</b>	<b>26.404</b>	<b>30.991</b>	<b>32.729</b>	<b>32.325</b>	<b>38.003</b>	<b>36.583</b>	<b>41.363</b>	<b>41.741</b>
Año	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038
REMUNERACIONES	2.482	2.544	2.607	2.673	2.739	2.808	2.878	2.950	3.024	3.099	3.177	3.256
MATERIALES												
COMBUSTIBLES												
SUMINISTROS												
SERVICIOS TERCEROS	38.766	37.251	38.681	43.491	44.594	43.252	40.661	29.157	13.536	7.888	7.862	10.146
OTROS SERVICIOS												
<b>TOTAL</b>	<b>41.248</b>	<b>39.795</b>	<b>41.288</b>	<b>46.164</b>	<b>47.333</b>	<b>46.060</b>	<b>43.539</b>	<b>32.107</b>	<b>16.560</b>	<b>10.987</b>	<b>11.039</b>	<b>13.402</b>

Fuente: Elaboración propia

Tabla 17.4: Resumen costos de operación del proceso (miles de US\$)

Año	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
Remuneraciones		5.848	5.994	6.144	6.298	6.455	6.616	6.782	6.951	7.125	7.303	7.486
Energía		8.912	10.076	10.105	10.352	10.295	10.288	10.278	9.539	10.209	10.157	10.129
Potencia		2.339	2.359	2.359	2.418	2.418	2.418	2.398	2.398	2.374	2.374	2.374
Agua Industrial		755	973	939	1.029	1.029	997	1.120	1.125	1.120	1.113	947
Agua Tratada		92	120	116	128	128	123	140	141	140	139	117
Ácido Sulfúrico		3.658	6.364	7.419	6.906	9.866	11.347	16.940	18.558	13.940	9.581	9.577
Otros Insumos		1.490	1.912	1.879	1.988	1.979	1.942	2.088	1.972	2.091	2.074	1.885
Materiales de mantención		2.244	2.244	2.244	2.244	2.244	2.244	2.244	2.244	2.244	2.244	2.244
Servicios de terceros		2.416	2.514	2.615	2.721	2.831	2.945	3.064	3.188	3.317	3.451	3.590
Otros gastos		242	251	262	272	283	295	306	319	332	345	359
<b>TOTAL</b>	<b>0</b>	<b>27.996</b>	<b>32.808</b>	<b>34.081</b>	<b>34.357</b>	<b>37.528</b>	<b>39.217</b>	<b>45.360</b>	<b>46.436</b>	<b>42.892</b>	<b>38.781</b>	<b>38.708</b>
Año	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038
Remuneraciones	7.673	7.865	8.062	8.263	8.470	8.681	8.898	9.121	9.349	9.583	9.822	10.068
Energía	8.665	8.491	8.521	8.430	8.572	10.009	10.017	9.690	7.653	7.109	7.258	7.182
Potencia	2.374	2.374	2.359	2.359	2.359	2.359	2.359	2.339	2.339	2.339	2.339	2.339
Agua Industrial	1.120	1.119	1.119	1.119	1.120	1.128	975	1.127	1.115	1.111	1.112	1.060
Agua Tratada	141	141	141	141	141	141	120	141	141	141	141	134
Ácido Sulfúrico	8.930	13.968	16.226	11.962	9.915	9.057	3.130	6.573	12.127	10.967	14.209	9.609
Otros Insumos	1.837	1.807	1.821	1.805	1.830	2.075	1.905	2.032	1.684	1.591	1.616	1.546
Materiales de mantención	2.244	2.244	2.244	2.244	2.244	2.244	2.244	2.244	2.244	2.244	2.244	2.244
Servicios de terceros	3.735	3.886	4.043	4.206	4.376	4.553	4.737	4.928	5.127	5.335	5.550	5.774
Otros gastos	374	389	404	421	438	455	474	493	513	533	555	577
<b>TOTAL</b>	<b>37.093</b>	<b>42.284</b>	<b>44.941</b>	<b>40.952</b>	<b>39.465</b>	<b>40.703</b>	<b>34.860</b>	<b>38.688</b>	<b>42.293</b>	<b>40.954</b>	<b>44.848</b>	<b>40.534</b>

Fuente: Elaboración propia

Tabla 17.5: Resumen costos de operación – OPMP (miles de US\$)

<b>Año</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>	<b>2017</b>	<b>2018</b>	<b>2019</b>	<b>2020</b>	<b>2021</b>	<b>2022</b>	<b>2023</b>	<b>2024</b>	<b>2025</b>	<b>2026</b>
Mina		22.428	24.044	24.287	26.051	29.541	31.858	32.598	37.442	37.513	43.116	43.941
Planta		27.996	32.808	34.081	34.357	37.528	39.217	45.360	46.436	42.892	38.781	38.708
Administración		2.394	2.453	2.515	2.578	2.642	2.708	2.776	2.845	2.916	2.989	3.064
Comercialización		3.337	4.184	4.207	4.244	4.201	4.195	4.238	3.668	4.249	4.208	4.187
<b>TOTAL</b>	<b>0</b>	<b>56.155</b>	<b>63.490</b>	<b>65.089</b>	<b>67.230</b>	<b>73.912</b>	<b>77.979</b>	<b>84.972</b>	<b>90.391</b>	<b>87.570</b>	<b>89.095</b>	<b>89.900</b>
<b>Año</b>	<b>2027</b>	<b>2028</b>	<b>2029</b>	<b>2030</b>	<b>2031</b>	<b>2032</b>	<b>2033</b>	<b>2034</b>	<b>2035</b>	<b>2036</b>	<b>2037</b>	<b>2038</b>
Mina	42.117	41.094	43.929	46.927	48.434	49.570	49.355	41.518	27.559	22.798	20.426	22.271
Planta	37.093	42.284	44.941	40.952	39.465	40.703	34.860	38.688	42.293	40.954	44.848	40.534
Administración	3.141	3.219	3.300	3.382	3.467	3.553	3.642	3.733	3.827	3.922	4.020	4.121
Comercialización	3.058	2.923	2.985	2.915	3.024	4.133	4.139	3.938	2.366	1.947	2.062	2.003
<b>TOTAL</b>	<b>85.409</b>	<b>89.520</b>	<b>95.154</b>	<b>94.175</b>	<b>94.391</b>	<b>97.959</b>	<b>91.996</b>	<b>87.878</b>	<b>76.044</b>	<b>69.622</b>	<b>71.356</b>	<b>68.929</b>

Fuente: Elaboración propia

Tabla 17.6: Resumen costos de operación – OPMT (miles de US\$)

<b>Año</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>	<b>2017</b>	<b>2018</b>	<b>2019</b>	<b>2020</b>	<b>2021</b>	<b>2022</b>	<b>2023</b>	<b>2024</b>	<b>2025</b>	<b>2026</b>
Mina		18.651	20.192	20.393	21.797	24.825	26.761	27.295	31.453	31.446	36.308	36.839
Planta		27.996	32.808	34.081	34.357	37.528	39.217	45.360	46.436	42.892	38.781	38.708
Administración		2.394	2.453	2.515	2.578	2.642	2.708	2.776	2.845	2.916	2.989	3.064
Comercialización		3.337	4.184	4.207	4.244	4.201	4.195	4.238	3.668	4.249	4.208	4.187
<b>TOTAL</b>		<b>52.379</b>	<b>59.638</b>	<b>61.195</b>	<b>62.976</b>	<b>69.196</b>	<b>72.881</b>	<b>79.669</b>	<b>84.402</b>	<b>81.503</b>	<b>82.286</b>	<b>82.799</b>
<b>Año</b>	<b>2027</b>	<b>2028</b>	<b>2029</b>	<b>2030</b>	<b>2031</b>	<b>2032</b>	<b>2033</b>	<b>2034</b>	<b>2035</b>	<b>2036</b>	<b>2037</b>	<b>2038</b>
Mina	35.287	33.993	36.057	38.874	40.290	41.303	40.884	33.481	21.413	17.215	15.704	17.551
Planta	37.093	42.284	44.941	40.952	39.465	40.703	34.860	38.688	42.293	40.954	44.848	40.534
Administración	3.141	3.219	3.300	3.382	3.467	3.553	3.642	3.733	3.827	3.922	4.020	4.121
Comercialización	3.058	2.923	2.985	2.915	3.024	4.133	4.139	3.938	2.366	1.947	2.062	2.003
<b>TOTAL</b>	<b>78.579</b>	<b>82.419</b>	<b>87.282</b>	<b>86.123</b>	<b>86.246</b>	<b>89.692</b>	<b>83.526</b>	<b>79.840</b>	<b>69.898</b>	<b>64.038</b>	<b>66.634</b>	<b>64.209</b>

Fuente: Elaboración propia

Tabla 17.7: Resumen costos de operación – SIT (miles de US\$)

<b>Año</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>	<b>2017</b>	<b>2018</b>	<b>2019</b>	<b>2020</b>	<b>2021</b>	<b>2022</b>	<b>2023</b>	<b>2024</b>	<b>2025</b>	<b>2026</b>
Mina	2.161	22.224	24.356	24.107	26.404	30.991	32.729	32.325	38.003	36.583	41.363	41.741
Planta	0	27.996	32.808	34.081	34.357	37.528	39.217	45.360	46.436	42.892	38.781	38.708
Administración		2.394	2.453	2.515	2.578	2.642	2.708	2.776	2.845	2.916	2.989	3.064
Comercialización		3.337	4.184	4.207	4.244	4.201	4.195	4.238	3.668	4.249	4.208	4.187
<b>TOTAL</b>	<b>2.161</b>	<b>55.952</b>	<b>63.802</b>	<b>64.909</b>	<b>67.583</b>	<b>75.362</b>	<b>78.849</b>	<b>84.698</b>	<b>90.952</b>	<b>86.640</b>	<b>87.342</b>	<b>87.700</b>
<b>Año</b>	<b>2027</b>	<b>2028</b>	<b>2029</b>	<b>2030</b>	<b>2031</b>	<b>2032</b>	<b>2033</b>	<b>2034</b>	<b>2035</b>	<b>2036</b>	<b>2037</b>	<b>2038</b>
Mina	41.248	39.795	41.288	46.164	47.333	46.060	43.539	32.107	16.560	10.987	11.039	13.402
Planta	37.093	42.284	44.941	40.952	39.465	40.703	34.860	38.688	42.293	40.954	44.848	40.534
Administración	3.141	3.219	3.300	3.382	3.467	3.553	3.642	3.733	3.827	3.922	4.020	4.121
Comercialización	3.058	2.923	2.985	2.915	3.024	4.133	4.139	3.938	2.366	1.947	2.062	2.003
<b>TOTAL</b>	<b>84.540</b>	<b>88.221</b>	<b>92.514</b>	<b>93.412</b>	<b>93.290</b>	<b>94.449</b>	<b>86.181</b>	<b>78.466</b>	<b>65.045</b>	<b>57.811</b>	<b>61.968</b>	<b>60.060</b>

Fuente: Elaboración propia

## **CAPÍTULO 18: ANEXO J: FLUJOS DE CAJA**

## 18.1. FLUJO DE CAJA – OPMP (miles de US\$)

	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
<b>INGRESOS</b>	0	0	0	0	0	127.508	169.095	163.274	164.132	162.266	163.542	164.049	142.585	163.965	164.718
COSTO MINA	0	0	0	0	0	-22.428	-24.044	-24.287	-26.051	-29.541	-31.858	-32.598	-37.442	-37.513	-43.116
COSTO PLANTA	0	0	0	0	0	-28.370	-33.672	-34.661	-34.917	-38.075	-39.826	-45.926	-46.952	-43.438	-39.421
<b>MARGEN BRUTO</b>	0	0	0	0	0	76.709	111.379	104.326	103.164	94.650	91.857	85.525	58.191	83.014	82.180
COSTO DE ADMINISTRACIÓN	0	0	0	0	0	-2.394	-2.453	-2.515	-2.578	-2.642	-2.708	-2.776	-2.845	-2.916	-2.989
COSTO DE COMERCIALIZACIÓN	0	0	0	0	0	-3.583	-4.751	-4.588	-4.612	-4.559	-4.595	-4.609	-4.006	-4.607	-4.628
<b>MARGEN OPERACIONAL</b>	0	0	0	0	0	70.733	104.174	97.223	95.974	87.449	84.553	78.140	51.339	75.490	74.563
GANANCIA/PERDIDA DE CAPITAL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>EBITDA</b>	0	0	0	0	0	70.733	104.174	97.223	95.974	87.449	84.553	78.140	51.339	75.490	74.563
DEPRECIACIÓN Y AMORTIZACIÓN	0	0	0	0	-47.222	-73.061	-53.032	-31.499	-11.588	-12.509	-9.989	-4.100	-4.689	-4.138	-3.593
<b>UTILIDAD BRUTA</b>	0	0	0	0	-47.222	-2.328	51.142	65.725	84.387	74.940	74.564	74.039	46.650	71.352	70.970
IMPUESTO ESPECÍFICO	0	0	0	0	0	-931	-2.398	-1.803	-2.118	-1.656	-1.680	-1.798	-815	-1.944	-2.104
IMPUESTO A LA RENTA	0	0	0	0	0	0	-271	-11.173	-14.346	-12.740	-12.676	-12.587	-7.931	-12.130	-12.065
<b>UTILIDAD NETA</b>	0	0	0	0	-47.222	-3.259	48.473	52.748	67.923	60.543	60.208	59.655	37.905	57.278	56.801
MÁS: DEPRECIACIÓN Y AMORTIZACIÓN	0	0	0	0	47.222	73.061	53.032	31.499	11.588	12.509	9.989	4.100	4.689	4.138	3.593
MENOS: CAMBIO EN CAP. DE TRABAJO	0	0	0	0	0	-14.194	-2.037	-283	-527	-1.665	-1.043	-1.730	-1.334	693	-420
MENOS: CAPEX	-18.636	-7.489	-2.811	-153.274	-128.701	-288	-12.504	-3.058	-3.605	-1.982	-12.414	-5.724	0	-7.210	-4.526
<b>FLUJO DE CAJA</b>	-18.636	-7.489	-2.811	-153.274	-128.701	55.321	86.964	80.907	75.380	69.405	56.741	56.301	41.260	54.899	55.448
Cash cost (US\$/lb)						0,95	0,82	0,86	0,88	0,98	1,03	1,11	1,36	1,15	1,16
	<b>2026</b>	<b>2027</b>	<b>2028</b>	<b>2029</b>	<b>2030</b>	<b>2031</b>	<b>2032</b>	<b>2033</b>	<b>2034</b>	<b>2035</b>	<b>2036</b>	<b>2037</b>	<b>2038</b>	<b>2039</b>	
<b>INGRESOS</b>	162.780	120.693	114.904	116.904	115.097	118.672	162.020	168.485	158.800	93.004	77.146	81.803	78.997	0	
COSTO MINA	-43.941	-42.117	-41.094	-43.929	-46.927	-48.434	-49.570	-49.355	-41.518	-27.559	-22.798	-20.426	-22.271	0	
COSTO PLANTA	-39.297	-37.602	-42.749	-45.398	-41.438	-39.938	-41.343	-35.767	-39.488	-42.670	-41.291	-45.209	-40.865	0	
<b>MARGEN BRUTO</b>	79.541	40.975	31.061	27.577	26.733	30.300	71.107	83.363	77.794	22.776	13.056	16.168	15.862	0	
COSTO DE ADMINISTRACIÓN	-3.064	-3.141	-3.219	-3.300	-3.382	-3.467	-3.553	-3.642	-3.733	-3.827	-3.922	-4.020	-4.121	0	
COSTO DE COMERCIALIZACIÓN	-4.574	-3.391	-3.229	-3.285	-3.234	-3.334	-4.552	-4.734	-4.462	-2.613	-2.168	-2.298	-2.220	0	
<b>MARGEN OPERACIONAL</b>	71.904	34.443	24.613	20.993	20.117	23.499	63.001	74.987	69.599	16.336	6.967	9.849	9.521	0	
GANANCIA/PERDIDA DE CAPITAL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3.390	
<b>EBITDA</b>	71.904	34.443	24.613	20.993	20.117	23.499	63.001	74.987	69.599	16.336	6.967	9.849	9.521	3.390	
DEPRECIACIÓN Y AMORTIZACIÓN	-3.260	-6.214	-4.261	-4.506	-2.141	-2.091	-2.923	-2.361	-2.361	-27	0	0	0	0	
<b>UTILIDAD BRUTA</b>	68.644	28.229	20.352	16.487	17.976	21.408	60.079	72.626	67.238	16.309	6.967	9.849	9.521	3.390	
IMPUESTO ESPECÍFICO	-1.677	-590	-299	-242	-229	-390	-1.469	-2.122	-1.650	-133	-55	-84	-85	0	
IMPUESTO A LA RENTA	-11.669	-4.799	-3.460	-2.803	-3.056	-3.639	-10.213	-12.346	-11.430	-2.773	-1.184	-1.674	-1.619	-576	
<b>UTILIDAD NETA</b>	55.297	22.840	16.593	13.442	14.691	17.379	48.396	58.157	54.157	13.404	5.728	8.091	7.817	2.814	
MÁS: DEPRECIACIÓN Y AMORTIZACIÓN	3.260	6.214	4.261	4.506	2.141	2.091	2.923	2.361	2.361	27	0	0	0	0	
MENOS: CAMBIO EN CAP. DE TRABAJO	-180	1.156	-1.010	-1.405	233	-48	-961	1.380	1.074	3.133	1.622	-444	619	17.369	
MENOS: CAPEX	-11.595	-180	-5.407	-2.119	0	-10.166	-96	0	0	0	0	0	0	-9.863	
<b>FLUJO DE CAJA</b>	46.782	30.030	14.437	14.423	17.064	9.255	50.262	61.898	57.592	16.564	7.350	7.648	8.437	10.320	
Cash cost (US\$/lb)	1,19	1,52	1,67	1,74	1,75	1,70	1,30	1,18	1,19	1,75	1,93	1,87	1,87		

## 18.2. FLUJO DE CAJA – OPMT (miles de US\$)

	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
<b>INGRESOS</b>	0	0	0	0	0	127.508	169.095	163.274	164.132	162.266	163.542	164.049	142.585	163.965	164.718
COSTO MINA	0	0	0	0	0	-18.651	-20.192	-20.393	-21.797	-24.825	-26.761	-27.295	-31.453	-31.446	-36.308
COSTO PLANTA	0	0	0	0	0	-28.370	-33.672	-34.661	-34.917	-38.075	-39.826	-45.926	-46.952	-43.438	-39.421
<b>MARGEN BRUTO</b>	0	0	0	0	0	80.486	115.230	108.220	107.418	99.366	96.954	90.827	64.181	89.081	88.989
COSTO DE ADMINISTRACIÓN	0	0	0	0	0	-2.394	-2.453	-2.515	-2.578	-2.642	-2.708	-2.776	-2.845	-2.916	-2.989
COSTO DE COMERCIALIZACIÓN	0	0	0	0	0	-3.583	-4.751	-4.588	-4.612	-4.559	-4.595	-4.609	-4.006	-4.607	-4.628
<b>MARGEN OPERACIONAL</b>	0	0	0	0	0	74.510	108.026	101.117	100.229	92.165	89.651	83.442	57.329	81.557	81.372
GANANCIA/PERDIDA DE CAPITAL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>EBITDA</b>	0	0	0	0	0	74.510	108.026	101.117	100.229	92.165	89.651	83.442	57.329	81.557	81.372
DEPRECIACIÓN Y AMORTIZACIÓN	0	0	0	0	-47.222	-73.061	-53.032	-31.499	-11.588	-12.509	-9.989	-4.100	-4.689	-4.138	-3.593
<b>UTILIDAD BRUTA</b>	0	0	0	0	-47.222	1.449	54.994	69.619	88.641	79.656	79.661	79.342	52.640	77.419	77.779
IMPUESTO ESPECÍFICO	0	0	0	0	0	-1.006	-2.514	-1.900	-2.245	-1.774	-1.807	-1.957	-965	-2.126	-2.308
IMPUESTO A LA RENTA	0	0	0	0	0	0	-1.567	-11.835	-15.069	-13.541	-13.542	-13.488	-8.949	-13.161	-13.222
<b>UTILIDAD NETA</b>	0	0	0	0	-47.222	442	50.912	55.883	71.326	64.340	64.312	63.897	42.726	62.131	62.248
MÁS: DEPRECIACIÓN Y AMORTIZACIÓN	0	0	0	0	47.222	73.061	53.032	31.499	11.588	12.509	9.989	4.100	4.689	4.138	3.593
MENOS: CAMBIO EN CAP. DE TRABAJO	0	0	0	0	0	-13.249	-2.018	-272	-437	-1.549	-947	-1.679	-1.162	712	-235
MENOS: CAPEX	-18.636	-7.489	-2.811	-153.274	-128.701	-288	-12.504	-3.058	-3.605	-1.982	-12.414	-5.724	0	-7.210	-4.526
<b>FLUJO DE CAJA</b>	-18.636	-7.489	-2.811	-153.274	-128.701	59.966	89.422	84.052	78.873	73.317	60.940	60.594	46.253	59.772	61.080
Cash cost (US\$/lb)						0,88	0,77	0,81	0,83	0,92	0,96	1,04	1,27	1,07	1,07
	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	
<b>INGRESOS</b>	162.780	120.693	114.904	116.904	115.097	118.672	162.020	168.485	158.800	93.004	77.146	81.803	78.997	0	
COSTO MINA	-36.839	-35.287	-33.993	-36.057	-38.874	-40.290	-41.303	-40.884	-33.481	-21.413	-17.215	-15.704	-17.551	0	
COSTO PLANTA	-39.297	-37.602	-42.749	-45.398	-41.438	-39.938	-41.343	-35.767	-39.488	-42.670	-41.291	-45.209	-40.865	0	
<b>MARGEN BRUTO</b>	86.643	47.804	38.162	35.449	34.785	38.444	79.374	91.834	85.832	28.922	18.640	20.890	20.582	0	
COSTO DE ADMINISTRACIÓN	-3.064	-3.141	-3.219	-3.300	-3.382	-3.467	-3.553	-3.642	-3.733	-3.827	-3.922	-4.020	-4.121	0	
COSTO DE COMERCIALIZACIÓN	-4.574	-3.391	-3.229	-3.285	-3.234	-3.334	-4.552	-4.734	-4.462	-2.613	-2.168	-2.298	-2.220	0	
<b>MARGEN OPERACIONAL</b>	79.005	41.272	31.714	28.865	28.169	31.643	71.268	83.457	77.636	22.482	12.550	14.572	14.242	0	
GANANCIA/PERDIDA DE CAPITAL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3.390	
<b>EBITDA</b>	79.005	41.272	31.714	28.865	28.169	31.643	71.268	83.457	77.636	22.482	12.550	14.572	14.242	3.390	
DEPRECIACIÓN Y AMORTIZACIÓN	-3.260	-6.214	-4.261	-4.506	-2.141	-2.091	-2.923	-2.361	-2.361	-27	0	0	0	0	
<b>UTILIDAD BRUTA</b>	75.745	35.058	27.453	24.359	26.029	29.553	68.345	81.097	75.276	22.455	12.550	14.572	14.242	3.390	
IMPUESTO ESPECÍFICO	-1.855	-727	-406	-360	-350	-553	-1.676	-2.376	-1.851	-194	-110	-131	-133	0	
IMPUESTO A LA RENTA	-12.877	-5.960	-4.667	-4.141	-4.425	-5.024	-11.619	-13.786	-12.797	-3.817	-2.134	-2.477	-2.421	-576	
<b>UTILIDAD NETA</b>	61.014	28.372	22.381	19.857	21.254	23.976	55.051	64.934	60.628	18.443	10.306	11.963	11.688	2.814	
MÁS: DEPRECIACIÓN Y AMORTIZACIÓN	3.260	6.214	4.261	4.506	2.141	2.091	2.923	2.361	2.361	27	0	0	0	0	
MENOS: CAMBIO EN CAP. DE TRABAJO	-107	1.088	-942	-1.213	278	-25	-931	1.431	966	2.660	1.482	-659	619	16.189	
MENOS: CAPEX	-11.595	-180	-5.407	-2.119	0	-10.166	-96	0	0	0	0	0	0	-9.863	
<b>FLUJO DE CAJA</b>	52.572	35.494	20.292	21.032	23.672	15.875	56.947	68.726	63.954	21.130	11.788	11.305	12.307	9.139	
Cash cost (US\$/lb)	1,09	1,40	1,54	1,60	1,60	1,56	1,19	1,07	1,09	1,61	1,78	1,75	1,74		



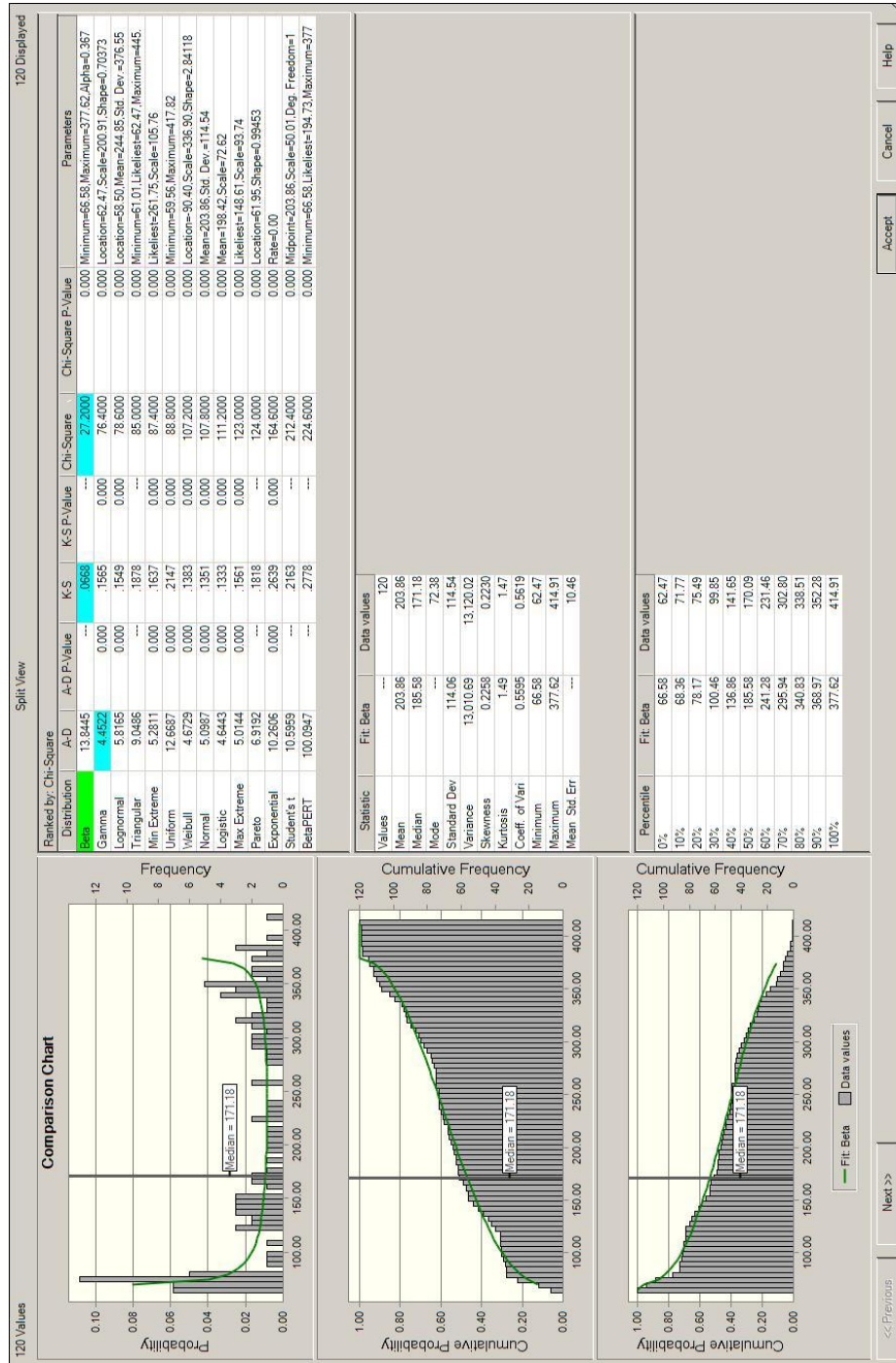
## 18.3. FLUJO DE CAJA – SIT ICV (miles de US\$)

	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
<b>INGRESOS</b>	0	0	0	0	0	127.508	169.095	163.274	164.132	162.266	163.542	164.049	142.585	163.965	164.718
COSTO MINA	0	0	0	0	-2.161	-22.224	-24.356	-24.107	-26.404	-30.991	-32.729	-32.325	-38.003	-36.583	-41.363
COSTO PLANTA	0	0	0	0	0	-28.370	-33.672	-34.661	-34.917	-38.075	-39.826	-45.926	-46.952	-43.438	-39.421
<b>MARGEN BRUTO</b>	0	0	0	0	-2.161	76.913	111.067	104.505	102.811	93.200	90.986	85.798	57.630	83.944	83.934
COSTO DE ADMINISTRACIÓN	0	0	0	0	0	-2.394	-2.453	-2.515	-2.578	-2.642	-2.708	-2.776	-2.845	-2.916	-2.989
COSTO DE COMERCIALIZACIÓN	0	0	0	0	0	-3.583	-4.751	-4.588	-4.612	-4.559	-4.595	-4.609	-4.006	-4.607	-4.628
<b>MARGEN OPERACIONAL</b>	0	0	0	0	-2.161	70.937	103.862	97.403	95.622	85.999	83.683	78.413	50.778	76.421	76.316
GANANCIA/PERDIDA DE CAPITAL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>EBITDA</b>	0	0	0	0	-2.161	70.937	103.862	97.403	95.622	85.999	83.683	78.413	50.778	76.421	76.316
DEPRECIACIÓN Y AMORTIZACIÓN	0	0	0	0	-47.222	-53.977	-44.269	-21.135	-10.659	-9.058	-7.588	-2.548	-2.548	-2.548	0
<b>UTILIDAD BRUTA</b>	0	0	0	0	-49.383	16.959	59.593	76.268	84.963	76.941	76.095	75.865	48.230	73.872	76.316
IMPUESTO ESPECÍFICO	0	0	0	0	0	-1.028	-2.530	-1.925	-2.256	-1.753	-1.751	-1.918	-907	-2.100	-2.217
IMPUESTO A LA RENTA	0	0	0	0	0	0	-4.619	-12.966	-14.444	-13.080	-12.936	-12.897	-8.199	-12.558	-12.974
<b>UTILIDAD NETA</b>	0	0	0	0	-49.383	15.932	52.445	61.378	68.264	62.108	61.408	61.050	39.123	59.214	61.125
MAS: DEPRECIACIÓN Y AMORTIZACIÓN	0	0	0	0	47.222	53.977	44.269	21.135	10.659	9.058	7.588	2.548	2.548	2.548	0
MENOS: CAMBIO EN CAP. DE TRABAJO	0	0	0	0	-540	-13.602	-2.165	-160	-660	-1.939	-898	-1.444	-1.543	1.066	-214
MENOS: CAPEX	-18.636	-7.489	-2.811	-153.274	-86.881	0	-12.504	0	0	0	-12.414	0	0	0	0
<b>FLUJO DE CAJA</b>	-18.636	-7.489	-2.811	-153.274	-89.582	56.306	82.044	82.353	78.262	69.227	55.684	62.154	40.129	62.828	60.911
Cash cost (US\$/lb)						0,94	0,82	0,86	0,89	1,00	1,04	1,11	1,37	1,13	1,14

	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039
<b>INGRESOS</b>	162.780	120.693	114.904	116.904	115.097	118.672	162.020	168.485	158.800	93.004	77.146	81.803	78.997	0
COSTO MINA	-41.741	-41.248	-39.795	-41.288	-46.164	-47.333	-46.060	-43.539	-32.107	-16.560	-10.987	-11.039	-13.402	0
COSTO PLANTA	-39.297	-37.602	-42.749	-45.398	-41.438	-39.938	-41.343	-35.767	-39.488	-42.670	-41.291	-45.209	-40.865	0
<b>MARGEN BRUTO</b>	81.741	41.844	32.360	30.218	27.496	31.401	74.617	89.178	87.205	33.775	24.867	25.555	24.731	0
COSTO DE ADMINISTRACIÓN	-3.064	-3.141	-3.219	-3.300	-3.382	-3.467	-3.553	-3.642	-3.733	-3.827	-3.922	-4.020	-4.121	0
COSTO DE COMERCIALIZACIÓN	-4.574	-3.391	-3.229	-3.285	-3.234	-3.334	-4.552	-4.734	-4.462	-2.613	-2.168	-2.298	-2.220	0
<b>MARGEN OPERACIONAL</b>	74.103	35.312	25.913	23.633	20.880	24.599	66.512	80.802	79.010	27.335	18.778	19.237	18.390	0
GANANCIA/PERDIDA DE CAPITAL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>EBITDA</b>	74.103	35.312	25.913	23.633	20.880	24.599	66.512	80.802	79.010	27.335	18.778	19.237	18.390	0
DEPRECIACIÓN Y AMORTIZACIÓN	0	-951	-951	-951	0	0	-1.369	-1.369	-1.369	0	0	0	0	0
<b>UTILIDAD BRUTA</b>	74.103	34.361	24.961	22.682	20.880	24.599	65.143	79.433	77.642	27.335	18.778	19.237	18.390	0
IMPUESTO ESPECÍFICO	-1.792	-669	-361	-327	-285	-472	-1.626	-2.380	-1.939	-260	-183	-188	-179	0
IMPUESTO A LA RENTA	-12.598	-5.841	-4.243	-3.856	-3.550	-4.182	-11.074	-13.504	-13.199	-4.647	-3.192	-3.270	-3.126	0
<b>UTILIDAD NETA</b>	59.713	27.850	20.357	18.500	17.045	19.946	52.442	63.549	62.504	22.428	15.402	15.779	15.084	0
MAS: DEPRECIACIÓN Y AMORTIZACIÓN	0	951	951	951	0	0	1.369	1.369	1.369	0	0	0	0	0
MENOS: CAMBIO EN CAP. DE TRABAJO	-69	824	-903	-1.070	-237	36	-359	1.956	1.973	3.530	1.825	-1.050	490	15.152
MENOS: CAPEX	-4.385	0	0	0	0	-6.691	0	0	0	0	0	0	0	-9.863
<b>FLUJO DE CAJA</b>	55.259	29.625	20.406	18.381	16.808	13.291	53.452	66.874	65.846	25.958	17.227	14.729	15.574	5.289
Cash cost (US\$/lb)	1,16	1,50	1,65	1,69	1,74	1,68	1,25	1,11	1,07	1,50	1,61	1,62	1,63	

# CAPÍTULO 19: ANEXO K: DISTRIBUCIÓN PRECIO CU



Fuente: Elaboración propia