



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

**MODELO DE NEGOCIO PARA EL TRATAMIENTO DE RELAVES EN LA MINERÍA  
CHILENA**

**TESIS PARA OPTAR AL GRADO DE MAGÍSTER EN GESTIÓN Y  
DIRECCIÓN DE EMPRESAS**

**BENJAMIN MANUEL CAMPOS ORDAZ**

**PROFESOR GUIA:  
ENRIQUE JEHOUSA JOFRE ROJAS**

**MIEMBROS DE LA COMISIÓN:  
ANTONIO AGUSTÍN HOLGADO SAN MARTÍN  
GERARDO OCTAVIO DIAZ RODENAS**

**SANTIAGO DE CHILE  
2015**

## Resumen

El objetivo de este estudio es desarrollar un modelo de negocio para el tratamiento y beneficio de relaves en la industria minera. Si bien existen depósitos de relaves en prácticamente todo el mundo, para este trabajo el alcance será a nivel nacional dado que se cuenta con información al respecto y la minería chilena es referente a nivel mundial. Este modelo de negocio debe permitir a partir de la caracterización del relave en cuestión definir los métodos de tratamientos aplicables, su escala, variables críticas y modelo económico que permita el beneficio de las partes interesadas.

La metodología utilizada en este estudio se divide en cuatro etapas. En la primera etapa se realiza un análisis de la industria minera de donde se desprende la necesidad e importancia de tratar los relaves, las restricciones que aplican y la oportunidad de negocio asociada. En la segunda fase se revisa cómo se entrega valor a través de esta propuesta y se detalla el funcionamiento del negocio. A continuación, se revisa un caso particular a fin de ilustrar la oportunidad y la rentabilidad del negocio mostrando las etapas necesarias para llegar a una propuesta atractiva para las partes. Aquí se revisa también el detalle para llevar adelante la extracción y tratamiento del caso particular, entregando las variables principales a considerar tales como inversión, ingresos y costos. Finalmente se realiza un modelo económico del caso estudiado de forma de conocer sus indicadores de rentabilidad y llegar a conclusiones respecto de estos.

El modelo de negocio se basa en la oportunidad de tratar depósitos de relaves que por su antigüedad presentan leyes de cobre que hoy los transforman en yacimientos rentables. El tratamiento de los relaves es realizado por una empresa especialista que realiza los estudios, inversiones y operación. Los ingresos provienen de la venta del cobre y eventualmente otros minerales presentes. La relación contractual entre el dueño de los relaves y la empresa que realiza el tratamiento define como ambas partes se benefician de este negocio: se propone que el producto del tratamiento (normalmente concentrado de cobre) quede en propiedad del dueño del relave y el margen entre el precio de venta de este y el costo de la empresa que realiza el tratamiento se divida entre las partes a través de un factor de distribución que deberá acordarse en cada caso.

La evaluación financiera realizada al caso particular desarrollado muestra un VAN de US\$ 133.908.237 y una TIR de 32% con una inversión de US\$ 103.321.390. Como variables críticas a considerar esta la eficiencia en costos de la operación de forma tal que el costo total para el dueño de un depósito, normalmente una empresa minera, sean siempre lo suficientemente atractivos para preferir este modelo a la extracción y tratamiento con recursos propios.

## **Agradecimientos**

Agradezco el apoyo de mi familia, mi esposa Karen y mis hijas Javiera y Trinidad, ya que sin ellas este logro no hubiera sido posible.

## Tabla de Contenido

<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>2. OBJETIVOS</b> .....	2
2.1 OBJETIVO PRINCIPAL .....	2
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	2
<b>3. METODOLOGÍA</b> .....	2
<b>4. SITUACIÓN DE LA INDUSTRIA MINERA</b> .....	3
<b>5. OPORTUNIDAD DE NEGOCIO</b> .....	7
5.1 ANÁLISIS PEST .....	8
5.1.1 Situación Política en Chile .....	8
5.1.2 Situación económica en Chile .....	9
5.1.3 Situación Social en Chile.....	9
5.1.4 Tendencias Tecnológicas.....	10
5.2 ANÁLISIS DE LA INDUSTRIA.....	10
5.2.1 Rivalidad Entre Empresas Existentes .....	10
5.2.2 Amenaza de Productos Sustitutos .....	10
5.2.3 Poder de Negociación de los Compradores .....	11
5.2.4 Poder de Negociación de los Proveedores.....	11
5.2.5 Amenaza de Nuevos Participantes .....	11
5.2.6 Poder de Otras Partes Interesadas.....	11
5.2.7 Conclusiones análisis de la industria y del entorno .....	11
<b>6. NORMATIVA APLICABLE AL TRATAMIENTO DE RELAVES</b> .....	12
6.1 NORMATIVA RELACIONADA .....	12
6.2 TIPOS DE CONTRATO PARA EL TRATAMIENTO DE RELAVES. ....	13
6.2.1 Pago por derechos de tratamiento .....	13
6.2.2 Pago por Maquila.....	14
<b>7. SELECCIÓN DE DEPÓSITOS FACTIBLES DE TRATAR DE FORMA RENTABLE</b> .....	15
7.1 IDENTIFICACIÓN DE DEPÓSITOS EXISTENTES .....	15
7.2 MÉTODO DE EXTRACCIÓN.....	17
7.2.1 Remoción mecánica.....	17
7.2.2 Dragado.....	18
7.2.3 Monitoreo Hidráulico .....	19
7.3 OTRAS CONSIDERACIONES PARA EVALUAR EL DEPÓSITO A TRATAR .....	21
<b>8. PERFIL DE DEPÓSITOS CON POTENCIAL DE SER TRATADOS EN FORMA RENTABLE</b> .....	22
<b>9. MODELO DE NEGOCIO</b> .....	24
9.1 PROPUESTA DE VALOR .....	25
9.1.1 Valor económico .....	25
9.1.2 Valor funcional .....	25
9.1.3 Valor de imagen.....	26

<b>9.2 ELEMENTOS DEL MODELO DE NEGOCIOS .....</b>	<b>26</b>
9.2.1 ¿A quién sirve? .....	26
9.2.2 ¿Qué proporciona? .....	26
9.2.3 ¿Cómo gana dinero? .....	27
9.2.4 ¿Cómo se diferencia y sostiene la ventaja competitiva? .....	27
9.2.5 ¿Cómo proporciona su ventaja o servicio? .....	27
<b>9.3 RECURSOS Y CAPACIDADES NECESARIAS .....</b>	<b>27</b>
9.3.1 Recursos .....	27
9.3.2 Capacidades .....	29
<b>9.4 COMPETENCIAS CENTRALES Y DISTINTIVAS .....</b>	<b>29</b>
<b>9.5 ANÁLISIS DE LA VENTAJA COMPETITIVA Y SU SOSTENIBILIDAD .....</b>	<b>30</b>
9.5.1 Durabilidad .....	30
9.5.2 Imitabilidad .....	30
<b>10. CASO PARTICULAR (TRANQUE CAUQUENES CODELCO EL TENIENTE) .....</b>	<b>30</b>
10.1 ESTIMACIÓN DE RESERVAS .....	30
10.2 MÉTODO Y PLAN DE EXTRACCIÓN .....	32
<b>ILUSTRACIÓN 10: ZONAS TRANQUE CAUQUENES .....</b>	<b>32</b>
10.3 SECUENCIA DE EXTRACCIÓN .....	33
10.4 PROCESO DE EXTRACCIÓN .....	35
10.4.1 Equipos e instalaciones principales .....	35
10.4.2 Estimación Capex Extracción .....	36
10.5 PROCESO DE TRATAMIENTO .....	38
10.5.1 Equipos e Instalaciones Principales .....	38
10.5.2 Estimación Capex Tratamiento .....	40
10.6 SUMINISTROS PRINCIPALES .....	41
10.7 SERVICIOS .....	41
10.8 ORGANIZACIÓN .....	42
10.8.1 Dirección .....	43
10.8.2 Producción .....	43
10.8.3 Mantenimiento .....	44
10.8.4 Ingeniería y desarrollo .....	44
10.8.5 Contabilidad y Finanzas .....	45
10.8.6 Recursos Humanos .....	45
10.8.7 Sustentabilidad .....	45
10.8.9 Seguridad, Ambiente y Calidad .....	45
10.9 INGRESOS POR VENTA DE CONCENTRADO DE COBRE Y MOLIBDENO .....	45
10.10 COSTOS .....	46
10.10.1 Energía .....	46
10.10.2 Elementos moledores .....	49
10.10.3 Extracción Cauquenes .....	50
10.10.4 Transporte de concentrado .....	50
10.10.5 Remuneraciones .....	50
10.10.6 Cal .....	52
10.10.7 Reactivos .....	53
10.10.8 Agua Industrial .....	55
10.10.9 Filtrado y secado .....	55

10.10.10 Costos distribuibles.....	56
10.10.11 Control de calidad.....	57
10.10.12 Seguridad, ambiente y calidad (SAC).....	58
10.10.13 Otros costos.....	58
10.11 CARGOS DE TRATAMIENTO.....	58
10.12 FÓRMULA DE PAGO POR SERVICIO DE EXTRACCIÓN Y TRATAMIENTO.....	59
11. EVALUACIÓN FINANCIERA.....	60
11.1 SUPUESTOS UTILIZADOS EN LA EVALUACIÓN FINANCIERA.....	60
11.2 FINANCIAMIENTO.....	61
11.3 FLUJO PROYECTADO Y CÁLCULO DE VAN Y TIR.....	62
11.4 ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD.....	63
11.3.1 Precio del cobre.....	64
11.3.2 Factor de distribución.....	65
11.3.3 Costo de la energía.....	66
12. CONCLUSIONES.....	67
13. BIBLIOGRAFÍA.....	69
14. ANEXOS.....	70

## Índice de tablas

TABLA 1 PRODUCCIÓN MUNDIAL DE COBRE (MILES DE TM COBRE FINO) .....	5
TABLA 2: DEPÓSITOS DE RELAVES PERTENECIENTES A CODELCO .....	15
TABLA 3: IDENTIFICACIÓN DE TRANQUES DE EMPRESA NACIONAL DE MINERÍA .....	16
TABLA 4 APLICACIÓN MÉTODOS DE EXTRACCIÓN RELAVES .....	20
TABLA 5: RESUMEN COMPARACIÓN MÉTODOS DE EXTRACCIÓN .....	20
TABLA 6: ESTIMACIÓN VALOR ECONÓMICO RESERVAS DE MINERAL EN TRANQUES CHILE .....	21
TABLA 7: PRESUPUESTO ESTUDIOS PARA PREPARACIÓN DE PROPUESTA .....	28
TABLA 8: DISTRIBUCIÓN DE MATERIAL EN TRANQUE CAUQUENES .....	31
TABLA 9: DISTRIBUCIÓN RECURSOS TRANQUE CAUQUENES .....	32
TABLA 10: PLAN DE EXTRACCIÓN TRANQUE CAUQUENES.....	33
TABLA 11: LEY PROMEDIO DE COBRE TOTAL POR AÑO DE EXTRACCIÓN .....	34
TABLA 12: LEY PROMEDIO DE MOLIBDENO TOTAL POR AÑO DE EXTRACCIÓN .....	34
TABLA 13: ESTIMACIÓN CAPEX EXTRACCIÓN .....	37
TABLA 14: ESTIMACIÓN CAPEX TRATAMIENTO .....	40
TABLA 15: DISTRIBUCIÓN GENERAL DE LA ORGANIZACIÓN.....	43
TABLA 16: INGRESOS POR VENTA DE COBRE Y MOLIBDENO .....	46
TABLA 17: COSTO DE ENERGÍA POR AÑO.....	48
TABLA 18: COSTO ELEMENTOS MOLEDORES POR AÑO .....	50
TABLA 19: REMUNERACIONES.....	51
TABLA 20: COSTO CAL .....	53
TABLA 21: COSTO REACTIVOS 1ER AÑO DE OPERACIÓN .....	54
TABLA 22: COSTO RECUPERACIÓN AGUA INDUSTRIAL.....	55
TABLA 23: COSTO POR FILTRADO Y SECADO.....	56
TABLA 24: COSTOS DISTRIBUIBLES.....	57
TABLA 25: RESUMEN COSTOS DIRECTOS .....	58
TABLA 26: CARGOS DE TRATAMIENTO.....	59
TABLA 27: FINANCIAMIENTO INVERSIONES .....	61
TABLA 28: FLUJO DE CAJA MAQUILADOR.....	62
TABLA 29: COSTO PARA EL DUEÑO DEL DEPÓSITO .....	63
TABLA 30: FACTOR DE DISTRIBUCIÓN V/S COSTO UNITARIO PARA EL DUEÑO .....	65

## Índice de ilustraciones

ILUSTRACIÓN 1: CONSUMO MUNDIAL DE COBRE .....	4
ILUSTRACIÓN 2: TENDENCIA DE LA LEY MINERAL 2000-2011 .....	5
ILUSTRACIÓN 3: PRECIOS ANUALES PROMEDIO DE COBRE Y MOLIBDENO 2005-2013 .....	7
ILUSTRACIÓN 4: CRECIMIENTO ECONÓMICO CHILE .....	9
ILUSTRACIÓN 5: REMOCIÓN MECÁNICA TRANQUE COLIHUES CODELCO.....	18
ILUSTRACIÓN 6: DRAGADO TRANQUE COLIHUES CODELCO CHILE .....	18
ILUSTRACIÓN 7: MONITOREO HIDRÁULICO.....	19
ILUSTRACIÓN 8: TRANQUE CAUQUENES .....	22
ILUSTRACIÓN 9: MODELO TRIDIMENSIONAL TRANQUE CAUQUENES .....	31
ILUSTRACIÓN 10: ZONAS TRANQUE CAUQUENES .....	32
ILUSTRACIÓN 11: COSTO MARGINAL RANCAGUA 154 2009-2015.....	49
ILUSTRACIÓN 12: VALOR ACTUAL NETO V/S PRECIO DEL COBRE .....	64
ILUSTRACIÓN 13: VALOR ACTUAL NETO V/S FACTOR DE DISTRIBUCIÓN.....	65
ILUSTRACIÓN 14: VALOR ACTUAL NETO V/S PRECIO DE ENERGÍA .....	66
ILUSTRACIÓN 15: TASA INTERNA DE RETORNO V/S PRECIO DE ENERGÍA .....	67



## 1. Introducción

La industria minera es una de las actividades económicas más importantes en Chile, siendo de vital importancia en el crecimiento mostrado por el país en las últimas décadas. Esta actividad ha llegado a representar el 15% del PIB nacional y 59% de las exportaciones, por lo que cualquier iniciativa ligada a este sector tiene fuerte impacto en la economía nacional. En particular en minería del cobre, Chile representa el 39 % de la producción mundial con 5.833 toneladas métricas de cobre durante 2014 y una proyección de 6.229 toneladas para 2015.

Si bien en torno a esta industria se ha desarrollado especialización en capital humano, servicios e ingeniería, la rentabilidad sigue dependiendo fuertemente de la materia prima con que se cuente, esto es la calidad de los yacimientos a explotar (leyes de cabeza o porcentaje de mineral por unidad de material) y de la eficiencia del proceso que se aplique.

Por tratarse de recursos naturales no renovables la industria minera debe estar permanentemente desarrollando exploraciones y nuevas operaciones para incrementar o mantener sus niveles de producción y costos. Los nuevos desarrollos enfrentan desafíos de sostenibilidad variados, destacando las exigencias ambientales y sociales que implican incremento de costos de inversión y operación con la consecuente disminución de proyectos en construcción. En particular, en Chile además se ha sumado un incremento importante los costos de mano de obra y energía durante los últimos años.

Este permanente desafío obliga también a una permanente búsqueda de oportunidades en optimización y aprovechamiento de los recursos mineros y activos disponibles; entre los que se cuentan los relaves mineros, que a la fecha representan para la mayoría de las empresas mineras una parte de su operación que genera costos crecientes.

El presente trabajo consiste en desarrollar un modelo de negocios para el tratamiento y beneficio de relaves mineros en Chile, logrando rentabilizar los minerales contenidos en ellos.

## **2. Objetivos**

### **2.1 Objetivo principal**

-Desarrollo de un modelo de negocio para el tratamiento de relaves mineros de cobre en Chile que permita rentabilizar los minerales contenidos en ellos.

### **2.2 Objetivos específicos**

-Desarrollo de modelo que permita definir la forma de tratar relaves mineros de cobre en forma rentable. Evaluación del potencial económico de un depósito, posibles métodos de extracción y tratamiento, fórmulas de pago por el servicio que hagan atractivo el negocio para el dueño de los relaves y para quién realiza el servicio.

-Generar un modelo de negocio replicable que permita a un operador alcanzar un tamaño y participación de mercado relevante.

## **3. Metodología**

Para la realización de este trabajo la metodología utilizada se divide en etapas que abordan el tema desde el marco general hasta llegar a un modelo de negocios que es ilustrado con un caso particular.

Se parte con un análisis del entorno y la situación de la industria minera en Chile. En esta etapa se analiza el entorno social y económico de Chile, y como este se liga a la situación de la industria minera nacional. También aquí se revisa el estado actual de la industria minera desde la perspectiva de los desafíos inherentes a su propio negocio.

A partir de lo anterior se hace notar el potencial de negocio que existe en los depósitos de relaves, cuales son las consideraciones normativas a tener en cuenta para llevar a cabo su tratamiento y qué tipos de contratos se podrían implementar.

Aprovechando levantamientos de información realizados por la autoridad se hace una revisión del potencial de alguno de los depósitos de relaves existentes y se explican las variables a considerar para su evaluación.

Dado que el mayor potencial se encuentra en los relaves antiguos, y que estos deben ser removidos desde los depósitos se revisan los métodos de extracción desarrollados a escala industrial y cuál es su compatibilidad con las características del depósito que se está evaluando, estableciendo una comparación entre ellos.

Antes de abordar el modelo de negocio se identifica el perfil de relaves elegibles y cómo se puede plantear el negocio al dueño de estos de forma de realizar una evaluación en detalle.

A continuación se define el modelo de negocio, cómo se generan los ingresos (venta de concentrado de cobre y eventualmente otros minerales presentes) y cómo se distribuyen y se revisa su propuesta de valor (valor económico, funcional y de imagen), sus elementos, recursos y capacidades necesarias para llevarlo a cabo.

Para ilustrar el potencial del modelo se desarrolla un caso ejemplo en detalle. Se parte con la estimación de reservas, se define un método y plan de extracción, se detallan las inversiones y organización necesarias y se estiman los costos asociados a los principales suministros y servicios necesarios para implementar el caso ejemplo.

A continuación se propone una fórmula de pago por la extracción y tratamiento de los relaves que incorpora los elementos relevantes del modelo de negocios.

Con lo anterior se realiza una evaluación financiera del caso ejemplo sensibilizando el modelo al precio del cobre (ingresos), precio de la energía (principal elemento del costo) y factor de distribución (refleja cómo las partes acuerdan distribuir el margen).

A partir de lo desarrollado anteriormente y apoyado en el caso ejemplo se entregan conclusiones y comentarios respecto de la viabilidad del modelo planteado.

#### **4. Situación de la industria minera**

La industria minera, al igual que la mayoría de las actividades económicas relevantes en la actualidad debe enfrentar desafíos asociados con la sustentabilidad de sus operaciones en que además de oferta y la demanda de metales se deben considerar las variables ambientales y sociales.

Demanda mundial de cobre: la demanda mundial de cobre alcanzó a 21 millones de toneladas métricas (TM) en el año 2013. Los mayores demandantes fueron China, Estados Unidos y Alemania con un, 47, 9 y 5 % respectivamente.

Los signos de recuperación económica que se observan en Estados Unidos y Europa hacen prever que la demanda mundial de cobre se mantendrá relativamente estable. Destaca en este panorama la dependencia de la demanda de la evolución económica de China, que si bien ha mostrado una merma en su necesidad de cobre para infraestructura, mantiene su carácter manufacturero e importador a economías como la norteamericana y la europea que muestran aumentos de consumo y por lo tanto de productos que China fabrica .

El crecimiento económico de Estados Unidos ha sido mejor de lo esperado y muestra señales de robustez, especialmente por el crecimiento de los inventarios y exportaciones. Este crecimiento de los inventarios es una muestra de confianza de las compañías en la demanda futura convirtiéndose en una factor clave de la recuperación económica.

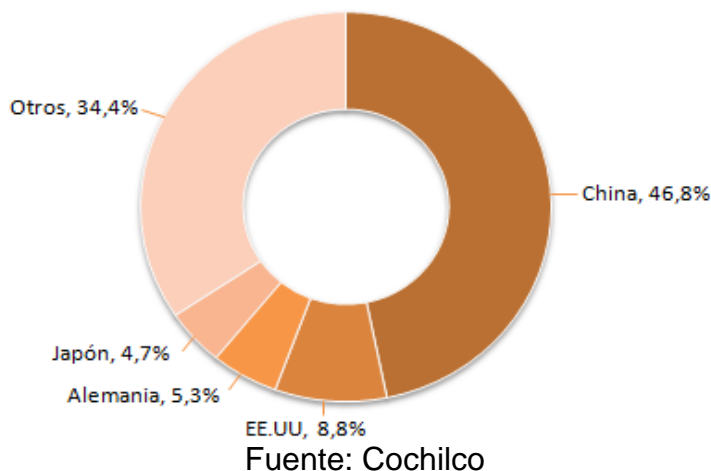
Por su parte Europa muestra señales de dejar atrás la recesión con tasas de crecimiento positivo del PIB desde la segunda mitad del 2013. Esta recuperación, liderada por Alemania principalmente, no muestra la velocidad de lo observado en

Estados Unidos, pero las noticias desde el conjunto Unión Europea indican que este proceso de recuperación no se detendrá.

El crecimiento de China se ha estabilizado en torno a la meta del gobierno del 7%, sin señales de bajar de esta cifra. Atrás quedaron los años de crecimiento cercano al 10% anual basado en sobreinversión y endeudamiento. Este cambio de modelo privilegia un crecimiento sostenido en el largo plazo; y por consiguiente una demanda estable de metales y commodities en general.

Como consecuencia del panorama económico mundial se esperan 1 o 2 años con una leve baja de la demanda de cobre, para luego estabilizarse en valores cercanos a los observados en el año 2013 (21 millones de TM).

Ilustración 1: Consumo Mundial de Cobre



Oferta Mundial de cobre: Durante el año 2013 la oferta alcanzó una tasa de crecimiento de 7,2 % respecto al año anterior (el mayor crecimiento desde el año 2004, cuando alcanzo el 7,5%) equivalente a la producción de 18,3 millones de TM de cobre. Chile continúa al cabeza de la producción mundial con el 32% de participación, seguido de China y Perú con el 10 y el 8% respectivamente.

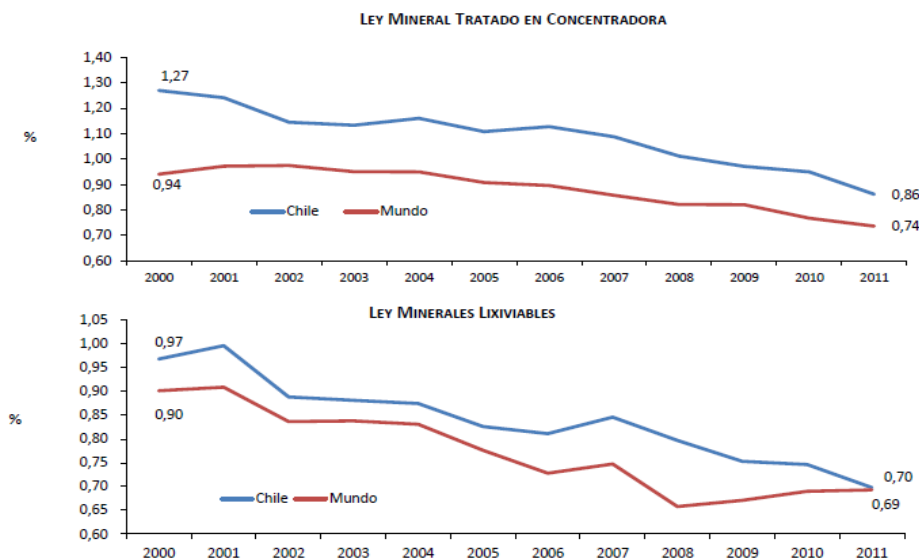
Tabla 1 Producción Mundial de Cobre (Miles de TM cobre fino)

<b>Producción Anual</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>
<b>Chile</b>	5.419	5.263	5.434	5.776
<b>China</b>	1.180	1.295	1.642	1.752
<b>Perú</b>	1.247	1.235	1.296	1.375
<b>Estados Unidos</b>	1.110	1.110	1.196	1.268
<b>Australia</b>	870	960	914	961
<b>Total Mundial</b>	16.114	16.262	17.077	18.322

Fuente: Cochilco

La industria minera a nivel mundial ha visto decaer las leyes de cabeza de sus principales yacimientos en un 23% desde la década de los noventa a la fecha; en el caso particular de la gran minería chilena esta caída ha sido de 46%. Esta baja en las leyes de los yacimientos trae consigo un incremento en los costos de producción, ya que para obtener la misma cantidad de producto final ahora es necesario extraer y procesar una mayor cantidad de material.

Ilustración 2: Tendencia de la ley mineral 2000-2011



Fuente: Wood Mackenzie

Fuente Wood Mackenzie

El deterioro de la ley de importantes yacimientos actualmente en operación obliga a la materialización de grandes proyectos para mantener la oferta en los niveles actuales. Sin embargo, muchos proyectos a nivel mundial están enfrentando dificultades para materializarse o para entrar en operación en los plazos y las producciones esperadas.

Las dificultades van desde restricciones ambientales a cambios en las reglas impositivas en países productores como Indonesia. A lo anterior se debe adicionar las dificultades financieras propias de muchas compañías, que no les permiten acceder ahora a crédito en condiciones atractivas. Una de las primeras consecuencias de los problemas financieros es la baja en la inversión en exploración (una de las formas de combatir la caída natural de las leyes en los yacimientos) que en el caso particular de Chile alcanzó el 12% para 2013.

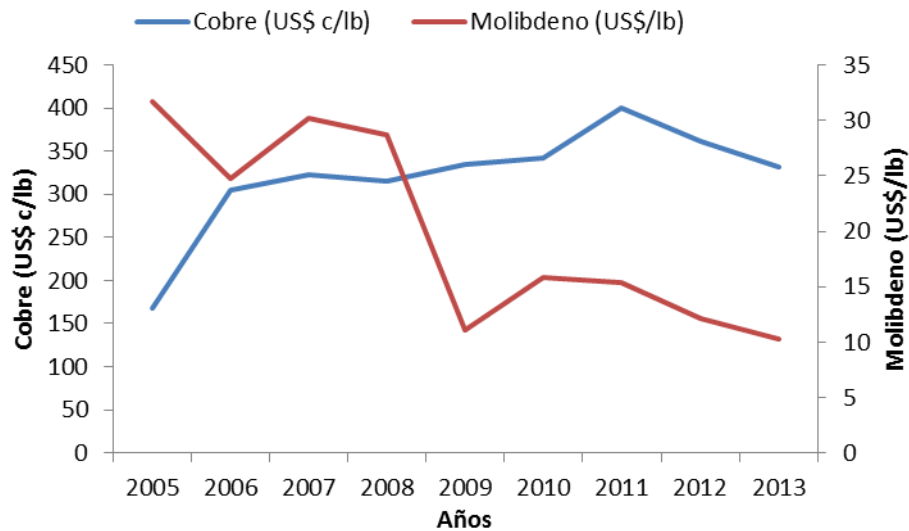
Evolución del precio del cobre: Básicamente existen dos tipos de factores que determinan el precio del cobre, los estructurales y los financieros.

Los factores estructurales son la oferta y la demanda de este metal para sus usos tradicionales: infraestructura, equipos, artículos eléctricos y electrónicos. Los factores financieros se refieren al uso como colateral que se da al cobre en operaciones financieras. En el pasado reciente, China ha obtenido mucho financiamiento barato que ocupó el cobre como colateral haciendo subir su precio. Sin embargo, las nuevas condiciones impulsadas por China para búsqueda de financiamiento han detenido esta tendencia. Así y todo, en general se espera estabilidad en el mediano y largo plazo con un precio medio estimado de 2,75 US\$/lb.

Un importante subproducto del proceso de beneficio del cobre es el molibdeno, material utilizado principalmente en aleaciones para acero inoxidable demandado por la industria aeronáutica, química y automotriz. El molibdeno, al igual que el cobre se transa como commodity en los mercados internacionales y las compañías mineras lo tratan como un crédito al costo de la producción de cobre. El precio de largo plazo estimado para el molibdeno es de 11 US\$/lb.

La evolución del precio del cobre y molibdeno en los últimos años se muestra en el grafico siguiente:

Ilustración 3: Precios anuales promedio de cobre y molibdeno 2005-2013



Fuente: Cochilco

## 5. Oportunidad de negocio

El proceso de producción de cobre implica la extracción de grandes cantidades de material. De todo el material extraído aproximadamente el 1 a 2% corresponde al mineral que se desea producir. En el caso de la minería del cobre en Chile, se deben mover cien millones de toneladas de material, normalmente minerales sulfurados de cobre, para producir sólo un par de millones de toneladas de cobre fino. Como consecuencia de este proceso, se genera un descarte o relave, que corresponde aproximadamente al 98% en peso del material procesado, más agua de transporte. Los relaves, contienen altas concentraciones de elementos que alteran el medio ambiente, por lo que deben ser transportados y almacenados en "tranques o embalses de relaves", donde lentamente los contaminantes van decantando en el fondo y el agua se recupera o evapora. El proceso de transporte y depositación de los relaves forma parte de la operación y los costos de toda operación minera, y en el último tiempo una importante fuente de problemas para muchas de ellas. Por lo anterior, los depósitos de relaves son considerados como pasivos ambientales de los cuales el dueño o el estado deben hacerse cargo.

A partir la situación descrita aparece una oportunidad en el tratamiento de los relaves para obtener elementos con valor económico ya que existen en Chile depósitos que por su antigüedad poseen leyes similares a yacimientos de baja ley en operación actualmente. Por otra parte estos relaves ya tienen incorporados los costos de extracción, chancado y molienda (relevantes en el proceso minero por su intensivo uso de energía) por lo que su costo de procesamiento debería ser más bajo que el de mineral primario (costo por tonelada procesada).

Las exigencias ambientales, además imponen a los dueños de estos depósitos (pasivos ambientales desde esta perspectiva) obligaciones en cuanto al manejo actual y futuro de estos que se traducen en costos que deben ser soportados por la operación. Los depósitos de relaves deben ser monitoreados desde el punto de vista de estabilidad (control de muros) y contaminación ambiental (emisión de material particulado al aire e infiltración de napas subterráneas de agua).

El cierre definitivo de estos depósitos debe estar contemplado en un plan que debe ser aprobado por la autoridad, y que generalmente considera obras de seguridad estructural (reforzamiento de muros), reforestaciones y monitoreos permanentes de las variables ambientales. La exigencia de garantías formales de cumplimiento de los planes de cierre impone además costos financieros inmediatos a los dueños de estos depósitos.

Se propone generar un modelo de negocio que, cumpliendo con los requisitos técnicos y normativos necesarios, permita rentabilizar depósitos de relaves permitiendo a su propietario incrementar su producción y focalizar sus inversiones en su negocio principal (mineral primario). De esta forma se pretende, en algunos casos compensar los costos en que se incurre por su mantención o directamente generar una unidad de negocios rentable por sí misma.

En la actualidad la mayoría de las empresas mineras en Chile opera su transporte y depositación de relaves en forma interna como una unidad de la planta concentradora. Esta unidad persigue optimizar el proceso desde el punto de vista de costos, pero no el tratamiento de ellos para recuperar cobre u otros metales.

El tratamiento de los relaves por parte de un especialista busca garantizar un resultado económico positivo de esta operación aportando producción y liberando recursos al dueño del depósito para su negocio principal.

## **5.1 Análisis PEST**

Mediante este análisis se pretende revisar cómo los factores del entorno general en Chile pueden afectar la implementación de un modelo de negocios en torno al tratamiento de relaves mineros. Este análisis permite orientar la estrategia del negocio en cuanto a su posición considerando el ciclo del mercado.

### **5.1.1 Situación Política en Chile**

En el último tiempo se ha hablado mucho en torno a la necesidad de hacer cambios profundos en muchos aspectos con miras a superar la desigualdad de oportunidades y promover mayor movilidad social, algunos de estos cambios se traducen reformas tales como la tributaria ( ya aprobada),de educación y laboral que se discuten en el parlamento. En general, si bien en cuanto a la necesidad estos cambios hay amplio consenso, y el gobierno actual cuenta con mayoría suficiente para aprobar estas iniciativas, en su diseño se ha tenido que ir incorporando criterios de gradualidad de forma de garantizar estabilidad a todos los sectores políticos y de influencia.

En cuanto a los actores políticos, a la fecha no se vislumbran nuevos nombres con fuerza suficiente para competir con los dos grandes bloques que han dirigido el país

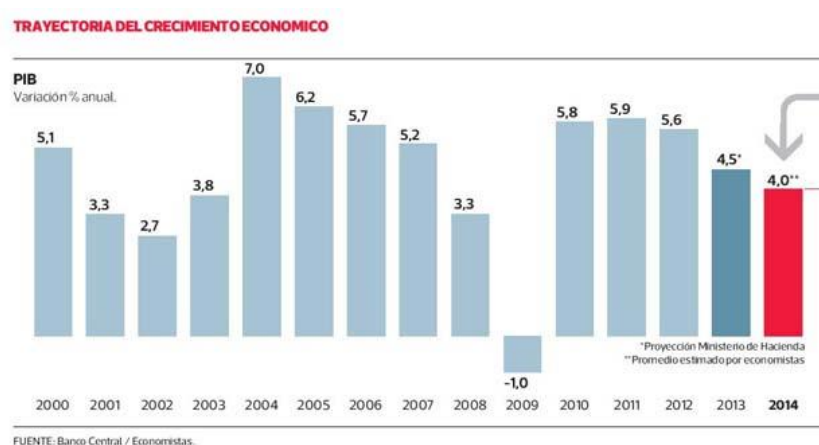


durante los últimos 20 años. Aun considerando la reciente aprobación de cambios en el sistema electoral, lo anterior hace prever que la situación política no cambiará drásticamente en el mediano plazo.

### 5.1.2 Situación económica en Chile

El modelo de economía abierta seguido por Chile desde hace más de 25 años tiene una fuerte dependencia de las exportaciones, y en particular aun del cobre y otras materias primas, por lo que el menor impulso en el crecimiento de China y el estancamiento de las economías desarrolladas de los últimos años ha significado para Chile un menor crecimiento de lo esperado estacionándose en torno al 3 a 4% anual, lo que ha hecho incluso a algunos hablar de la necesidad de revisar el PIB potencial. Por otra parte, altos costos de suministro de energía, ciertas incertidumbres en materia ambiental sumado a la discusión de las reformas en curso, han disminuido el ritmo de inversión en proyectos y bienes de capital llegando las iniciativas en curso a US\$ 178.855 millones en Diciembre 2014, un 9 % menos que en Diciembre 2013. Por otra parte las inversiones detenidas pasaron de US\$ 70.850 a US\$76.232 en el mismo periodo.

Ilustración 4: Crecimiento económico Chile



Fuente Banco Central de Chile

La mayoría de las empresas ha entrado en proceso de revisión de sus inversiones, incluyendo los proyectos estructurales de Codelco, lo cual ha afectado el mercado laboral. Mientras los nuevos proyectos se revisan o postergan los esfuerzos se enfocan en optimización de las operaciones existentes y reducción de costos.

### 5.1.3 Situación Social en Chile

Durante las últimas dos décadas Chile ha experimentado un importante progreso económico que ha dado paso a un incremento de la llamada clase media, caracterizada

por tener mayor acceso a formación académica, información y bienes de consumo. Si bien este fenómeno está consolidado, durante los últimos años se ha incrementado la tensión social, que se ha traducido en distintos movimientos que luchan por obtener reivindicaciones que creen justas.

Dentro de estos movimientos están también los que se definen como ambientalistas, y que apoyados en el uso de redes sociales, han logrado captar la atención de la población y detener o modificar el curso de importantes proyectos mineros y energéticos. El resultado de lo anterior es la obligación por parte de las empresas de obtener la patente social para sus proyectos, mostrando su compromiso con la comunidad y el respeto al medio ambiente.

#### **5.1.4 Tendencias Tecnológicas**

Las tecnologías de la información y en particular las comunicaciones móviles han tenido gran penetración en Chile, de forma tal que se han transformado el uno de los principales medios para las relaciones entre la comunidad, las autoridades y las empresas. En este sentido la facilidad e inmediatez con se expende la información obliga a las empresas a tener un comportamiento muy prolijo en su relación con el entorno y a mostrar constantemente progresos en este ámbito.

### **5.2 Análisis de la industria**

#### **5.2.1 Rivalidad Entre Empresas Existentes**

Hoy en día, existen en Chile sólo dos empresas que se dedican exclusivamente al servicio de tratamiento de relaves mineros: Minera Valle Central, que tiene contrato exclusivamente con Codelco División El Teniente para el tratamiento de los relaves frescos desde el año 1992; y Minera Valle Aconcagua que trata los relaves frescos de Codelco División Andina. Cada una de estas empresas ha dedicado sus esfuerzos a optimizar su operación y ampliar sus operaciones en torno a su contrato principal. Por otra parte la empresa sudafricana Fraser Alexander ha operado en Chile el retiro y transporte a un nuevo depósito de los relaves contenidos en el tranque Pérez Caldera de la División Los Bronces de Angloamerican. Esta operación se realizó mediante dragado del tranque y no consideraba el tratamiento del material para recuperar minerales con valor económico. El resto de la industria opera con sus relaves con recursos propios enfocados en transporte y disposición.

De lo anterior se puede concluir que no existe rivalidad entre las empresas existentes dado que cada una se ha enfocado en mantener y potenciar su actual negocio.

#### **5.2.2 Amenaza de Productos Sustitutos**

El sustituto natural de este servicio es que la extracción y tratamiento de los relaves de un depósito lo realice el dueño de este, siendo esta la amenaza más importante para el desarrollo de un modelo basado en la explotación por un tercero especialista. La experiencia a la fecha indica que los dueños privilegian hacer sus inversiones en minerales primarios donde ya tienen experiencia. El cobre contenido en los relaves es lo que ya no pudieron recuperar con su proceso. En este sentido existe la amenaza de

que la operación la realice el dueño, pero como proyecto deberá competir con iniciativas enfocadas en el proceso principal de la empresa.

### **5.2.3 Poder de Negociación de los Compradores**

Los potenciales compradores de este servicio son las empresas mineras que poseen depósitos de relaves que tengan reservas atractivas económicamente o que por compromisos derivados de la relación con su entorno deben tomar acciones sobre ellos. De lo anterior se concluye que los potenciales compradores del servicio no tienen poder de negociación conjunta ya que el precio de la extracción y tratamiento quedará definido en negociaciones particulares basadas en situaciones específicas.

### **5.2.4 Poder de Negociación de los Proveedores**

En caso de existir varios proveedores de este servicio se estima que no tendrán un poder de negociación como conjunto ya que sus potenciales contratos serán producto de negociaciones particulares conducidas por el dueño del depósito. Cabe recordar en este punto que el relave depositado no pierde su valor como reserva de mineral para el dueño, por lo que la oportunidad de su explotación puede ser manejada por este.

### **5.2.5 Amenaza de Nuevos Participantes**

Una vez conocido el potencial del negocio del tratamiento de depósitos de relaves pueden aparecer nuevos participantes interesados. La captura por parte de los primeros en ofrecer este servicio del tratamiento de los depósitos más atractivos con contratos de largo plazo (lo que ocurre regularmente cuando el oferente del servicio es quien realiza las inversiones) dificulta la entrada de nuevos actores a la industria específica. Por otra parte por tratarse de un proceso que requiere de especialización y optimización constante para ser exitoso, aquellos participantes que no estén realizando operaciones reales difícilmente pueden progresar en eficiencia y optimización de la operación.

### **5.2.6 Poder de Otras Partes Interesadas**

Como otras partes interesadas se puede mencionar a la comunidad en general y el Estado de Chile. En ambos casos su poder está a favor del desarrollo del tratamiento de los relaves ya que sin tratamiento estos constituyen un pasivo ambiental que afecta directamente a las comunidades cercanas. En el caso del Estado, el desarrollo de esta actividad permite hacerse cargo de un problema que si no es resuelto por iniciativa privada recaerá de todas formas en el Estado, y por otra parte mayor actividad minera significa mayor empleo e ingresos por concepto de impuestos y royalties específicos eventualmente.

### **5.2.7 Conclusiones análisis de la industria y del entorno**

Del análisis de la industria se concluye que dado que existen pocas empresas capaces de desarrollar este servicio y que la rivalidad entre ellas es baja, que existe bajo poder de negociación tanto de compradores como de proveedores, pocas posibilidades de nuevos actores y que el poder de otras partes interesadas estará a favor del desarrollo

de este modelo, es posible decir que existe un alto potencial de desarrollo para el tratamiento de depósitos de relaves.

La gran amenaza proviene del sustituto natural de este servicio: que el dueño del relave decida realizar con recursos propios el tratamiento de estos. En este sentido el entorno social y económico juegan a favor de la aplicación de un modelo como el propuesto (tratamiento realizado por un especialista) ya que se exigirá mejor desempeño de esta operación, lo que es más probable si la realiza una empresa dedicada a esto exclusivamente, y por otra parte el dueño concentrará sus recursos en su negocio principal.

## **6. Normativa aplicable al tratamiento de relaves.**

La empresa especialista en tratamiento de depósitos de relaves se rige por todas las normas aplicables en Chile a empresas productivas, entre otras las relacionadas con aspectos civiles, laborales y tributarios. Dado los montos involucrados cobra importancia la modificación reciente de la Ley 20780 sobre Impuesto a la renta que en su artículo N° 20 cambia la tasa para primera categoría desde 22,5% (2015) hasta 27% (2018).

En particular, para efectos de este trabajo se revisa la normativa relacionada específicamente a los depósitos de relaves y el contrato que regula la relación entre el dueño del depósito y la empresa que realiza el tratamiento.

### **6.1 Normativa Relacionada**

La minería como actividad económica se ha desarrollado en Chile con gran intensidad desde el siglo XIX, generando gran cantidad de residuos mineros. Históricamente los depósitos de relave se ubicaron en las cercanías de las plantas de tratamiento, las que a su vez se encontraban cerca del yacimiento, alejados de centros poblados o terrenos con uso agrícola. En la actualidad muchos de estos depósitos han quedado cerca de centros poblados generando riesgo de problemas de seguridad y ambientales para dichas comunidades. Las variables de riesgo se pueden resumir en:

- a) Inestabilidad Física, por colapso del depósito y el material particulado acumulado en el mismo, que una vez seco, puede ser transportado por el viento y producir contaminación por polvo.
- b) Inestabilidad Química, se traduce en contaminación de acuíferos y cursos de aguas superficiales (drenaje ácido), producto de la interacción entre los minerales sulfurados y el agua. La solución ácida resultante es dañina para el medio ambiente.

Además está el impacto visual en el paisaje, que probablemente sea el impacto más llamativo para la comunidad.

En el año 2007 se promulga el Decreto Supremo N°248 del Ministerio de Minería para regular las obras constructivas de los depósitos de relaves, buscando evitar básicamente el peligro hacia la comunidad asociados a fallas en muros y desbordes de material. En cuanto a la responsabilidad por eventos en los depósitos se requiere

establecer la propiedad del depósito, lo cual en casos de tranques antiguos no siempre es posible. Para enfrentar este problema, la autoridad, ha realizado estudios para regular el cierre de faenas mineras, cuyos resultados se incorporaron al actual Reglamento de Seguridad Minera (DS132/2004 del Ministerio de Minería).

Para cubrir los aspectos ambientales asociados al cierre de faenas mineras, la autoridad ha promulgado la Ley 20.551, cuya aplicación es supervisada por el SERNAGEOMIN (Servicio Nacional de Geología y Minería). Esta ley tiene como objetivo asegurar el cumplimiento de las normas respecto a preservación del medio ambiente y control de riesgos, evitando el incremento de pasivos ambientales por el abandono no controlado de las faenas mineras. Esta ley materializa el concepto de “el que contamina paga”. La empresa minera debe hacerse cargo de las externalidades, e incorporarlas como un elemento más dentro del negocio minero.

Si se quiere realizar el tratamiento de un tranque o embalse de relaves existente que signifique su extracción y posterior beneficio la ley lo califica como “explorador minero” ya que se transfieren a un tercero sustancias minerales de carácter concesible, sin que se tenga en cuenta el estado productivo en que se encuentren. Por lo anterior, la extracción de relaves está sujeta a Royalty minero.

En cuanto al proyecto de extracción y tratamiento, al igual que cualquier nuevo proyecto minero o expansión de faena este debe ser ingresado al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA); y dependiendo de su envergadura y características particulares evaluado mediante una Declaración de Impacto Ambiental (DIA) o un Estudio de Impacto Ambiental (EIA). Por lo tanto aplican la Ley de Bases Generales del Medio Ambiente (LBMA) y el Reglamento del SEIA.

El Anexo A muestra las normas aplicables a la extracción de relaves.

## **6.2 Tipos de Contrato para el tratamiento de relaves.**

Se propone considerar dos casos dependiendo de la propiedad del producto final proveniente del tratamiento de los relaves (normalmente concentrado de cobre y concentrado de molibdeno):

### **6.2.1 Pago por derechos de tratamiento**

En este caso la empresa que hace el tratamiento queda como propietaria del producto final y lo comercializa por su cuenta. Este tipo de esquema implica que el producto final (concentrado) alcanza rango comercial, es decir cumple con las leyes, humedades e impurezas que son aceptadas por las fundiciones.

Este tipo de contrato obliga a la empresa procesadora a tener además contrato con un comprador, en el caso de Chile Enami para cobre y Molybmet para molibdeno son ejemplos, y por lo tanto un área de comercialización.

El contrato deberá incluir un comodato sobre los terrenos en que se emplaza el depósito a favor de la empresa que realiza el tratamiento y cláusulas se salida que establezcan el destino de los activos dedicados a la extracción y tratamiento.

La forma de pagar por el derecho de tratamiento puede ser un pago fijo, con indexaciones periódicas por ejemplo por CPI (Customer Prices Index , USA); o bien una fórmula de pago que dependa del precio del metal los costos del procesamiento también con revisiones periódicas.

### **6.2.2 Pago por Maquila**

En este esquema el dueño del mineral es quien se queda con el producto final incorporándolo a su producción, es decir la propuesta de tratamiento compete con los proyectos internos de la compañía que buscan incrementos de producción. En este caso la ventaja es que la inversión y la operación la hace un tercero bajando drásticamente el riesgo del dueño. Si la inversión la hace un tercero entonces debe pagarse por el servicio de tratamiento más una participación del negocio; esto se logra mediante una fórmula de pago que incorpore los costos de inversión, operación y el precio del metal. Parece razonable que esta fórmula tenga revisiones periódicas o cada vez que las condiciones que dieron origen al acuerdo cambien más allá de cierto rango.

Una fórmula de pago por tratamiento basada solamente en el tonelaje procesado y no en el resultado final desincentiva al operador a optimizar su proceso.

La opción de Maquila requerirá también de un contrato anexo de comodato, servidumbres y servicios que permita al operador realizar sus instalaciones y disponer de los terrenos y accesos necesarios para el desarrollo del negocio. Además este contrato debe establecer el uso de derechos de agua que eventualmente posea el dueño y que sean necesarios para el desarrollo del negocio.

En ambos casos, es importante destacar, la empresa que realiza la extracción y le tratamiento es quien diseña y opera el proceso. De esta forma se evita que existan diferencias técnicas durante el desarrollo del contrato asociadas a desacuerdos en la forma en que se debe realizar la operación.

Por otra parte, en cualquiera de las modalidades antes mencionadas se deben considerar un método de solución de controversias, que indique plazos para solución entre las partes así como las condiciones en las cuales las disputas deben ser conocidas por un tribunal arbitral y cómo se designará este. Asimismo el contrato debe definir los controles operacionales necesarios y suficientes para que las partes puedan hacer un seguimiento adecuado del negocio.

En cuanto a las obligaciones y compromisos ambientales existentes para el depósito las partes deberán acordar cómo se asumen estos, dado que la extracción y tratamiento implican la vuelta a la operación del depósito, y por lo tanto cambios desde esta perspectiva.

Estas formas difieren fundamentalmente en cómo se asume el riesgo del precio de los metales y los insumos principales del costo de extracción y tratamiento. En el primer caso todo el riesgo es de quién realiza la extracción y tratamiento, el dueño del depósito recibe un pago estable en el tiempo (para tasas de tratamiento estable) renunciando a

beneficios adicionales para ciclos de precios altos de los metales. En el segundo caso los riesgos son compartidos lo que se debe negociar es los porcentajes de participación de cada uno en los beneficios.

En el relativo al Modelo de Negocio se desarrolla en detalle una fórmula de pago.

## 7. Selección de depósitos factibles de tratar de forma rentable

### 7.1 Identificación de Depósitos existentes

El Estado a través del Servicio Nacional de Geología y Minería (SERNAGEOMIN), lleva el control de las faenas mineras tanto activas como paralizadas o abandonadas. Bajo este contexto realizó el “Catastro Nacional de Faenas Mineras Abandonadas y/o Paralizadas” identificando alrededor de 700 pasivos ambientales mineros. De este total, se destacan 450 tranques y embalses que están distribuidos a nivel nacional, de los cuales 325 están inactivos y 150 activos. En Anexo B se encuentra la localización territorial de depósitos de relave.

A partir de esta identificación, se da inicio a la selección de aquellos que pueden ser considerados un activo minero factible de beneficiar en forma rentable, teniendo en consideración los aspectos ambientales involucrados. Cabe destacar que dada la importante participación del estado de Chile en la minería a través de Codelco y Enami, muchos de estos depósitos le pertenecen.

Tabla 2: Depósitos de relaves pertenecientes a Codelco

Empresa	Faena	Deposito	Tipo Deposito	Comuna	UTM Norte	UTM Este	Origen	Situación Actual
CODELCO-División Norte	Chuquicamata	Talabre	Tranque	Calama	7.526.000	522.5	Cobre	Activo
CODELCO-División El Salvador	Playa Chañaral	S/I	S/I	Chañaral	7.088.950	338.069	Cobre	No Activo
CODELCO-División El Salvador	TR Pampa Austral	S/I	S/I	D.Almagro.	7.100.000	393.83	Cobre	Activo
CODELCO-División El Salvador	TR Los Amarillos	S/I	S/I	Diego de Almagro.	S/I	S/I	Cobre	No Activo
CODELCO - División Andina	División Andina	Los Leones	Embalse	Los Andes	S/I	S/I	S/I	Activo
CODELCO - División Andina	División Andina	Ovejería	Tranque	Til Til	6.343.800	332.100	Cobre	Activo
CODELCO División El Teniente	División El Teniente	Colihues	Embalse	Requinoa	S/I	S/I	S/I	Activo
CODELCO División El Teniente	División El Teniente	Cauquenes	Tranque	Requinoa	S/I	S/I	S/I	No Activo
CODELCO División El Teniente	División El Teniente	Barahona	Tranque	Machalí	S/I	S/I	S/I	No Activo
CODELCO División El Teniente	División El Teniente	CAREN	Tranque	Alhue	S/I	S/I	Cobre	Activo

Fuente: Catastro del Servicio Nacional de Geología y Minería (SERNAGEOMIN)

Tabla 3: Identificación de Tranques de Empresa Nacional de Minería

	Cantidad de material
Relaves Planta Matta	25.000.000 Ton
Ripios Planta Matta	1.100.000 Ton
Escorial Fundición Paipote	7.000.000 Ton
Ripios Tal Tal	1000.000 Ton
Relave El Salado	215.000 Ton
Ripios El Salado	4.500.000 Ton

Fuente: Presentación: Desafíos para la recuperación de metales no tradicionales, Gerencia de Desarrollo e Innovación, Empresa Nacional de Minería. Noviembre 2014

La forma de seleccionar los depósitos factibles de beneficiar de forma rentable pasa por caracterizarlos para determinar sus reservas, tal cual se hace cuando se analiza un nuevo yacimiento. Con lo anterior, y en un primer análisis, se determina el valor económico del mineral contenido.

Dado el valor económico de los minerales, en general su procesamiento es controlado con detalle por las compañías de la industria. Si bien en una planta concentradora se lleva el control diario de múltiples variables, en general nunca pueden faltar los flujos y leyes de entrada y salida del proceso ya que con estos se define la recuperación metalúrgica total de la planta. En este caso particular interesan los flujos y leyes de salida del proceso (colas) ya que con ellos se puede determinar el contenido total de mineral almacenado en el depósito o botadero. Si se tienen registros de llenado del depósito se puede determinar con mayor detalle cómo se encuentra distribuido el mineral dentro del mismo. En caso de no contar con información de llenado una campaña de sondajes permite reconstruir la distribución del depósito; con las muestras obtenidas se construyen curvas de cotas versus leyes (% de Cobre y su caracterización granulométrica) que se usan para la construcción de un plan minero. Este plan minero indica las cantidades a extraer y sus características, por lo que permite definir la operación de la planta de tratamiento. Preliminarmente se puede decir que dado que en general en Chile los tranques más antiguos se llenaron gravitacionalmente los minerales más antiguos (con mayor cantidad de cobre) se encuentran en la parte baja del depósito.

La información necesaria para la evaluación de un depósito puede resumirse en lo siguiente:

- Informes relacionados con el Tranque o Embalse.
- Plano de localización.
- Registro histórico de llenado, tonelajes, granulometrías, leyes, mineralogía.



- Estimación de recursos.
- Si esta en operación, porcentaje de gruesos destinados a construcción del muro.
- Si está cerrado, plan de cierre vigente.
- Lecturas de piezómetros o instrumentación existente.
- Topografía inicial, topografía actual.
- Batimetría.
- Estimación de densidades.
- Descripción general del proceso actual.
- Disponibilidad muestra para análisis, idealmente sobre 300 kg.
- Disponibilidad de agua (actual y futura).
- Disponibilidad de energía (actual y futura).
- Visitas a terreno.

## **7.2 Método de extracción**

Una vez conocido el valor de las reservas de mineral del depósito se analiza la factibilidad técnica de su procesamiento. Para lo anterior se debe determinar el método de extracción a utilizar. A escala industrial existen 3 métodos conocidos de extracción de depósitos de relaves los que se pueden aplicar por separado o en conjunto en condiciones especiales. Para efecto de este trabajo no se consideraran extracciones mixtas, vale decir con más de un método. Los 3 métodos y sus principales características se describen a continuación:

### **7.2.1 Remoción mecánica**

Este método consiste en la remoción del relave desde el depósito mediante maquinaria pesada (excavadoras y camiones) y su posterior traslado hacia planta de beneficio. Entre sus principales ventajas destaca el que no se requiere incorporar agua para transporte y que en general existe amplia oferta de equipos y empresas de movimiento de tierra en todo el país lo que baja los costos de capital del proyecto (se paga a un tercero por m<sup>3</sup> transportado).

Las desventajas de este método están dadas por su alto costo (dependiente fundamentalmente del precio de los combustibles), y en las dificultades operativas de mover muchos equipos al mismo tiempo cuando las excavaciones son muy profundas. Por otra parte el movimiento de equipos (particularmente camiones) provoca polución que debe ser mitigada. Desde el punto de vista del tratamiento posterior del material existe la dificultad para mantener un flujo uniforme de alimentación a una planta y que para realizar el proceso de clasificación y tratamiento se requerirá adicionar agua en el punto de entrega.

Ilustración 5: Remoción mecánica Tranque Colihues Codelco

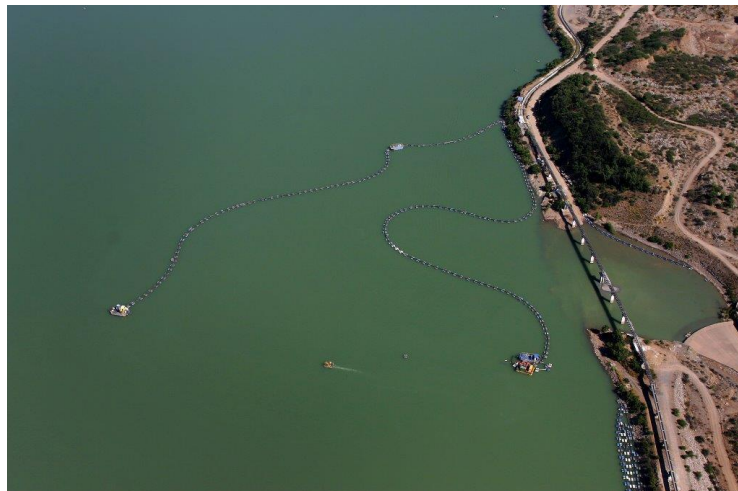


### 7.2.2 Dragado

Este método se utiliza normalmente cuando el relave se encuentra bajo una capa de agua y su ventaja se ve circunscrita a este tipo de aplicaciones en que los otros métodos no son factibles. Por esta razón es el método que más agua aporta al proceso (se mueve mucha agua en relación al material de interés). Consiste en mediante una draga excavar el fondo del tranque para luego mediante bombeo transportar el material extraído; o mediante una draga bombear directamente la pulpa para lo cual se ocupa una bomba sumergible.

Las desventajas de este método radican en la baja densidad de pulpa que se consigue lo que obliga a mover grandes flujos con los consiguientes costos de bombeo asociados, y el alto costo de capital, operación y mantenimiento de los equipos de dragado.

Ilustración 6: Dragado Tranque Colihues Codelco Chile



### 7.2.3 Monitoreo Hidráulico

El método consiste en adicionar agua al relave para conseguir pulpa y transportarlo mediante bombeo a la alimentación del proceso de beneficio.

Normalmente los relaves son depositados hidráulicamente en una extensión abierta, de esta forma el material se distribuye uniformemente sobre la superficie. Las partículas sólidas sedimentan y el exceso de agua escurre o se evapora. Este método invierte este proceso al incorporar agua para fluidizar los sólidos y formar una mezcla que mantiene un flujo uniforme. Este flujo es conducido gravitacionalmente al punto más bajo de la zona de extracción (banco de extracción) donde se ubica la estación de bombeo de pulpa (sumidero). Una vez que se ha retirado todo el relave sobre la cota del sumidero se pone en funcionamiento un nuevo sumidero en una cota más baja y se genera un nuevo banco de extracción. Este proceso se repite hasta extraer la totalidad del material depositado en la zona. La operación se muestra en el Gráfico N°7.

La ventaja de este método es principalmente que se puede ir escalando por lo cual ofrece un amplio rango operacional, entrega flujos constantes como alimentación a una planta concentradora, permite transportar pulpa con densidades más altas, se basa en equipos de bombeo de pulpa convencionales de alta disponibilidad y energéticamente es más eficiente que los anteriores.

La principal desventaja del método es que requiere de agua para la extracción y transporte de material. La forma de subsanar este punto es la instalación de recuperadores de agua a la salida del proceso, solución que además permite independizar el proceso de la disponibilidad de agua en el proceso.

Ilustración 7: Monitoreo Hidráulico



Las siguientes tablas resumen la aplicación del método de extracción más factible según las condiciones del depósito (Tabla N°4) y las principales características de cada método (Tabla N° 5).

Tabla 4 Aplicación Métodos de extracción relaves

Método	Relaves cubiertos de agua	No hay disponibilidad de agua	Existe disponibilidad de agua para el proceso
Remoción mecánica	No	Si	No
Dragado	Si	No	No
Monitoreo Hidráulico	No	No	Si

Fuente: Elaboración propia

Tabla 5: Resumen comparación métodos de extracción

Método	
Remoción mecánica	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fácil implementación.</li> <li>• Costos unitarios elevados</li> <li>• Dificultad para mantener flujos constantes al incrementar las tasas de remoción</li> <li>• Requiere adición de agua para proceso de tratamiento</li> </ul>
Dragado	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Costos de capital elevados</li> <li>• Baja relación material/ agua</li> <li>• Poca flexibilidad operacional</li> </ul>
Monitoreo Hidráulico	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Costos de capital medios</li> <li>• Relación material/agua adecuada</li> <li>• Flexibilidad operacional</li> <li>• Flujos constantes ( adecuados para proceso de tratamiento)</li> </ul>

Fuente: Elaboración propia

Entonces una vez determinado el valor de las reservas se debe elegir el método de extracción a aplicar y la escala de operación más rentable (en general mayores tonelajes procesados implican costos unitarios menores).

### 7.3 Otras consideraciones para evaluar el depósito a tratar

La Tabla N° 6 muestra el valor económico estimado de las reservas de algunos depósitos en Chile de los cuales se cuenta con información. Para la estimación se utiliza los siguientes supuestos:

- Precio promedio del Cobre x 2,75 US\$/lb
- Recuperación de Cobre (eficiencia) 45%

Tabla 6: Estimación valor económico reservas de mineral en tranques Chile

Depósito	Tipo	Relave disponible (Mton)	Ley de Cu (%)	Cu contenido (ton)	Valor Potencial (US\$)
Talabre	Tranque	1.500	0,32%	4.800.000	1.746.059.040
El Mauro	Tranque	518	0,15%	777.600	282.861.564
Las Tórtolas	Tranque	720	0,20%	1.440.000	523.817.712
Ovejería	Tranque	750	0,15%	1.125.000	409.232.588
Barahona 1	Tranque	23	0,30%	69.000	25.099.598
Cauquenes	Tranque	376	0,30%	1.128.000	410.323.875

Fuente: Elaboración propia, en base a datos de SERNAGEOMIN

Otro aspecto importante a considerar es si el depósito se encuentra cerrado o está aún en operación, es decir se está vaciando relave fresco aún. De la tabla anterior los depósitos Talabre, El Mauro, Las Tórtolas y Ovejería se encuentran en esta condición.

Si bien los relaves antiguos tienen en general mejor ley que los frescos, este último aporta agua para el proceso de beneficio además de su remanente de mineral. Es por esto que para tranques aún en operación es factible realizar una operación que considere el tratamiento de relaves frescos y antiguos.

De acuerdo a la Tabla N° 6 los depósitos con mayor valor económico total son Talabre (División Codelco Norte), Las Tórtolas (Angloamerican) y Cauquenes (División El Teniente Codelco). De los antes mencionados los dos que presentan mejor ley de Cu (%), es decir que para obtener la misma cantidad de cobre es necesario extraer menos son los pertenecientes a Codelco Chile.

El tranque Talabre de Codelco posee las mayores reservas y la mejor ley, sin embargo se encuentra emplazado en un distrito minero con severos problemas de abastecimiento de agua, donde además se encuentran emplazadas las operaciones de Ministro Hales y Radomiro Tomic de la misma corporación. Existe un proyecto para una planta desalinizadora que aporte agua fresca para el distrito, el que se espera para el año 2019-2020. Sin duda este depósito es el más atractivo desde el punto de vista de

las reservas, pero se requiere claridad respecto de la disponibilidad y costo del agua para establecer una operación en la zona por lo que su tratamiento en gran escala debe considerarse a futuro.

Por su parte el tranque Cauquenes se encuentra emplazado en la cordillera de la sexta región, contiguo al embalse Colihues (también de Codelco) donde se almacena agua. Además, se cuenta con aporte de agua por lluvias anuales y esteros que bajan desde la cordillera a esta cuenca.

Para el desarrollo de este trabajo y la evaluación del modelo se utilizara información disponible del tranque Cauquenes de Codelco Chile División El Teniente. Dada la disponibilidad de agua el método de extracción es el de monitoreo hidráulico.

Ilustración 8: Tranque Cauquenes



Fuente: Cierre de Relaves en División El Teniente, Codelco.

## 8. Perfil de depósitos con potencial de ser tratados en forma rentable

Para desarrollar este modelo de se deben detectar oportunidades de negocio (depósitos con valor económico y condiciones adecuadas) que pertenezcan a compañías mineras que cumplan con el siguiente perfil:

- Compañías mineras del segmento gran y mediana minería.
- Compañías mineras con más de una operación en Chile o el extranjero.
- Compañías mineras que tengan actualizados planes de cierre para sus operaciones.



Lo anterior busca concretar negocios de gran y mediana escala a largo plazo con compañías que tengan información y recursos suficientes. Si el cliente tiene más de una faena se facilita la extensión del negocio una vez probada una experiencia exitosa. Además, resulta importante que tengan áreas de Sustentabilidad que den cuenta la interior de ellas de los problemas y costos asociados a los pasivos mineros que poseen.

Las características anteriores se dan en compañías mineras mayores de cierto tamaño (medido por producción) que forman parte del Consejo Minero de Chile.

Y luego plantear al dueño el siguiente esquema:

Realización de estudio de las características del depósito para entregar propuesta de extracción y tratamiento: en esta etapa se firma un acuerdo que asegura la entrega de toda la información disponible por parte del dueño y la posibilidad de realizar visitas y obtener material para hacer pruebas metalúrgicas. El acuerdo contempla cláusulas de confidencialidad y exclusividad entre las partes.

Si el resultado del estudio entrega opciones de tratamiento rentable, los pasos a seguir dependerán de las características particulares del depósito. En general, la estrategia es la siguiente:

- a) Si el depósito está en operación (se están aun depositando relaves), entonces se comienza tratando la fracción fina de los relaves frescos. Lo anterior se puede realizar con bajas inversiones (básicamente flotación) ya que el relave fresco contiene agua y permite generar recursos en forma rápida.

El siguiente paso es el tratamiento de la fracción gruesa de los relaves frescos. Para esto se requiere agregar a la etapa anterior clasificación y molienda. Si bien los costos de una operación de esta tipo son mayores que las de solo flotación, las producciones son notablemente mayores dado que regularmente el grueso que no flotó en el proceso original es el que tiene más contenido de cobre.

Para preparar la extracción o tratamiento de los relaves antiguos contenidos en el depósito se debe proveer o asegurar agua en cantidad suficiente, por lo que se hace necesario destinar parte de los recursos obtenidos hasta aquí e invertir en recuperadores de agua.

Una vez asegurada el agua para la ampliación de la planta de tratamiento y habiendo realizado la elección del método de extracción se realizan las inversiones para extracción y la ampliación de la planta correspondiente.

- b) Si el depósito no está en operación, entonces se debe definir de inmediato el método de extracción y la escala de este. Con la finalidad de ir escalando las inversiones se recomienda tratar primeramente la fracción fina de los relaves: si no se dispone de agua en cantidad suficiente la extracción se hará por remoción mecánica y la clasificación entre finos y gruesos mediante harneros.

Al igual que con un depósito en operación la siguiente etapa es el tratamiento de la fracción gruesa del relave, para lo cual se requiere previamente tener asegurado un mayor suministro de agua y realizar inversiones mayores.

## **9. Modelo de Negocio**

Las compañías mineras realizan importantes inversiones en exploración y desarrollo de nuevos yacimientos en busca de bajar sus costos unitarios por la vía de aumentar su producción. Estos esfuerzos se centran en obtener desde sus yacimientos la mayor cantidad de mineral por unidad de material extraído o en caso de caída en las leyes de cabeza aumentar la cantidad a extraer para mantener su producción. El otro foco está dado por el aumento de la recuperación de su proceso de tratamiento (cuanto cobre se logra producir en relación al cobre total disponible como alimentación); lo que se traduce principalmente en inversiones en equipos para optimizaciones de la planta concentradora.

Dado los altos costos de inversión que estas iniciativas requieren, y los costos de capital para financiar estas iniciativas es que el tratamiento de minerales de baja ley o residuos como los relaves no forma parte de las prioridades en los planes de inversión de las compañías mineras. Por otra parte, dado que los esfuerzos están orientados al tratamiento de minerales primarios, en general la operación de los relaves sólo consiste en disponerlos adecuadamente.

Sin embargo, existen depósitos que contienen relaves de operaciones antiguas, y muchas veces rudimentarias, que presentan altos contenidos de cobre y otros minerales que tratados adecuadamente los convierten en operaciones rentables.

Se propone como modelo de negocio que el tratamiento de los residuos mineros sea realizado por una empresa especialista en este tipo de procesos, con la finalidad de recuperar cobre y otros metales de forma de generar una rentabilidad suficiente para que la empresa especialista y el propietario del depósito ganen dinero. Por otra parte, el tratamiento de los relaves por parte de un tercero especialista permite al propietario concentrarse en su negocio principal y mejorar su situación ambiental al transformar un pasivo en una operación sustentable.

Los ingresos provienen de la venta de los concentrados resultantes del proceso. La forma más atractiva para el dueño del depósito es pagar a la empresa especialista por la extracción y tratamiento y quedarse con los productos. En este esquema el propietario del depósito ve incrementada su producción total por esta vía y la empresa especialista se ahorra el proceso de comercialización ya que este sigue siendo realizado por el propietario.

El esquema antes mencionado posee además la ventaja de no complicar las relaciones laborales dentro de la empresa propietaria del depósito, ya que las organizaciones sindicales verán la nueva producción como propia, especialmente importante si la propietaria es una empresa estatal.



Los ingresos de la empresa que realiza la extracción y tratamiento son una parte de la diferencia entre los ingresos totales por la venta de concentrados y el pago de los costos de producción. Para determinar cómo se debe rentar a la empresa especialista se define como parte de la relación contractual entre el dueño del relave y la empresa que realiza el tratamiento, un factor de distribución, es decir qué porcentaje del margen corresponde a cada parte. Este factor de distribución, sirve además para ajustar las participaciones del margen ante cambios importantes en el precio de venta, costo de insumos principales o cambios tecnológicos; ya que debe revisarse periódicamente. Para determinar el factor de distribución, que idealmente debe proveer a ambas partes de una rentabilidad aceptable es necesario conocer una serie de parámetros económicos del negocio tales como: precio de venta de cobre, costos de fundición para llevar el producto a cobre fino, costos de producción, costos de mantención, costos de transporte, impuestos, royalties y crédito por subproductos entre otros.

## 9.1 Propuesta de valor

La propuesta de valor está dirigida a las compañías mineras propietarias de depósitos de relave, ya sea en operación o cerrados.

### 9.1.1 Valor económico

Incrementar los ingresos de las compañías mineras por la vía de mayor producción de cobre (y eventualmente subproductos).

**-Estudio de los depósitos y propuesta de negocio:** la empresa especialista estudia las características del relave y propone un método de extracción y tratamiento.

**-Incremento de ingresos:** El dueño del depósito recibe ingresos ya sea por el pago de derecho de tratamiento o por la vía de incrementar su producción (maquila).

**-Bajo riesgo para el propietario:** la empresa especialista gestiona los permisos y consigue el financiamiento para las inversiones a cambio de un acuerdo comercial de largo plazo.

### 9.1.2 Valor funcional

Tener un proceso complementario capaz de capturar una parte de lo que el proceso principal no recupera.

-Ante perturbaciones en la operación del concentrador que trata el mineral primario se tiene la **opción de disminuir las pérdidas** mediante la recuperación en el proceso complementario de tratamiento de relave.

-Mediante una operación coordinada **generar capacidades de emergencia** en el depósito de relaves que pueden ser utilizadas ante eventos imprevistos en el concentrador principal.

### 9.1.3 Valor de imagen

Convertir un depósito de relave, considerado un pasivo ambiental en un negocio sustentable basado en el reproceso de sus residuos.

**-Control de impactos ambientales:** la extracción y tratamiento de los relaves considera todo el monitoreo y control de las variables ambientales asociadas. Lo que antes era un costo para el negocio principal ahora está incluido en los costos de un negocio anexo que es rentable.

**-Manejo del plan de cierre:** la extracción del tranque de relaves se hace coherente con el plan de cierre de este de forma tal que aminora las obras a realizar al momento del cierre definitivo.

Por otra parte, al declarar el depósito nuevamente en operación se difiere en el tiempo el cierre de este con lo que se dispone de más plazo para completar las garantías que la ley contempla.

## 9.2 Elementos del modelo de negocios

Si se toma como referencia los tipos de modelos de negocio de Thomas Wheelen y J.David Hunger, el modelo planteado es una mezcla entre Modelo de soluciones para clientes y emprendedor. Lo anterior debido que mejora las operaciones de los clientes mineros al volver rentables minerales que están descartados; y al mismo tiempo apunta a un nicho especializado que esta fuera del foco de los grandes operadores mineros mundiales. De acuerdo a estos mismos autores un modelo de negocios está integrado comúnmente por cinco elementos:

### 9.2.1 ¿A quién sirve?

Sirve a las compañías mineras dueñas de depósitos de relaves ya que pueden obtener ingresos adicionales a su operación normal a partir de un acuerdo por el tratamiento de sus relaves. Por otra parte, el reproceso de los relaves trae beneficios operativos como el control de las variables ambientales en el depósito y beneficios financieros ya que la operación del tranque posterga la ejecución del cierre definitivo y por lo tanto extiende el plazo en que se deben completar las garantías.

Sirve al estado de Chile, ya que debe hacerse cargo de los problemas ambientales y sociales que provocan los depósitos abandonados que no tienen dueño conocido. Este modelo permite neutralizar el costo de las medidas que el estado tendía que asumir (por ejemplo monitoreos, humectación permanente, cercados, etc) .

### 9.2.2 ¿Qué proporciona?

Proporciona una forma rentable de tratar pasivos ambientales derivados de la actividad minera, generando ingresos para las partes.

### **9.2.3 ¿Cómo gana dinero?**

Los ingresos se generan por la venta de concentrado de Cobre y eventualmente Molibdeno. Si bien los relaves en general deberían tener baja ley, el costo de su extracción y procesamiento es menor que el de minerales primarios.

### **9.2.4 ¿Cómo se diferencia y sostiene la ventaja competitiva?**

Se diferencia por la especialización en el proceso de minerales de baja ley y en el perfeccionamiento del método de extracción. Para mantener la ventaja competitiva se realizan permanentes estudios e investigación sobre las operaciones de forma de detectar oportunidades de negocio antes y mejor que el resto de la industria. Por otra parte ya que se trata necesariamente de operaciones de mediano y largo plazo, una vez ya establecidos los acuerdos se tiene la exclusividad para el tratamiento y estudio permanente de la optimización del proceso bloqueando a un eventual competidor.

### **9.2.5 ¿Cómo proporciona su ventaja o servicio?**

La empresa especialista firma acuerdo preliminar (Memorándum de Entendimiento) con el dueño del depósito que le permite acceder a la información técnica con la finalidad de preparar una propuesta de negocio. Este documento comprende a lo menos cláusulas de confidencialidad y exclusividad entre las partes.

La forma de posicionarse en el mercado es lograr acuerdos de largo plazo que generen operaciones rentables para las partes. En la industria minera chilena existen pocos actores, y varios de ellos tienen más de una operación en el país por lo que los casos de éxito son ampliamente conocidos en la industria.

Para acceder a los clientes se organizan reuniones a través de las organizaciones que reúnen a los actores principales actores de la industria: Consejo Minero y Sonami.

También se difunde la oportunidad de negocio en las principales ferias de la industria minera chilena: Exponor y Expomin.

## **9.3 Recursos y capacidades necesarias**

### **9.3.1 Recursos**

#### **9.3.1.1 Recursos Físicos**

Los recursos físicos necesarios pasan en una primera etapa por oficinas equipadas para el estudio y confección de propuestas. La ubicación física de estas oficinas no es del todo relevante en el día a día, ya que una vez que se tiene la información necesaria esta se puede procesar en cualquier ubicación. Por lo demás las pruebas metalúrgicas se hacen en laboratorios o centros de investigación ya existentes y reconocidos por el mercado. Sin embargo, dado que el segmento de compañías a las que se apunta cuenta con oficinas en Santiago, donde normalmente se toman las decisiones

comerciales , resulta importante contar con una oficina en Santiago para tener cercanía con el personal que decide por parte de los clientes.

### 9.3.1.2 Recursos Tangibles

Para la etapa inicial de realización de estudios y preparación de propuestas no se requieren grandes inyecciones de capital, sin embargo se debe contar con profesionales especialistas con experiencia en diseño y operación de plantas mineras. Además se debe contar con un presupuesto para visitas a terreno, toma de muestras realización de ensayos en laboratorio y participación en ferias y seminarios acerca del tema.

La Tabla N° 7 resume un presupuesto tipo para la etapa de estudio y preparación de propuestas.

Tabla 7: Presupuesto estudios para preparación de propuesta

<b>Presupuesto Estudio Propuesta Tratamiento Tranque Relaves</b>				
Descripción	unidad	US\$/mes	meses	US\$ Total/Proyecto
<b>Dirección Proyecto</b>				
Director Proyecto	un	7.742	12	92.903
Ingeniero Proyecto	un	5.806	12	69.677
Control documental	un	2.903	12	34.839
Asesoría legal	gl	19.355	1	19.355
<b>Estudio Proceso</b>				
Servicio Ingeniería de Proceso	gl	87.097	1	87.097
Ingeniero revisor	un	5.806	8	46.452
Toma de Muestras	gl	7.258	1	7.258
Ensayos de Laboratorio (mineralogías)	gl	7.258	1	7.258
Visitas terreno, otros	gl	16.129	1	16.129
<b>Ingeniería</b>				
Jefe Ingeniería	un	6.774	8	54.194
Especialidad Mecánica-Piping	un	10.968	8	87.742
Especialidad Civil-Estructural	un	5.161	8	41.290
Especialidad Eléctrico-Instrumentación	un	10.968	8	87.742
Informática-Comunicaciones	un	3.548	8	28.387
Visitas terreno, otros	gl	14.516	1	14.516
<b>SAC (Seguridad, Ambiente, Calidad)</b>				
Ingeniero SAC	un	3.871	8	30.968
Asesorías SAC, revisiones	gl	17.742	1	17.742
Visitas terreno, otros		14.516	1	14.516
<b>Generales</b>				
Oficinas, equipos, vehiculos, seguros		12.903	12	154.839
<b>Contingencias</b>	10%		1	91.290
<b>Total</b>				<b>849.355</b>

Fuente: Elaboración propia

Una vez acordado un proyecto se desarrolla el presupuesto de inversión, para el caso de estudio y por la información con que se cuenta se revisará el tranque Cauquenes de Codelco Chile.

### **9.3.1.3 Recursos Intangibles**

El recurso intangible es la cantidad de compañías mineras que en este momento poseen depósitos de relaves en estado de pasivo ambiental, y que por lo tanto están obligadas a invertir recursos en ellos ya sea para garantizar sus planes de cierre o para mitigar efectos ambientales adversos.

Por otra parte se encuentran las compañías mineras que han debido enfrentar atrasos e incremento de costos en sus expansiones, y que por lo tanto requieren mostrar resultados en el mediano y corto plazo (incrementos de producción). Este recurso puede considerarse como una base de datos de clientes disponible.

### **9.3.2 Capacidades**

Las principales capacidades para llevar adelante este modelo son:

Capacidad para encontrar y contactar a las compañías mineras dueñas de depósitos de relaves factibles de tratar rentablemente. Esto supone conocer de antemano una estimación real del potencial del depósito y de la situación de la compañía en cuanto a sus niveles de producción actual y esperada, estado de avance de sus proyectos y desempeño ambiental.

Capacidad para, previo estudio de cada caso, generar en corto plazo propuestas de negocio atractivas para los clientes mineros. Para lograr este objetivo se deben diseñar propuestas escalables (de forma de tener resultados desde el corto plazo) y con acuerdos económicos de riesgo compartido.

Capacidad para lograr acuerdos de largo plazo con proveedores de equipos con representación nacional para manejo de repuestos y reemplazos. La disponibilidad de las operaciones es fundamental para lograr los compromisos de producción que se planteen.

## **9.4 Competencias centrales y distintivas**

La competencia central radica en el conocimiento y la organización para diseñar y operar la extracción y tratamiento de depósitos de relaves.

Muchas compañías mineras poseen unidad de relaves generalmente encargada de sus disposición e incluso plantas de tratamiento de relave a la salida de su concentradora; sin embargo dado que el foco está puesto en el material primario normalmente los resultados son modestos. Por otra parte existen compañías que se dedican a la remoción de tranques de relave para su traslado (por ejemplo Fraser Alexander de Sudáfrica) sin considerar su tratamiento, por lo que por ejemplo no extraen a tasas constantes. La competencia central es por lo tanto distintiva ya que une dos procesos

que se han trabajado por separado (extracción y tratamiento) haciéndolos compatibles y rentables.

## **9.5 Análisis de la ventaja competitiva y su sostenibilidad**

### **9.5.1 Durabilidad**

La competencia central es la capacidad de estudiar depósitos de relave y diseñar procesos de extracción y tratamiento que los vuelvan rentables. Desde ese punto de vista, y dado que se desarrolla una especialización al respecto, es improbable que esta capacidad entre en obsolescencia.

### **9.5.2 Imitabilidad**

La competencia central requiere de alta especialización y experiencia por lo que su copia se dificulta, sin embargo las compañías dueñas de los depósitos y otras empresas tales como proveedores de equipos podrían verse tentadas a realizar ellos mismos los procesos de extracción y tratamiento. La forma de evitarlo es con acuerdos contractuales suficientemente atractivos y de largo plazo de forma de bloquear el ingreso de competidores por lo menos a los depósitos con más potencial.

## **10. Caso particular (Tranque Cauquenes Codelco El Teniente)**

### **10.1 Estimación de reservas**

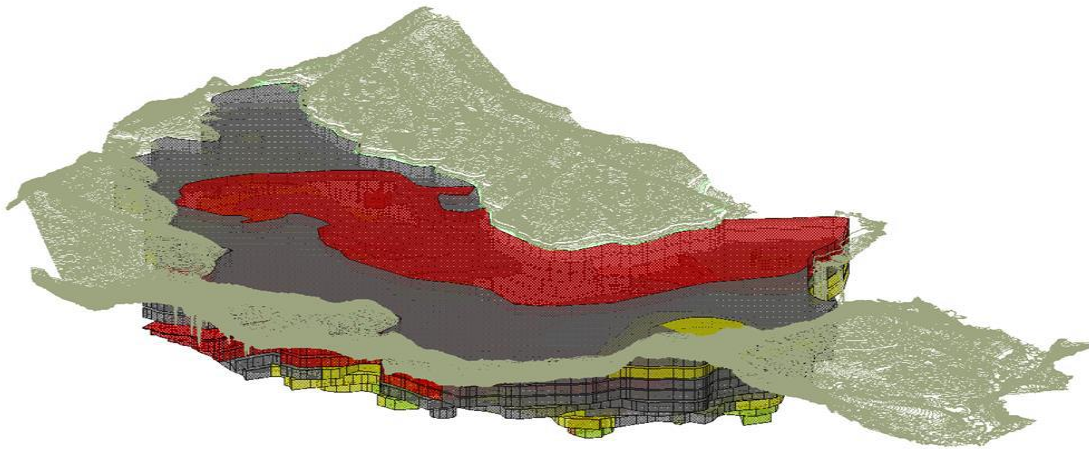
De acuerdo a lo planteado en el Capítulo 7 (Selección de depósitos de relaves factibles de tratar de forma rentable) para ilustrar la oportunidad y rentabilidad del negocio se revisará este en base al diseño para la extracción y tratamiento del tranque Cauquenes de la División El Teniente de Codelco Chile. Este tranque se encuentra emplazado en la Hacienda Cauquenes ubicada en la comuna de Requínoa en la Región de Libertador Bernardo O'higgins, posee una extensión aproximada de 700 hectáreas y una profundidad máxima de 55 metros. El tranque operó entre los años 1936 y 1977, encontrándose actualmente sin operación.

El primer paso es la estimación de las reservas mineras existentes. Para el Tranque Cauquenes se cuenta con información proveniente de 3 campañas de sondajes realizadas los años 1984, 1998 y entre 2011 y 2012 que permiten realizar un modelo completo del depósito.

A partir del análisis de la información de los sondajes y confeccionando un modelo tridimensional se tiene:

- Toneladas y volúmenes de relave contenido
- Profundidad de relave
- CuT y Mo por elevación
- Identificación de ley de Cu y Mo diferenciada por color

Ilustración 9: Modelo Tridimensional Tranque Cauquenes



Fuente: Estudio Tranque Cauquenes SRK Consulting

A partir del modelo es posible concluir que el material total depositado en el Tranque Cauquenes es de 360,5 millones de toneladas de los cuales es factible extraer 327,0 millones. Además el modelo separa el volumen el tranque en capas de 5 metros para caracterizar el relave contenido por cotas.

Tabla 8: Distribución de material en tranque Cauquenes

<b>Cotas [m.s.n.m.]</b>	<b>Volumen [m3]</b>	<b>Toneladas[Ton]</b>	<b>% del total</b>
719-715	37.801.193	51.863.237	14,4%
714-710	39.137.432	53.696.557	14,9%
709-705	38.493.262	52.812.756	14,6%
704-700	34.560.653	47.417.216	13,2%
699-695	36.527.085	50.115.160	13,9%
694-690	30.093.940	41.288.886	11,5%
689-685	25.124.028	34.470.167	9,6%
684-680	14.834.032	20.352.292	5,6%
679-675	5.405.146	7.415.860	2,1%
674-670	798.979	1.096.200	0,3%
<b>Total</b>	<b>262.775.751</b>	<b>360.528.331</b>	<b>100,0%</b>

Fuente: Fuente: Estudio Tranque Cauquenes SRK Consulting

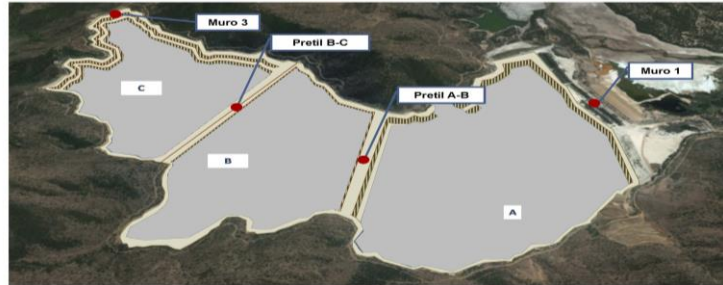
También se concluye que por la topografía inicial (una cuenca rodeada de cerros) existe más material en la parte alta del depósito lo cual es beneficioso para un proyecto de

extracción y tratamiento ya que se pueden obtener volúmenes interesantes al principio de la operación.

## 10.2 Método y Plan de extracción

Dado que se cuenta con agua suficiente en la zona se plantea como método de extracción el monitoreo hidráulico, y se divide el depósito en 3 zonas a extraer: Zona A, B y C de acuerdo al plan de extracción que se detalla más adelante.

Ilustración 10: Zonas Tranque Cauquenes



Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con esta división las cantidades de recursos y sus leyes son las siguientes:

Tabla 9: Distribución recursos tranque Cauquenes

Zona	Material Extraíble [Ton]	Cobre Total [Ton]	Ley Cu %	Molibdeno [Ton]	Ley Mo %
<b>A</b>	155.806.056	462.764	0,2970	30.441	0,01953
<b>B</b>	85.637.496	230.340	0,2689	28.205	0,03298
<b>C</b>	85.610.769	263.212	0,3074	20.411	0,02384
<b>Total</b>	<b>327.054.321</b>	<b>956.316</b>	<b>0,2924</b>	<b>79.058</b>	<b>0,02417</b>

Fuente: Elaboración propia

Es decir las reservas totales extraíbles son de 956.316 toneladas de cobre con una ley promedio de 0,2924 y 79.058 toneladas de molibdeno con una ley promedio de 0,02417.

Para la definición del plan de extracción se deben considerar como condiciones de contorno aspectos operacionales de la División El Teniente Codelco, ya que los descartes que el proceso de tratamiento de los relaves antiguos generará irán a la canal de relaves existente junto a los relaves frescos de la División. En este sentido, es importante mencionar que esta canal tiene una capacidad portante disponible de 60.000 ton/día hasta la entrada del proyecto Nuevo Nivel Mina, estimada para el año 2025, en que esta disponibilidad baja a 40.000 ton/día.



Con la consideración anterior el plan de extracción general de extracción del tranque Cauquenes queda definido de la siguiente forma:

Tabla 10: Plan de extracción tranque Cauquenes

<b>Año</b>	<b>Días de operación</b>	<b>Tasa de extracción [ktpd]</b>	<b>Total extraído Miles de ton/año</b>
2016	345	56,3	19.406,2
2017	350	60	21.000,0
2018	350	60	21.000,0
2019	350	60	21.000,0
2020	350	60	21.000,0
2021	350	60	21.000,0
2022	350	60	21.000,0
2023	350	60	21.000,0
2024	350	60	21.000,0
2025	350	60	21.000,0
2026	350	40	14.000,0
2027	350	40	14.000,0
2028	350	40	14.000,0
2029	350	40	14.000,0
2030	350	40	14.000,0
2031	350	40	14.000,0
2032	350	40	14.000,0
2033	350	40	14.000,0
2034	166	40	6.648,1
<b>Total</b>			<b>327.054,3</b>

Fuente: Elaboración propia

Con este plan se extrae la totalidad de las reservas en un plazo de 19 años.

### 10.3 Secuencia de extracción

Una vez definido el plan de extracción general considerando las condiciones de contorno (básicamente la operación de la canal de relaves) se establece la secuencia de operación de la extracción. De acuerdo a los volúmenes contenidos en las 3 zonas definidas se propone la siguiente:

2016-2023: Durante este período se extraen 155.806.056 toneladas, para lo cual en la zona A operarán sucesivamente 5 sumideros (A1,A2,A3,A4 y A5) cada 10 metros de profundidad. A partir del año 2023 se comienza a operar la zona B con el sumidero B1 (24.883.000 toneladas) en forma simultánea al sumidero A5.

2023-2028: se considera la extracción de 85.637.496 toneladas de relave desde la Zona B del tranque Cauquenes, mediante la operación sucesiva de 5 Sumideros (B1, B2, B3, B4 y B5 respectivamente). El año 2028, se produce simultaneidad de operación de las Zonas B (Sumidero B5, 3.042.000 toneladas de relave) y la Zona C (Sumidero C1, 25.816.000 toneladas de relave).

2028-2034: se extrae la Zona C con 85.610.769 toneladas de relave, mediante la operación en secuencia de 5 Sumideros (C1, C2, C3, C4 y C5 respectivamente).

Dado que se conocen las leyes por capas de cobre y molibdeno y la secuencia y volúmenes de extracción es posible determinar las leyes promedio por año con que se contará durante el proceso de extracción:

Tabla 11: Ley promedio de cobre total por año de extracción

Año	Ley cobre total %
2016	0,293
2017	0,293
2018	0,292
2019	0,292
2020	0,293
2021	0,293
2022	0,314
2023	0,303
2024	0,287
2025	0,261
2026	0,236
2027	0,266
2028	0,289
2019	0,296
2030	0,326
2031	0,333
2032	0,306
2033	0,295
2034	0,282

Fuente: Elaboración propia

Tabla 12: Ley promedio de molibdeno total por año de extracción

Año	Ley molibdeno total %
2016	0,0097
2017	0,0097

2018	0,0189
2019	0,0215
2020	0,0228
2021	0,0238
2022	0,0266
2023	0,0171
2024	0,0093
2025	0,0157
2026	0,0241
2027	0,0240
2028	0,0115
2029	0,0089
2030	0,0111
2031	0,0120
2032	0,0203
2033	0,0213
2034	0,0201

Fuente: Elaboración propia

#### 10.4 Proceso de extracción

Como ya se ha mencionado la extracción del relave desde el tranque se realizará mediante el método de monitoreo hidráulico que considera las siguientes etapas:

- Construcción de un sumidero en un sector del tranque.
- Inicio de la extracción mediante un sistema de monitoreo hidráulico.
- Reposicionamiento del sistema de monitoreo hidráulico y avance de la extracción.
- Fin de la extracción en un sector y comienzo en el siguiente.

El procedimiento se repite hasta alcanzar la profundidad total del tranque (60 m ), manteniéndose terrazas entre cada capa de relave extraído, y una zona de seguridad desde el eje de los muros, que varía entre los 10 m y los 150 m según muro.

La operación típica mediante monitores, considera el suministro de agua en baja presión, la cual es incrementada a alta presión (típicamente a 30 bar) y luego distribuida a los monitores. Los monitores disgregan y fluidizan el material, obteniendo la pulpa a transportar, que luego fluye gravitacionalmente hacia el punto de colección (sumidero). La pulpa es luego bombeada hacia la planta de tratamiento.

##### 10.4.1 Equipos e instalaciones principales

La extracción desde el tranque considera los siguientes equipos principales:

Estación de agua en baja presión: consiste en un embarcadero para tomar agua desde la zona de la laguna del tranque y llevarla hasta el estanque de la estación re impulsora.

La instalación consta de 11 bombas horizontales con motor de 75HP c/u, 10 operando y 1 stand by.

Estación re impulsora: el agua que llega desde la estación de baja presión es re impulsada hacia la estación elevadora de presión por 8 bombas centrifugas con motor de 400 HP c/u.( 6 operando , 2 stand by)

Estación elevadora de presión: cuenta con 14 bombas multi etapas (12 operando y 2 stand by) cada una con motor de 450 HP.

Monitores hidráulicos: con capacidad de ser operados remotamente, cada uno puede remover aproximadamente 9.000 a 10.000 toneladas por día (t.p.d.). Para la operación de a 60.000 t.p.d.se requiere contar con 9 unidades, 6 operando y 3 en cambio de posición.

Sumideros: estructuras soportantes de las bombas colectoras de pulpa, 10 equipos verticales de 220 HP c/u. la cantidad de equipos y su punto de operación depende de las profundidad del sumidero y las características del material removido.

Estación de re impulsión de pulpa: constituida por 5 bombas horizontales de 500 HP c/u su punto de operación dependerá de su cota con respecto al punto de entrega a la planta procesadora.

Todo lo anterior conectado por líneas de agua (acero carbono) y pulpa (HDPE) con sus respectivos cajones, estanques, manifols y válvulas asociadas.

Para el accionamiento y control del sistema se requiere de una línea eléctrica de alimentación general, sub estaciones eléctricas, salas eléctricas y de control.

#### **10.4.2 Estimación Capex Extracción**

Para realizar esta estimación se utilizaron valores de mercado de los principales equipos y suministros y se supuso que el costo de montaje de estos equivale al 40% de su costo. Dado que existen costos en pesos y dólares se convirtió todo a dólares americanos con una tasa de cambio de 620 pesos por dólar.

La ingeniería e inspección se considera como un 10% del total de la inversión y las contingencias el 7%.

Tabla 13: Estimación Capex extracción

<b>Presupuesto Extracción Tranque Cauquenes</b>				
Descripción	unidad	cantidad	US\$ unitario	MUS\$ Total/Proyecto
<b>Ingeniería</b>				
Ingeniería e inspección	gl	1		1,60
<b>Sumideros</b>				
Movimiento de tierra	gl	1	857.258	0,86
Estructuras	kg	65.000	4	0,28
Equipos de bombeo	un	12	88.226	1,06
Equipos de levante	un	9	6.704	0,06
<b>Sistema de monitoreo hidráulico</b>				
Monitores hidráulicos	un	8	77.903	0,62
<b>Estacion de bombeo agua baja presión</b>				
Equipo de bombeo	un	15	133.636	2,00
Estructuras	gl	1	213.877	0,21
Piping	gl	1	719.066	0,72
<b>Estación de bombeo agua alta presión</b>				
Movimiento de tierra	gl	1	170.468	0,17
Obras civiles	gl	1	166.178	0,17
Equipo de bombeo	un	14	79.076	1,11
Estructuras	gl	1	97.244	0,10
Piping	gl	1	2.115.851	2,12
<b>Bombeo Pulpa</b>				
Equipo de bombeo	un	5	165.134	0,83
Piping	gl	1	2.121.432	2,12
<b>Electricidad Instrumentación</b>				
Sala eléctrica equipada con CCM	un	3	671.863	2,02
PLC, gabinetes	gl	1	201.250	0,20
Sala de control	un	1	94.702	0,09
Instrumentación	gl	1	202.029	0,20
Línea eléctrica	gl	1	199.316	0,20
<b>Instalaciones Generales</b>				
Oficinas Generales	mt2	180	968	0,17
Sala de cambio	mt2	120	887	0,11
Comedor	mt2	180	935	0,17
Bodega, talleres	mt2	300	887	0,27
<b>Habilitaciones Comunicaciones Informática</b>				
Comunicaciones , Informática	gl	1	134.758	0,13
<b>Contingencias</b>	7%	1		1,12
<b>Total</b>				<b>18,70</b>

Fuente: Elaboración propia

## 10.5 Proceso de Tratamiento

De la caracterización de los minerales y las pruebas metalúrgicas se puede concluir que el relave extraíble corresponde a aproximadamente 327 millones de toneladas con una ley promedio de cobre total de 0,292% por lo que el cobre fino disponible es poco más de 956 mil toneladas.

A partir de las muestras tomadas y sometidas a análisis se concluye que existen contenidos altos de minerales sulfurados y pocos minerales de tipo óxido. Los minerales sulfurados más abundantes son Calcosina, Digenita, Covelina, Bornita, responden de forma adecuada a la flotación convencional de sulfuros. Por lo anterior, y considerando las granulometrías encontradas el tratamiento se basará en flotación convencional previo etapas de clasificación y molienda.

Por otra parte se concluye de la estimación de reservas que hay 79 mil toneladas de molibdeno con una ley media de 0,02417%. Para recuperar el molibdeno se construye una planta especial basada en separar el molibdeno presente en el concentrado colectivo final del proceso de recuperación de cobre. La separación se lleva a cabo en celdas con la aplicación de reactivo depresante.

El proceso general se describe en el Diagrama proceso Tranque Cauquenes Anexo C.

### 10.5.1 Equipos e Instalaciones Principales

La planta de tratamiento considera los siguientes equipos principales:

Molienda y clasificación: el relave extraído será sometido a una etapa de clasificación con el fin de descartar el material ultra fino que no es posible flotar. La clasificación se realiza mediante ciclones alimentados en circuito cerrado por 3 bombas horizontales con motor de 450 HP c/u (2 operando y 1 stand by). Para la molienda se requiere la instalación de 7500 HP en 4 molinos de bolas.

Flotación: Para la flotación de los relaves extraídos del tranque Cauquenes se requiere de 4078 m<sup>3</sup> en 3 bancos de celdas de 1019 m<sup>3</sup> c/u accionadas por motores de 220 HP, 4 bancos de celdas de 212 m<sup>3</sup> c/u accionadas por motores de 150 HP y 2 bancos de celdas de 85 m<sup>3</sup> c/u accionadas por motores de 75 HP. Estas celdas consideran la inyección de aire forzado mediante sopladores y todo el sistema de control asociado. Dentro de la flotación se debe considerar un molino para remoler con una potencia de 2500 HP.

Planta de Molibdeno: a partir del concentrado final obtenido del proceso de tratamiento de cobre y almacenado en el espesador mixto se inicia el proceso de separación cobre molibdeno. El insumo fundamental de este proceso es el reactivo TIOFOS que permite depresar el molibdeno separándolo del cobre.

El proceso se realiza en celdas de flotación con un volumen total de 3450 pie<sup>3</sup>, que mediante distintas etapas de limpieza permiten obtener un concentrado de molibdeno comercial con una concentración de 44 %. Este concentrado es luego sometido a filtrado y secado para ser almacenado en sacos de 1200 kgs.

El proceso general se muestra en el Diagrama Proceso de recuperación de Molibdeno Anexo C

Planta de Cal: consiste en un silo de acopio, dos molinos de preparación y tres estanques agitadores para la lechada preparada. Lo anterior se complementa con un sistema de bombeo hacia los puntos de aplicación: molienda y flotación.

Sistema de recuperación de agua: un espesador de 100 m de diámetro capaz de recuperar hasta 400 lts. / seg. a partir de la pulpa. Consta de equipos de bombeo de agua y pulpa, preparación y dosificación de reactivos y control y monitoreo de las variables operacionales.

Sistema de filtrado y secado: se considera un sistema de espesamiento para luego pasar a un filtro de prensa que entregue concentrado con una humedad de 10% aproximada para ser acopiada previo a despacho.

Todo lo anterior requiere de líneas de pulpa, cajones, bombas para los traspasos, accionamientos y control eléctrico mediante sub estaciones, salas eléctricas y de control.

Instalaciones anexas consideradas: planta de cal, planta de preparación de reactivos, estanques de acopio de reactivos e insumos y bascula de pesaje.

Instalaciones personal: se considera las siguientes instalaciones para la operación y mantención: oficinas generales, salas de cambio, comedores, sala primeros auxilios, talleres de mantenimiento y bodegas.

## 10.5.2 Estimación Capex Tratamiento

Tabla 14: Estimación Capex tratamiento

<b>Presupuesto Procesamiento Tranque Cauquenes</b>				
Descripción	unidad	cantidad	US\$ unitario	MUS\$ Total/Proyecto
<b>Ingeniería</b>				
Ingeniería e inspección	gl	1		6,94
<b>Clasificación</b>				
Movimiento de tierra	gl	1	471.774	0,47
Obras civiles	gl	1	912.941	0,91
Estructuras	gl	1	772.710	0,77
Piping	gl	1	408.791	0,41
Baterías de ciclones	un	10	101.613	1,02
Equipos de bombeo	un	5	100.894	0,50
<b>Molienda</b>				
Movimiento de tierra	gl	1	958.065	0,96
Obras civiles	gl	1	2.761.209	2,76
Estructuras	gl	1	2.462.702	2,46
Molinos de bolas	un	4	3.667.097	14,67
Equipo de bombeo	un	4	133.677	0,53
Piping	gl	4	305.260	1,22
<b>Flotación</b>				
Movimiento de tierra	gl	1	209.677	0,21
Obras civiles	gl	1	1.723.702	1,72
Piping	gl	1	711.559	0,71
Celdas de flotación	un	44	101.771	4,48
Planta de cal	gl	1	1.761.938	1,76
Planta Molibdeno	gl	1	7.341.935	7,34
Planta filtrado secado	gl	1	704.516	0,70
Planta recuperación agua	gl	1	16.354.839	16,35
<b>Electricidad Instrumentación</b>				
SW, SalaS eléctrica equipada, CCM	un	4	1.800.896	7,20
PLC, gabinetes	gl	1	301.875	0,30
Sala de control	un	1	142.054	0,14
Instrumentación	gl	1	303.044	0,30
Linea eléctrica	gl	1	362.097	0,36
<b>Instalaciones Generales</b>				
Oficinas Generales	mt2	220	968	0,21
Sala de cambio	mt2	180	887	0,16
Comedor	mt2	180	935	0,17
Bodega, talleres	mt2	450	887	0,40
<b>Habilitaciones Comunicaciones Informática</b>				
Comunicaciones , Informática	gl	1	188.661	0,19
<b>Contingencias</b>				
	7%	1		4,86
<b>Total</b>				<b>81,22</b>

Fuente: Elaboración propia



## **10.6 Suministros principales**

Agua industrial y agua potable: la cantidad de agua fresca necesaria se determina principalmente en función del contenido de humedad de los relaves y del porcentaje de sólidos del relave procesado.

En este caso, el agua fresca será suministrada desde la laguna del tranque. Para ello, se instalarán bombas flotantes desde donde se impulsará el agua hasta una estación fija, ubicada en la periferia del tranque. Desde esta estación fija, el agua será impulsada hacia los distintos sectores.

El agua industrial utilizada en el proceso se recupera y se recircula al proceso. En temporada de escasez se apoya con agua desde canales de regadío mediante contratos de arriendo.

Para el caso del agua potable para consumo humano, esta será adquirida en botellas para uso diario, mediante abastecimiento de una empresa proveedora en el mercado local. Para uso doméstico se suministrará en camiones aljibe desde una cooperativa rural cercana que cumple con la normativa vigente y aplicable al servicio.

Suministro de energía: la energía será suministrada desde el sistema interconectado central mediante un contrato de largo plazo. Para efecto de evaluación económica se considerará el precio de la energía como un precio total equivalente, esto es el precio de la energía expresado en US\$/MWh incluye los cargos por potencia, energía reactiva, peajes, sistemas complementarios y porcentaje de energía renovable no convencional.

Elementos moledores y reactivos: para estos suministros se establecen contratos directos con proveedores, generalmente a 2 años plazo. Para efectos de evaluación se utilizarán los valores medios del mercado en cada caso.

Repuestos de maquinarias y equipos: en esta caso existen contratos por consignación para los elementos de desgaste de los equipo de bombeo (los de mayor desgaste y costo de mantención) por lo que su costo se considera dentro del costo asociado a mantención y servicios. Para los repuestos críticos y de mayor tiempo de entrega se consideraran como repuestos de capital y estarán considerados dentro de gastos de capital (Capex) de sustentación para cada año de operación. Este capex de sustentación considera también las mejoras y modificaciones menores que año a año se deben realizar a las instalaciones, así como el traslado de las instalaciones de extracción dentro del tranque en la medida en que el proceso cambia de ubicación y profundidad.

## **10.7 Servicios**

Transporte de concentrado: este transporte se paga por tonelada de concentrado de cobre transportada desde la planta ubicada en el sector Hacienda Cauquenes en la sexta región hasta la fundición Ventanas de Codelco Chile (recorrido de 350 kilómetros de distancia). Cada camión se tara a su llegada a la planta, luego se carga, muestrea e

instalan sellos a la carpa protectora. A continuación se pesa y genera la guía de despacho que acompaña el transporte.

Transporte personal: de acuerdo a los turnos definidos se generan recorridos desde Rancagua a Hacienda Cauquenes. Cada viaje involucra un recorrido promedio 50 kilómetros, utilizando microbuses de 25 pasajeros c/u que se distribuyen en diferentes recorridos.

Alimentación personal: se provee de las instalaciones de casino para calentar y servir comida con capacidad para 155 personas. El contratista debe proveer personal durante los tres turnos y reposición de útiles menores para su correcto funcionamiento. La tarifa se estima en 39.000 US\$/mes.

Se autoriza al contratista a vender productos previamente elaborados y establecer convenios con empresas que estén prestando servicios al interior de la faena.

Aseo instalaciones y ropa de trabajo: para este servicio se consideran las instalaciones consideran oficinas, casinos y salas de cambio. El servicio debe considerarse turnos A y B para oficinas y A, B, C para salas de cambio y casinos. En todos los casos el servicio incluye personal y materiales de aseo necesarios.

Para el caso de la ropa de trabajo, cada trabajador operario tiene 3 mudas y entrega 1 a lavado a la salida de cada secuencia de turno (antes de tomarse descanso). La tarifa incluye lavado, secado y planchado por muda, se considera un 20% más por eventuales reparaciones.

Ambos servicios se dejan en manos de un contratista único local de forma de generar un contrato atractivo por economía de gastos de administración y generales.

Abastecimientos, pesaje: este servicio considera gestión de compras: recepción de requerimientos, proceso de cotización, validación de la aceptación de ofertas, generación orden de compra, seguimiento de despacho y transporte, aviso de recepción conforme, seguimiento del ciclo con el pago. Además se considera la administración de la bodega general para lo cual se requiere personal en turno A y atención de emergencias para B y C. Por otra parte el servicio de pesaje considera personal en los 3 turnos en bascula y entrega de información a aéreas involucradas.

Asesorías legales y contables: consiste en apoyo legal para revisión de contratos, conflictos laborales y comerciales. La asesoría contable consiste en revisión de tributación y pago de auditorías.

## **10.8 Organización**

La organización necesaria se estima debe contar con al menos 8 áreas funcionales: Dirección, Producción, Ingeniería y Desarrollo, Mantenimiento, Recursos Humanos, Contabilidad y Finanzas, Sustentabilidad y Seguridad, Ambiente y Calidad. Cada una de estas áreas reporta a la dirección de la empresa y posee los recursos humanos y técnicos para desarrollar su función.

Tabla 15: Distribución general de la organización

<b>Organización</b>	
Dirección	3
Ingeniería & desarrollo	9
Recursos Humanos	6
Operaciones	80
Mantenimiento	39
Contabilidad & Finanzas	5
Sustentabilidad	2
Seguridad, Ambiente, Calidad	12
<b>Total Organización</b>	<b>156</b>

Fuente: Elaboración propia

### 10.8.1 Dirección

Compuesta por Gerente General y Jefe General Planta, su misión es dirigir el funcionamiento de la empresa, cumpliendo con sus objetivos operacionales y financieros y además gestar nuevas operaciones. La Dirección de la empresa reporta al Directorio o la estructura que los dueños definan para este efecto.

Tanto la gerencia general como todas las áreas se ubican físicamente en la faena, y sólo la gerencia general cuenta con secretaria.

### 10.8.2 Producción

Debe operar en forma continua la planta maximizando los resultados mensuales en cuanto a producir concentrado de cobre y molibdeno a mínimo costo.

Dado que la operación es continua, el área de producción para extracción funciona bajo la dirección de un Jefe General Extracción en esquema de turnos rotativos compuestos de la siguiente forma:

- 1 Jefe de turno extracción
- 3 Operadores de Monitores Hidráulicos
- 1 Operador Estación de Alta Presión
- 2 Operadores Sumidero
- 2 Operadores Maquinaria (Excavadora, Retroexcavadora)

El sistema de turnos es 3 turnos diarios de 8 horas cada uno (Turno A: 8:00 A.M. a 16:00 P.M, Turno B: 16:00 P.M. a 24:00 P.M., Turno C: 00:00 A.M. a 8:00 A.M.); para lo cual se requiere de 4 grupos que trabajan 6x1, 6x2 y 6X3 (trabajo x descanso) sucesivamente.

Para la planta de tratamiento se requiere un Jefe General Planta Tratamiento, un Jefe de Metalurgia y también 4 grupos rotando en turnos idénticos a los grupos de extracción, cada uno de estos grupos de operación se compone de:

- 1 Jefe de turno Planta

- 2 operadores Molienda
- 3 operadores Flotación
- 2 operadores Recuperación agua industrial
- 2 operadores Planta Molibdeno
- 1 operador Sala de control

### **10.8.3 Mantenimiento**

Para mantener la disponibilidad de los equipos e instalaciones se dispone de personal de especialidad mecánica, eléctrica e instrumentación y servicios generales. Las mantenciones preventivas o por catálogo (recomendación del fabricante por horas de funcionamiento) se realizan en turno de día (Turno D: 8:00 A.M. a 17:00 P.M. de lunes a viernes) en que además se dispone de los equipos de apoyo (grúa, camión pluma, generador portátil) y atención de bodega. Adicionalmente, se dispone de personal en turnos (1 especialista eléctrico y 1 especialista mecánico) para una primera atención de emergencias en los turnos B y C de lunes a domingo. La organización se compone de:

- 1 Jefe general de mantenimiento
- 3 analistas ( 1 por especialidad)
- 1 Jefe mantenimiento mecánico
- 1 Jefe mantenimiento eléctrico instrumentación
- 1 Jefe de servicios generales
- 15 Electromecánicos (mantención mecánica)
- 15 Electromecánicos (mantención eléctrica)
- 5 Electromecánicos (servicios)

### **10.8.4 Ingeniería y desarrollo**

Tanto la extracción como el tratamiento de los relaves se realizan a partir de un plan minero basado en la distribución de las reservas en el depósito; por lo que es necesario ir ajustando las instalaciones para hacerlas compatibles con las distintas etapas del proyecto. Dado que una de las ventajas del operador es su especialización es relevante que cuente con un equipo de ingeniería y desarrollo propio, que si bien puede subcontratar apoyo de terceros, vele por una permanente optimización del proceso y el resguardo de la información.

Dentro de la organización de Ingeniería y desarrollo se cuenta con un ingeniero en informática que aparte de desarrollar la parte de datos y comunicaciones para los proyectos, está a cargo del soporte para la organización en general para lo cual cuenta con apoyo de tercero. El equipo de Ingeniería y desarrollo se compone de:

- 1 Jefe Ingeniería y desarrollo
- 1 Ingeniero de procesos
- 1 Ingeniero especialidad mecánica
- 1 Ingeniero especialidad eléctrica
- 1 Ingeniero especialidad instrumentación
- 1 Ingeniero especialidad informática
- 2 proyectistas

1 control documental

### **10.8.5 Contabilidad y Finanzas**

Realiza la gestión de tesorería y pago de remuneraciones y proveedores, además de mantener al día la contabilidad de la empresa. Dependiendo de la política del directorio administra los fondos disponibles mediante inversiones u otros. Para lo anterior se requiere:

1 Jefe de contabilidad y finanzas  
1 contador general  
3 analistas de cuentas

### **10.8.6 Recursos Humanos**

Dada la especialización requerida para llevar a cabo los procesos de extracción y tratamiento de relaves y la poca experiencia existente en el mercado; es necesario que existan procesos de reclutamiento y capacitación exhaustivos. La evaluación permanente de las condiciones y desempeño del personal permitirán mantener la ventaja competitiva. Para cumplir con estos objetivos se requiere:

1 Jefe de recursos humanos  
1 Encargado de personal  
1 Encargado de capacitación  
3 analistas de personal

### **10.8.7 Sustentabilidad**

Su misión es monitorear permanentemente la relación de la empresa con los grupos de interés, en particular comunidad y autoridades. Debe crear lazos con estos grupos de forma de anticipar posibles conflictos y facilitar su solución.

### **10.8.9 Seguridad, Ambiente y Calidad**

Liderada por el Jefe SAC, apoya a las demás áreas en el cumplimiento de los estándares SAC definidos por la Dirección. Dado el régimen de turnos seguido por la Operación se hace necesario que en cada turno exista un inspector SAC tanto para Extracción como para Tratamiento.

SAC debe contar con un presupuesto anual para el desarrollo de campañas asociadas a su función, así como contratación de cursos especiales y auditorías externas.

### **10.9 Ingresos por venta de concentrado de Cobre y Molibdeno**

Los ingresos provienen de la venta del concentrado de cobre y molibdeno que se generan a partir del tratamiento de los relaves extraídos al precio de mercado para la libra de cobre y Molibdeno. Estos concentrados deben ser comerciales, es decir con una ley mínima y humedad máxima para ser recibidos por fundiciones nacionales. Dado

que en ambos casos se valoriza la libra al precio de producto terminado, es necesario aplicar los cargos de la fundición al concentrado para lograr equivalencia con los precios de mercado. Estos cargos son de tratamiento, aplicado sobre las toneladas de concentrado que se entregan a la fundición (112 US\$/tonelada) y el cargo de fusión que se aplica sobre las libras equivalentes de cobre (0,072 US\$/lb). El concentrado de cobre contiene además otros minerales que en general son considerados como impurezas por las fundiciones y por los cuales se aplica un castigo en el pago de estos. Distinto es el caso de la Plata por la cual se obtienen ingresos (estimados en US\$ 1.750.000 /año).

Tabla 16: Ingresos por venta de cobre y molibdeno

Ingresos por venta concentrados Cobre y Molibdeno													
año	Precio Cu	Precio Mo	Producción Cu	Producción Mo	Venta Cu	Venta Mo	Costo Tratamiento Cu	Costo Refinación Cu	Ingresos Ag	Multas Impurezas	Costo Tratamiento Mo	Ingresos	
	US\$/Lb	US\$/Lb	Lbs	Lbs	US\$	US\$	US\$	US\$	US\$	US\$	US\$	US\$	
2016	2,75	11	64.181.373	2.921.567	176.498.777	32.137.235	10.868.659	4.621.059	1.750.000	120.000	10.926.660	183.849.634	
2017	2,75	11	65.111.538	2.963.908	179.056.730	32.602.992	11.026.176	4.688.031	1.750.000	120.000	11.085.017	186.490.498	
2018	2,75	11	64.889.315	5.775.038	178.445.615	63.525.417	10.988.544	4.672.031	1.750.000	120.000	21.598.642	206.341.815	
2019	2,75	11	64.889.315	6.569.488	178.445.615	72.264.363	10.988.544	4.672.031	1.750.000	120.000	24.569.883	212.109.520	
2020	2,75	11	65.111.538	6.966.712	179.056.730	76.633.836	11.026.176	4.688.031	1.750.000	120.000	26.055.504	215.550.855	
2021	2,75	11	65.111.538	7.272.270	179.056.730	79.994.969	11.026.176	4.688.031	1.750.000	120.000	27.198.290	217.769.203	
2022	2,75	11	69.778.236	8.127.831	191.890.148	89.406.142	11.816.448	5.024.033	1.750.000	120.000	30.398.088	235.687.720	
2023	2,75	11	67.333.775	5.225.034	185.167.881	57.475.377	11.402.496	4.848.032	1.750.000	120.000	19.541.628	208.481.102	
2024	2,75	11	63.778.196	2.841.685	175.390.039	31.258.538	10.800.384	4.592.030	1.750.000	120.000	10.627.903	182.258.261	
2025	2,75	11	38.666.920	3.198.169	106.334.031	35.179.860	6.547.968	2.784.018	1.750.000	120.000	11.961.153	121.850.752	
2026	2,75	11	52.444.788	7.363.937	96.148.779	54.002.206	5.920.768	2.517.350	1.750.000	120.000	18.360.750	124.982.117	
2027	2,75	11	59.111.499	7.638.939	108.371.081	56.018.886	6.673.408	2.837.352	1.750.000	120.000	19.046.421	137.462.786	
2028	2,75	11	64.222.644	3.513.912	117.741.513	25.768.688	7.250.432	3.082.687	1.750.000	120.000	8.761.354	126.045.728	
2029	2,75	11	65.778.209	2.719.462	120.593.384	19.942.723	7.426.048	3.157.354	1.750.000	120.000	6.780.526	124.802.179	
2030	2,75	11	72.444.920	3.391.689	132.815.686	24.872.385	8.178.688	3.477.356	1.750.000	120.000	8.456.611	139.205.416	
2031	2,75	11	74.000.485	3.666.691	135.667.557	26.889.065	8.354.304	3.552.023	1.750.000	120.000	9.142.282	143.138.012	
2032	2,75	11	68.000.446	6.202.818	124.667.484	45.487.335	7.676.928	3.264.021	1.750.000	120.000	15.465.694	145.378.176	
2033	2,75	11	65.555.986	6.508.376	120.185.974	47.728.091	7.400.960	3.146.687	1.750.000	120.000	16.227.551	142.768.866	
2034	2,75	11	29.722.100	2.912.924	54.490.516	21.361.442	3.355.484	1.426.661	1.750.000	120.000	7.262.890	65.436.923	

Fuente: Elaboración propia

## 10.10 Costos

Acá se consideran todos los costos directos de planta o de de producción, además de los costos en que se incurre por tratamiento y refinación del concentrado de cobre en la fundición. Para el caso del molibdeno, cuyos ingresos se tratan como crédito al costo de producción de cobre, los costos de tratamiento y refinación se descuentan de los ingresos totales.

Los ítems de costos más relevantes se describen a continuación:

### 10.10.1 Energía

Este proceso no tiene los costos de explotación mina, tales como perforación, tronadura, fortificación y transporte de mineral dado que este se encuentra ya molido en el tranque es que el costo de energía tiene un peso relativo mayor que en otras operaciones mineras. En este caso el costo de la energía representa cerca del 50% del total.

La tarifa se compone:

Cargo por energía (US\$/MWh)

Cargo por potencia en horas de punta (US\$/MW-mes)

Cargo por potencia en horas fuera de punta (US\$/MW-mes)

Cargo por energía reactiva (US\$/mes)

Cargo por uso sistema de transmisión (US\$/mes)

Cargo por % de Energía Renovable No Convencional (US\$/MWh)

La demanda asociada a los principales consumos es:

Molienda	8,97 MW
Extracción	5,76 MW
Flotación	3,00 MW
Planta Molibdeno	0,90 MW
Recuperación agua industrial	1,72 MW
Planta de Cal	0,40 MW
Filtrado y secado	0,80 MW
Instalaciones generales	0,90 MW

Por lo que la demanda total del proceso para 60.000 ton/día es de 22,45 MW equivalente a un consumo de 185.906 MWh año ( 16,9 MW y 141.960 MWh año para 40.000 ton/día).

Tabla 17: Costo de energía por año

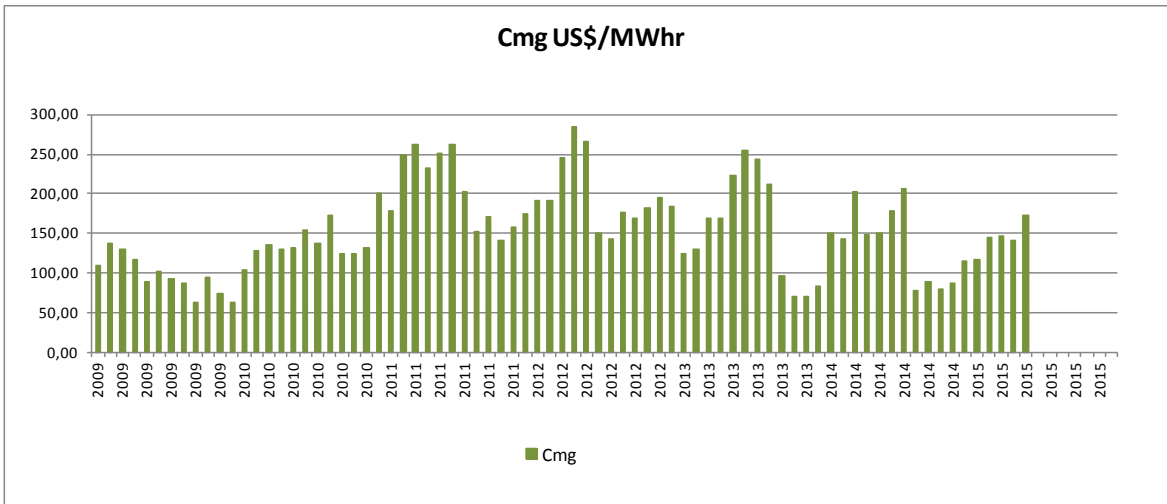
<b>Energía</b>					
<b>año</b>	<b>dias/año</b>	<b>Demanda MW</b>	<b>Consumo MWh/año</b>	<b>US\$/MWh</b>	<b>Costo US\$/año</b>
2016	345	22,45	185.906	140	26.026.822
2017	350	22,45	188.600	140	26.404.022
2018	350	22,45	188.600	135	25.461.022
2019	350	22,45	188.600	135	25.461.022
2020	350	22,45	188.600	135	25.461.022
2021	350	22,45	188.600	125	23.575.020
2022	350	22,45	188.600	125	23.575.020
2023	350	22,45	188.600	125	23.575.020
2024	350	22,45	188.600	125	23.575.020
2025	350	16,90	141.960	125	17.745.000
2026	350	16,90	141.960	125	17.745.000
2027	350	16,90	141.960	125	17.745.000
2028	350	16,90	141.960	125	17.745.000
2029	350	16,90	141.960	125	17.745.000
2030	350	16,90	141.960	125	17.745.000
2031	350	16,90	141.960	125	17.745.000
2032	350	16,90	141.960	125	17.745.000
2033	350	16,90	141.960	125	17.745.000
2034	166	16,90	67.330	125	8.416.200

Fuente: Elaboración propia

Por el tamaño de la demanda se debe establecer un contrato como cliente libre con uno o varios generadores de forma de no quedar expuesto al precio spot (Costo Marginal Horario) de gran variabilidad en los últimos años, se muestra el comportamiento del Costo Marginal en la barra Rancagua 154 Kv desde el año 2009 a la fecha. Dado el comportamiento del mercado eléctrico en Chile, se estima conveniente establecer un contrato de entre 7 a 10 años de forma tener la opción de capturar ofertas atractivas de proyectos asociados energías renovables no convencionales. Por otra parte un contrato en estos plazos permite bajar el riesgo en costos con miras a obtener financiamiento bancario.



Ilustración 11: Costo Marginal Rancagua 154 2009-2015



Fuente: Elaboración propia

### 10.10.2 Elementos moledores

Para obtener la liberación del cobre contenido en la fracción gruesa del relave se requiere pasar por una etapa de molienda, cuyos dos principales insumos son energía y elementos moledores o bolas de acero. La dosificación de estos se realiza a partir de mantener la potencia de cada uno de los molinos lo más cerca posible de el valor predeterminado como adecuado para alcanzar el tamaño óptimo de producto de molienda.

Para el caso de los relaves contenidos en el tranque Cauquenes el costo por elementos moledores viene dado por la dosificación calculada por las toneladas tratadas y por el precio de la tonelada de bolas, inicialmente en 1.060 US\$/ ton.

El suministro de estos elementos puede ser nacional (se paga lo consumido mensualmente) o importación desde China (se debe asumir un costo financiero por mantener stock ya que se negocia grandes cantidades para amortizar el flete).

Tabla 18: Costo elementos moledores por año

Elementos moledores				
año	días/año	Consumo ton/día	Precio US\$/ton	Costo US\$/año
2016	345	22,5	1.060	8.228.250
2017	350	22,5	1.060	8.347.500
2018	350	22,5	1.080	8.505.000
2019	350	22,5	1.080	8.505.000
2020	350	22,5	1.085	8.544.375
2021	350	22,5	1.085	8.544.375
2022	350	22,5	1.085	8.544.375
2023	350	22,5	1.085	8.544.375
2024	350	22,5	1.085	8.544.375
2025	350	15	1.085	5.696.250
2026	350	15	1.085	5.696.250
2027	350	15	1.085	5.696.250
2028	350	15	1.085	5.696.250
2029	350	15	1.085	5.696.250
2030	350	15	1.085	5.696.250
2031	350	15	1.085	5.696.250
2032	350	15	1.085	5.696.250
2033	350	15	1.085	5.696.250
2034	166	15	1.085	2.701.650

Fuente: Elaboración propia

### 10.10.3 Extracción Cauqueses

Si bien los costos de energía, remuneraciones, agua industrial, mantenimiento y otros necesarios para la llevar a cabo la extracción del tranque se consideran dentro de los costos directos de planta, existen costos anexos referidos a maquinarias y apoyos extras necesarios para desarrollar esta tarea y que son difíciles de presupuestar a priori . Estos se valorizan en 0,1 US\$/ton o bien US\$ 2.160.000 al año.

### 10.10.4 Transporte de concentrado

El valor del servicio de transporte de concentrado en camiones con tolva de capacidad de 28 toneladas cada una es de 16,94 US\$/ton.

### 10.10.5 Remuneraciones

Se estima que para una dotación total de 156 trabajadores los costos anuales por remuneraciones quedan distribuidos de la siguiente forma:

Tabla 19: Remuneraciones

Organización	x turno	total	Sueldo Líquido	Costo empresa	Costo empresa
			(US\$ (mes)	(US\$ (mes)	(US\$ (año)
<b>Dirección</b>					
Gerente General	1	1	13.710	19.194	230.323
Jefe General Planta	1	1	8.387	11.742	140.903
Secretaría	1	1	2.016	2.823	33.871
<b>Ingeniería &amp; desarrollo</b>					
Jefe General Ingeniería & Desarrollo	1	1	8.387	11.742	140.903
Ingeniero especialista	4	4	3.871	21.677	260.129
Ingeniero Informática	1	1	3.871	5.419	65.032
Proyectista	2	2	2.016	5.645	67.742
Control documental	1	1	2.016	2.823	33.871
<b>Recursos Humanos</b>					
Jefe recursos humanos	1	1	4.839	6.774	81.290
Encargado personal	1	1	2.016	2.823	33.871
Encargado capacitación	1	1	2.016	2.823	33.871
Analista personal	3	3	1.371	5.758	69.097
<b>Operaciones</b>					
Jefe General Extracción	1	1	4.839	6.774	81.290
Jefe Turno Extracción	1	4	3.871	21.677	260.129
Jefe Metalurgia	1	1	4.839	6.774	81.290
Operadores Extracción	6	24	1.290	43.355	520.258
Operadores Maquinaria	2	8	1.290	14.452	173.419
Jefe General Planta	1	1	4.839	6.774	81.290
Jefe Turno Planta	1	1	3.871	5.419	65.032
Operadores Planta	10	40	1.290	72.258	867.097
<b>Mantenimiento</b>					
Jefe General Mantenimiento	1	1	4.516	6.323	75.871
Jefe mantenimiento mecánico	1	1	3.871	5.419	65.032
Jefe mantenimiento eléctrico instrumentación	1	1	3.871	5.419	65.032
Jefe de servicios	1	1	3.871	5.419	65.032
Electromecanicos ( mantención mecánica)	15	15	1.290	27.097	325.161
Electromecanicos ( mantención e & i)	15	15	1.290	27.097	325.161
Electromecanicos ( mantención servicios)	5	5	1.290	9.032	108.387
<b>Contabilidad &amp; Finanzas</b>					
Jefe Contabilidad & Finanzas	1	1	4.516	6.323	75.871
Contador general	1	1	2.903	4.065	48.774
Analista contable	3	3	1.129	4.742	56.903
<b>Sustentabilidad</b>					
Jefe Sustentabilidad	1	1	4.032	5.645	67.742
Relacionador público	1	1	2.984	4.177	50.129
<b>Seguridad, ambiente y calidad</b>					
Jefe SAC	1	1	4.516	6.323	75.871
Jefe seguridad	1	1	2.984	4.177	50.129
Jefe Gestión Ambiental	1	1	2.984	4.177	50.129
Jefe Calidad	1	1	2.984	4.177	50.129
Inpector SAC	2	8	1.371	15.355	184.258
<b>Total</b>		<b>156</b>		<b>421.694</b>	<b>5.060.323</b>

Fuente: Elaboración propia

La estructura de sueldo para operadores y mantenedores consiste en sueldo base, bono de asistencia y bono de producción. Se considera además la gratificación legal. En el caso de los supervisores la remuneración se compone de sueldo base, bono de asistencia y bono de gestión, además de la gratificación legal. El bono de gestión se

basa en cumplimiento de indicadores tales como: tonelajes extraídos desde el tranque, recuperación metalúrgica de la planta, cumplimiento de presupuestos de operación y mantenimiento, disponibilidad de equipos de extracción y tratamiento, consumos unitarios de energía y reactivos e indicadores de seguridad.

Para los cargos directivos (Gerentes) el esquema de remuneración es similar a los supervisores reemplazando el bono de gestión mensual por un bono trimestral asociado a los resultados económicos de la empresa e indicadores de seguridad.

Para el cálculo del costo empresa de las remuneraciones se deben agregar las imposiciones legales y los costos del organismo administrador del seguro de trabajo.

#### **10.10.6 Cal**

El proceso de recuperación en, la planta de tratamiento se da fundamentalmente en la etapa de flotación donde la pulpa se debe encontrar al ph adecuado para que esta se produzca. Si bien los relaves provienen de pulpas que ya fueron acondicionadas en su oportunidad para un proceso de tratamiento, siempre es necesario adicional cal hasta alcanzar el ph adecuado ya que el material será remolido liberando nuevas partículas de cobre. En este caso la cal se agrega en la pulpa que ingresa a molienda, con una dosificación de 270 gr por tonelada. De acuerdo a lo anterior los costos por este concepto a lo largo del proyecto son los siguientes:

Tabla 20: Costo cal

<b>Cal</b>				
<b>año</b>	<b>ton grueso año</b>	<b>dosificación gr/ton</b>	<b>precio US\$/ton</b>	<b>Costo año US\$</b>
2016	8.280.000	270	200,00	447.120
2017	8.400.000	270	200,40	454.507
2018	8.400.000	270	200,80	455.416
2019	8.400.000	270	201,20	456.327
2020	8.400.000	270	201,60	457.240
2021	8.400.000	270	202,01	458.154
2022	8.400.000	270	202,41	459.070
2023	8.400.000	270	202,82	459.989
2024	8.400.000	270	203,22	460.909
2025	5.600.000	270	203,63	307.887
2026	5.600.000	270	204,04	308.503
2027	5.600.000	270	204,44	309.120
2028	5.600.000	270	204,85	309.738
2029	5.600.000	270	205,26	310.357
2030	5.600.000	270	205,67	310.978
2031	5.600.000	270	206,08	311.600
2032	5.600.000	270	206,50	312.223
2033	5.600.000	270	206,91	312.848
2034	2.656.000	270	207,32	148.676

Fuente: Elaboración propia

### 10.10.7 Reactivos

Para asegurar la máxima recuperación del proceso se deben adicionar distintos reactivos en las distintas etapas. Los mayores costos por este concepto son por el uso de Colector aplicado en distintas etapas de flotación (US\$ 500.000/ año), espumante y antiespumante (US\$ 230.000/ año), diésel (US\$ 130.000/ año) y floculante para concentrado final (US\$ 110.000/ año).

En el caso del proceso de recuperación de molibdeno los reactivos con más incidencia en el costo son el tiosol (US\$ 1.600.000/ año) y el dispersante (US\$ 100.000/año). Para el primer año de operación se estima un costo total por uso de reactivos de US\$ 2.319.852 de acuerdo a lo mostrado en la Tabla 21:

Tabla 21: Costo reactivos 1er año de operación

<b>Reactivos</b>	
<b>Colector cobre</b>	
Toneladas grueso	8.280.000
Dosificación (gr/ton)	25
Precio (US\$/ ton )	1.950
<b>Costo US\$</b>	<b>403.650</b>
<b>Espumantes 76- E - MIBC</b>	
Dosificación (gr/ton) 76 E	4
Precio (US\$/ ton ) 76 E	1.950
Dosificación (gr/ton)	6
Precio (US\$/ ton )	3.200
<b>Costo Espumante (US\$)</b>	<b>223.560</b>
<b>Diesel</b>	
Dosificación (gr/ton)	16
Precio (US\$/ ton )	900
<b>Total diesel (US\$)</b>	<b>119.232</b>
<b>XAS-10881</b>	
Dosificación (gr/ton)	0,20
Precio (US\$/ ton )	4.970
<b>Total XAS (US\$)</b>	<b>8.230</b>
<b>Kerosene</b>	
Dosificación (gr/ton)	0,50
Precio (US\$/ ton )	960
<b>Total Kerosene (US\$)</b>	<b>3.974</b>
<b>Floculante Concentrado Final</b>	
Dosificación (gr/ton)	300
Precio (US\$/ ton )	3.700
<b>Total Floculante Conc final (US\$)</b>	<b>107.716</b>
<b>Tiofos 70-30</b>	
Dosificación (gr/ton)	10.000
Precio (US\$/ ton )	1.350
<b>Total TIOFOS (US\$)</b>	<b>1.310.062</b>
<b>Acido Sulfurico</b>	
Dosificación (gr/ton)	4.000
Precio (US\$/ ton )	140
<b>Total Acido Sulfurico (US\$)</b>	<b>54.343</b>
<b>Dispersante</b>	
Dosificación (gr/ton)	270
Precio (US\$/ ton )	3.400
<b>Total Dispersante (US\$)</b>	<b>89.084</b>
<b>Total reactivos (US\$)</b>	<b>2.319.852</b>

Fuente: Elaboración propia

### 10.10.8 Agua Industrial

Tanto para la extracción como para el tratamiento el agua es fundamental ya que se requiere para clasificar a adecuadamente y para la recuperación en base a flotación. En la zona existe el embalse Colihues (propiedad de Codelco) que constituye una importante fuente y reserva de agua, sin embargo para asegurar la continuidad del proceso se debe contar con un sistema recuperador de agua a partir del relave. El agua se recupera mediante el proceso de espesamiento del relave, para lo cual se utilizan estanques espesadores que decantan los sólidos hacia su descarga inferior y entregan el agua en su rebose. El agua así recuperada se bombea hacia el proceso o bien al embalse para ser almacenada.

Los principales costos involucrados en esta operación son floculante (US\$ 460.000/año), reactivo que ayuda a que los sólidos se aglomeren y decanten, energía para el bombeo del agua al proceso o almacenamiento y servicios de apoyo.

Tabla 22: Costo recuperación agua industrial

Recuperación agua industrial				
año	Floculante US\$/año	Servicios/ subcontratos US\$/año		Costo US\$/año
2016	432.000	4.500	20.000	456.500
2017	434.160	4.523	20.100	458.783
2018	436.331	4.545	20.201	461.076
2019	438.512	4.568	20.302	463.382
2020	440.705	4.591	20.403	465.699
2021	442.909	4.614	20.505	468.027
2022	445.123	4.637	20.608	470.367
2023	447.349	4.660	20.711	472.719
2024	449.585	4.683	20.814	475.083
2025	288.000	4.707	20.918	313.625
2026	289.440	4.730	21.023	315.193
2027	290.887	4.754	21.128	316.769
2028	292.342	4.778	21.234	318.353
2029	293.803	4.801	21.340	319.945
2030	295.272	4.825	21.446	321.544
2031	296.749	4.850	21.554	323.152
2032	298.232	4.874	21.661	324.768
2033	299.724	4.898	21.770	326.392
2034	197.818	4.923	21.879	224.619

Fuente: Elaboración propia

### 10.10.9 Filtrado y secado

El resultado final del proceso de tratamiento es un concentrado final en pulpa con una ley promedio de 30% de cobre, este concentrado es espesado hasta alcanzar un 65% de sólido aproximadamente y luego se filtra y seca para quedar con una humedad máxima de 10% (humedad aceptada por las fundiciones en Chile).

Para el proceso de filtrado se utiliza filtro de prensa, cuyos principales insumos son energía para el movimiento de placas y soplado de telas y telas de repuesto. En cuanto al secado, este se realiza en un horno rotatorio por donde pasa el concentrado para luego mediante una correa ser acopiado con la humedad final.

El insumo principal del horno de secado es el combustible (diesel) para el quemador. El costo mensual de estos procesos esta en torno a los US\$ 960.000.-

Tabla 23: Costo por filtrado y secado

Filtrado y secado		Combustible			Filtrado/mezcla	Costo año
año	Concentrado ton/año	kg/año	US\$/kg	US\$/año	US\$/año	US\$
2016	97.042	951.008	0,84	798.846	115.041	913.888
2017	98.448	964.790	0,84	810.424	116.709	927.132
2018	98.112	961.498	0,84	807.658	116.310	923.968
2019	98.112	961.498	0,84	807.658	116.310	923.968
2020	98.448	964.790	0,84	810.424	116.709	927.132
2021	98.448	964.790	0,84	810.424	116.709	927.132
2022	105.504	1.033.939	0,84	868.509	125.073	993.582
2023	101.808	997.718	0,84	838.083	120.692	958.775
2024	96.432	945.034	0,84	793.828	114.319	908.147
2025	58.464	572.947	0,84	481.276	69.308	550.584
2026	52.864	518.067	0,84	435.176	62.669	497.846
2027	59.584	583.923	0,84	490.495	70.636	561.131
2028	64.736	634.413	0,84	532.907	76.743	609.650
2029	66.304	649.779	0,84	545.815	78.602	624.417
2030	73.024	715.635	0,84	601.134	86.569	687.702
2031	74.592	731.002	0,84	614.041	88.428	702.469
2032	68.544	671.731	0,84	564.254	81.258	645.512
2033	66.080	647.584	0,84	543.971	78.337	622.307
2034	29.960	293.605	0,84	246.628	35.517	282.145

Fuente: Elaboración propia

#### 10.10.10 Costos distribuibles

Corresponden a todos aquellos servicios que no pueden ser asignados directamente a un área o proceso en particular y que se distribuyen de forma proporcional a la cantidad



de personas, equipos o superficie involucrada. Entre estos servicios se pueden mencionar:

- Transporte de personal
- Aseo instalaciones
- Alimentación personal
- Implementos de seguridad
- Vigilancia
- Computación y telefonía
- Abastecimiento y bodega
- Arriendo de Vehículos
- Mantenión extintores
- Mantenión equipos de climatización
- Servicio extinción de plagas
- Servicio lavado de ropa
- Abastecimiento agua potable
- Abastecimiento agua bebestible
- Retiro de basura

El costo total considerado para costos distribuibles para los primeros 6 años de operación va entre US\$ 3.111.935 y US\$ 3.435.828.

Tabla 24: Costos distribuibles

Costos distribuibles	2016	2017	2018	2019	2020	2021
	US\$	US\$	US\$	US\$	US\$	US\$
Transporte personal	508.065	518.226	528.590	539.162	549.945	560.944
Alimentación personal	459.677	468.871	478.248	487.813	497.570	507.521
Aseo instalaciones	362.903	370.161	377.565	385.116	392.818	400.674
Implementos de seguridad	48.387	49.355	50.342	51.349	52.376	53.423
Computación & telefonía	282.258	287.903	293.661	299.535	305.525	311.636
Arriendo vehiculos	371.613	379.045	386.626	394.359	402.246	410.291
Vigilancia	338.710	345.484	352.394	359.441	366.630	373.963
Servicio abastecimiento / bodega	348.387	355.355	362.462	369.711	377.105	384.648
Mantenión extintores, extinción plagas	120.968	123.387	125.855	128.372	130.939	133.558
Servicio lavado ropa	72.581	74.032	75.513	77.023	78.564	80.135
Agua potable	125.806	128.323	130.889	133.507	136.177	138.900
Suministro agua bebestible	14.516	14.806	15.103	15.405	15.713	16.027
Retiro Rises, riles	58.065	59.226	60.410	61.619	62.851	64.108
<b>Total costos distribuibles US\$</b>	<b>3.111.935</b>	<b>3.174.174</b>	<b>3.237.658</b>	<b>3.302.411</b>	<b>3.368.459</b>	<b>3.435.828</b>

Fuente: Elaboración propia

### 10.10.11 Control de calidad

Dado que la extracción y tratamiento se realizan sobre el recurso minero de un tercero (propietario del tranque) y que el pago por este servicio se basa en un porcentaje de la utilidad por la venta de este; es que es fundamental que el proceso y los costos involucrados sean trazables para ambas partes. Desde el punto de vista financiero y contable esto se consigue con entrega de información periódica y auditorías anuales.

Las variables metalúrgicas del proceso (análisis de muestras y chequeo de balance metalúrgico) están a cargo del Jefe de Metalurgia y el apoyo de un contrato de apoyo en control de calidad con turnos rotativos. Se estima para este servicio US\$. 32.258 al mes.

### 10.10.12 Seguridad, ambiente y calidad (SAC)

Para el funcionamiento del área de Seguridad, ambiente y calidad se estima un presupuesto anual destinado a difusión de campañas y actividades relacionadas.

### 10.10.13 Otros costos

Corresponde al 3% del total de los costos directos planta y se ocupa como contingencia en caso de necesidades justificadas en alguno de los ítems anteriores.

Con lo anterior el resumen de los costos directos planta para el horizonte de operación queda como sigue:

Tabla 25: Resumen costos directos

Costos directos Planta														TOTAL año US\$
año	Energía US\$	Elementos molidores US\$	Extracción Cauquenes US\$	Transporte concentrado US\$	Remuneraciones US\$	Cal US\$	Reactivos US\$	Agua Industrial US\$	Filtrado y secado US\$	Servicios distribuibles US\$	Control de calidad US\$	SAC US\$	Otros US\$	
2016	26.026.822	8.228.250	2.070.000	1.643.446	5.060.323	447.120	2.783.822	456.500	913.888	3.111.935	32.258	8.065	1.523.473	52.305.902
2017	26.404.022	8.347.500	2.100.000	1.667.265	5.161.529	454.507	2.880.651	458.783	927.132	2.971.819	32.903	8.065	1.542.425	52.956.601
2018	25.461.022	8.505.000	2.100.000	1.661.574	5.264.760	455.416	2.921.541	461.076	923.968	3.031.256	33.561	8.065	1.524.817	52.352.056
2019	25.461.022	8.505.000	2.100.000	1.661.574	5.370.055	456.327	2.969.997	463.382	923.968	3.091.881	34.233	8.065	1.531.365	52.576.867
2020	25.461.022	8.544.375	2.100.000	1.667.265	5.477.456	457.240	3.026.442	465.699	927.132	3.153.718	34.917	8.065	1.539.700	52.863.030
2021	23.575.020	8.544.375	2.100.000	1.667.265	5.587.005	458.154	3.076.994	468.027	927.132	3.216.793	35.616	8.065	1.489.933	51.154.378
2022	23.575.020	8.544.375	2.100.000	1.786.761	5.698.745	459.070	3.281.961	470.367	993.582	3.281.129	36.328	8.065	1.507.062	51.742.466
2023	23.575.020	8.544.375	2.100.000	1.724.168	5.812.720	459.989	3.255.659	472.719	958.775	3.346.751	37.054	8.065	1.508.859	51.804.153
2024	23.575.020	8.544.375	2.100.000	1.633.123	5.928.974	460.909	3.189.189	475.083	908.147	3.413.686	37.795	8.065	1.508.231	51.782.596
2025	17.745.000	5.696.250	1.400.000	990.116	6.047.554	307.887	2.027.623	313.625	550.584	3.481.960	38.551	8.065	1.158.216	39.765.431
2026	17.745.000	5.696.250	1.400.000	895.277	6.168.505	308.503	1.929.734	315.193	497.846	3.551.599	39.322	8.065	1.156.659	39.711.952
2027	17.745.000	5.696.250	1.400.000	1.009.084	6.291.875	309.120	2.122.980	316.769	561.131	3.622.631	40.109	8.065	1.173.690	40.296.704
2028	17.745.000	5.696.250	1.400.000	1.096.335	6.417.713	309.738	2.284.926	318.353	609.650	3.695.084	40.911	8.065	1.188.661	40.810.685
2029	17.745.000	5.696.250	1.400.000	1.122.890	6.546.067	310.357	2.363.127	319.945	624.417	3.768.986	41.729	8.065	1.198.405	41.145.237
2030	17.745.000	5.696.250	1.400.000	1.236.697	6.676.988	310.978	2.574.913	321.544	687.702	3.844.365	42.564	8.065	1.216.352	41.761.418
2031	17.745.000	5.696.250	1.400.000	1.263.252	6.810.528	311.600	2.660.494	323.152	702.469	3.921.253	43.415	8.065	1.226.564	42.112.041
2032	17.745.000	5.696.250	1.400.000	1.160.826	6.946.739	312.223	2.546.758	324.768	645.512	3.999.678	44.283	8.065	1.224.903	42.055.004
2033	17.745.000	5.696.250	1.400.000	1.119.097	7.085.673	312.848	2.524.425	326.392	622.307	4.079.671	45.169	8.065	1.228.947	42.193.844
2034	8.416.200	2.701.650	664.000	507.382	7.227.387	148.676	1.180.004	224.619	282.145	4.161.265	46.072	8.065	767.024	26.334.488

Fuente: Elaboración propia

### 10.11 Cargos de tratamiento

Corresponden al costo de pasar de concentrado de grado comercial a cobre fino, es decir desde un concentrado con un 30% de cobre a 99,9%. En este caso se está considerando que el tratamiento se llevará a cabo en fundiciones nacionales de forma de obtener los ingresos de forma mensual utilizando el precio del cobre desfasado en 3 meses, que es el tiempo en que se estima se comercializará el producto. Si se supone que el concentrado es enviado a fundiciones en Asia, aun considerando fletes, se pueden obtener cargos más bajos, pero existirían importantes desfases entre la entrega y el retorno de los ingresos ya que la cantidad producida obligaría a acopiar varios meses para justificar el flete.

Los cargos aplicados normalmente corresponden a cargos por tratamiento, aplicado sobre las toneladas de concentrado entregadas y cargos de refinación que se aplica a

cada libra de cobre fino obtenida. La siguiente tabla muestra los cargos a aplicar a lo largo de la vida útil de la operación.

Tabla 26: Cargos de tratamiento

Cargo por tratamiento			Cargo por refinación				
año	Concentrado toneladas	Cargo US\$/ton	Total C.T. US\$	Ley Concentrado %	Libras de Cobre Lb	Cargo US\$/Lb	Total C.R. US\$
2016	29.112	112	10.868.659	30%	64.181.373	0,072	4.621.059
2017	29.534	112	11.026.176	30%	65.111.538	0,072	4.688.031
2018	29.434	112	10.988.544	30%	64.889.315	0,072	4.672.031
2019	29.434	112	10.988.544	30%	64.889.315	0,072	4.672.031
2020	29.534	112	11.026.176	30%	65.111.538	0,072	4.688.031
2021	29.534	112	11.026.176	30%	65.111.538	0,072	4.688.031
2022	31.651	112	11.816.448	30%	69.778.236	0,072	5.024.033
2023	30.542	112	11.402.496	30%	67.333.775	0,072	4.848.032
2024	28.930	112	10.800.384	30%	63.778.196	0,072	4.592.030
2025	17.539	112	6.547.968	30%	38.666.920	0,072	2.784.018
2026	15.859	112	5.920.768	30%	34.963.192	0,072	2.517.350
2027	17.875	112	6.673.408	30%	39.407.666	0,072	2.837.352
2028	19.421	112	7.250.432	30%	42.815.096	0,072	3.082.687
2029	19.891	112	7.426.048	30%	43.852.140	0,072	3.157.354
2030	21.907	112	8.178.688	30%	48.296.613	0,072	3.477.356
2031	22.378	112	8.354.304	30%	49.333.657	0,072	3.552.023
2032	20.563	112	7.676.928	30%	45.333.631	0,072	3.264.021
2033	19.824	112	7.400.960	30%	43.703.990	0,072	3.146.687
2034	8.988	112	3.355.484	30%	19.814.733	0,072	1.426.661

Fuente: Elaboración propia

## 10.12 Fórmula de pago por servicio de extracción y tratamiento

Los ingresos de la empresa que realiza la extracción y tratamiento de los relaves contenidos en el tranque corresponde a una parte de la diferencia entre los ingresos por la venta de los concentrados y los costos en que se incurre para obtenerlos. De esta forma el pago por el servicio de maquila queda:

Pago x maquila (US\$)= ((Ingresos x ventas concentrados (US\$))-(costos totales tratamiento (US\$)) \* Factor de distribución

Dónde:

Ingresos x ventas concentrados: son los ingresos por la venta a precio de mercado de los concentrados de cobre y molibdeno producidos ya deducidos los costos y multas de fundición para el cobre y el costo de tratamiento para el molibdeno. A esto se debe agregar los ingresos pagados por la fundición por otros metales presentes, en este caso plata (Ag).

Costos totales tratamiento: considera todos los costos directos incurridos necesarios para el tratamiento, en este caso identificados como costos directos planta.

Factor de distribución: es la parte del margen del negocio que corresponde a la empresa que realiza la extracción y tratamiento.

La fórmula tiene aplicación dentro de ciertos rangos y deberá ser revisada en caso de que estos no se cumplan por más de tres meses.

El rango de aplicación de la fórmula es para precios del cobre entre 2,10 US\$/Lb y 4,2 US\$/Lb.

El factor de distribución se establece inicialmente en 50%.

## **11. Evaluación Financiera**

La evaluación financiera se realizará desde la perspectiva de la empresa que realiza la extracción y tratamiento, que captura una parte del beneficio económico total vía el pago por maquila, con la finalidad de medir la rentabilidad de esta operación y dimensionar sus beneficios. Cabe destacar que desde el punto de vista del dueño del depósito (tranque de relaves) pueden existir beneficios económicos adicionales a los expuestos en esta evaluación si se considera la postergación o disminución de la implementación del plan de cierre asociado al depósito.

Para mejor comprensión de la evaluación se desarrollará en primera instancia para el negocio total, indicando los ingresos y costos involucrados para producir cobre y molibdeno a partir de los relaves extraídos y luego se calculará el Valor Actual Neto del negocio para la empresa que realiza la extracción y tratamiento (maquilador). Dado que esta empresa es la que realiza las inversiones necesarias, es que es necesario entonces que el servicio de la deuda asociada a esta inversión sea considerado dentro de sus flujos totales.

El horizonte de evaluación es de 19 años de operación (de acuerdo a las reservas existentes y la tasa de extracción y tratamiento definida) más 1 año de implementación donde se realizan las inversiones.

La tasa utilizada para descontar los flujos es de 10%, tasa utilizada por Minera Valle Central (empresa que procesa relaves) para evaluar sus proyectos. Debe considerarse que la evaluación considera que se tiene un contrato para la extracción y procesamiento del material y que la cantidad y características de este están aseguradas ya que no dependen de un proceso exploratorio ni de desarrollo minero incierto. Por otra parte el proceso de tratamiento se basa en procesos convencionales ampliamente usados en la industria, por lo que el riesgo del proyecto es moderado.

### **11.1 Supuestos utilizados en la evaluación financiera**

Para el desarrollo de la evaluación financiera se han incorporado los siguientes supuestos:

Ingresos: se ha supuesto el precio del Cobre (2,75 US\$/Lb) y molibdeno (11 US\$/Lb), cargo de tratamiento (112 US\$/ton), cargo de refinación (0,07 US\$/Lb) constantes durante el periodo de evaluación.

Para la recuperación metalúrgica del tratamiento de cobre (48%) y molibdeno (66%) se han establecido valores conservadores para todo el periodo.

Costos: El costo más relevante es el suministro de energía, en este caso para los primeros años se estima un costo unitario de 140 US\$/MWh para al cabo de 6 años bajar a 125 US\$/MWh. Lo anterior se basa en la puesta en servicio de los principales refuerzos en líneas de transmisión hacia el zona centro, lo que permitirá acceder a precios de energía proveniente de proyectos solares que en la actualidad se desarrollan.

Para el resto de los costos, tanto asociados a remuneraciones, insumos y servicios se estima un incremento de 2% anual.

Para la construcción de los flujos se considera que tanto los ingresos como los costos se pagan en el mes en que ocurren; lo cual es posible si se hacen las entregas de concentrado a refinadores nacionales que pagan semanalmente las entregas. De esta forma la realizar el flujo en periodos anuales estos coinciden con el año en que se producen los ingresos y devengan los gastos (costos).

La depreciación se considera lineal con una vida útil de los activos igual a la duración de la operación, es decir 19 años. Dado que se trata de equipos dimensionados para este proceso se considera valor residual igual a cero una vez que se agotan las reservas estimadas en el tranque.

La empresa maquiladora debe destinar US\$ 3000.000 / año en inversiones para modificaciones menores de la planta para mantener los niveles de producción.

## 11.2 Financiamiento

Las fuentes de financiamiento para la inversión asociada a esta iniciativa pueden provenir de distintas fuentes: capital propio, capital de riesgo privado, emisión de acciones en una bolsa emergente o financiamiento bancario.

Para la evaluación se considera un préstamo bancario a 10 años para cubrir la inversión de US\$ 103.321.390 ( Capex de extracción y Capex de tratamiento) , con una tasa anual de 6,5% y dos años de no pago de capital.

Tabla 27: Financiamiento inversiones

Financiamiento	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>AÑO 0</b>										
	<b>103.321.390</b>									
tasa anual	6,50%									
Deuda acumulada (US\$)	110.037.280	117.189.703	124.807.034	132.919.491	141.559.258	150.760.610	160.560.049	170.996.453	182.111.222	193.948.451
Intereses (US\$)	6.715.890	7.152.423	7.617.331	8.112.457	8.639.767	9.201.352	9.799.440	10.436.403	11.114.769	11.837.229
<b>PAGOS</b>										
Pago intereses (US\$)	6.715.890	7.152.423	7.617.331	8.112.457	8.639.767	9.201.352	9.799.440	10.436.403	11.114.769	11.837.229
Pago Capital (US\$)			12.915.174	12.915.174	12.915.174	12.915.174	12.915.174	12.915.174	12.915.174	12.915.174
Total Pagos Deuda (US\$)	6.715.890	7.152.423	20.532.504	21.027.631	21.554.941	22.116.525	22.714.613	23.351.577	24.029.943	24.752.403

Fuente: Elaboración propia

### 11.3 Flujo proyectado y cálculo de VAN y TIR

El flujo detallado proyectado para los 20 años de vida del proyecto se muestra en el anexo D. El flujo de caja resumido para el maquilador se muestra en la Tabla N° 28:

Tabla 28: Flujo de caja Maquilador

Flujo Caja Maquilador	
año	Flujo Caja [US\$]
0	-103.321.390
1	37.749.686
2	37.632.418
3	30.760.721
4	32.422.434
5	33.189.136
6	34.212.534
7	40.101.537
8	29.683.622
9	19.624.946
10	1.435.075
11	24.153.894
12	28.495.903
13	24.141.074
14	23.565.067
15	28.597.343
16	29.904.763
17	30.743.242
18	29.740.167
19	7.302.672

Fuente: Elaboración propia

MAQUILADOR	
Tasa	<b>10%</b>
VAN [US\$]	<b>133.908.237</b>
TIR	<b>32,33%</b>

Del análisis de este flujo se desprende que para la empresa maquiladora el VAN alcanza a US\$ 133.908.237 con un periodo de retorno de la inversión de 3 años.

Por otra parte la empresa dueña del depósito, que se queda con el concentrado producido y lo comercializa tiene como costo la suma del costo directo de producción y el pago por maquila. Es decir el costo para el dueño durante la operación es:

Tabla 29: Costo para el dueño del depósito

año	Costo directo US\$/Lb	Pago maquila US\$/Lb	Costo total US\$/Lb
0			
1	0,81	1,02	<b>1,84</b>
2	0,81	1,03	<b>1,84</b>
3	0,81	1,19	<b>1,99</b>
4	0,81	1,23	<b>2,04</b>
5	0,81	1,25	<b>2,06</b>
6	0,79	1,28	<b>2,07</b>
7	0,74	1,32	<b>2,06</b>
8	0,77	1,16	<b>1,93</b>
9	0,81	1,02	<b>1,83</b>
10	1,03	1,06	<b>2,09</b>
11	1,14	1,22	<b>2,36</b>
12	1,02	1,23	<b>2,26</b>
13	0,95	1,00	<b>1,95</b>
14	0,94	0,95	<b>1,89</b>
15	0,86	1,01	<b>1,87</b>
16	0,85	1,02	<b>1,88</b>
17	0,93	1,14	<b>2,07</b>
18	0,97	1,15	<b>2,12</b>
19	1,33	0,99	<b>2,32</b>
Promedio	<b>0,90</b>	<b>1,12</b>	<b>2,02</b>

Fuente: Elaboración propia

Por lo que este cobre le cuesta en promedio al dueño del depósito 2,02 US\$/lb, es decir que para precios de venta superiores a este valor este esquema tiene sentido para el propietario del depósito.

#### 11.4 Análisis de sensibilidad

El siguiente análisis busca conocer las variaciones en el VAN y TIR del proyecto de extracción y tratamiento del tranque Cauquenes ante cambios en las variables más críticas en la operación. De esta forma se establecen los rangos aceptables en estas variables para la viabilidad económica de la empresa maquiladora.

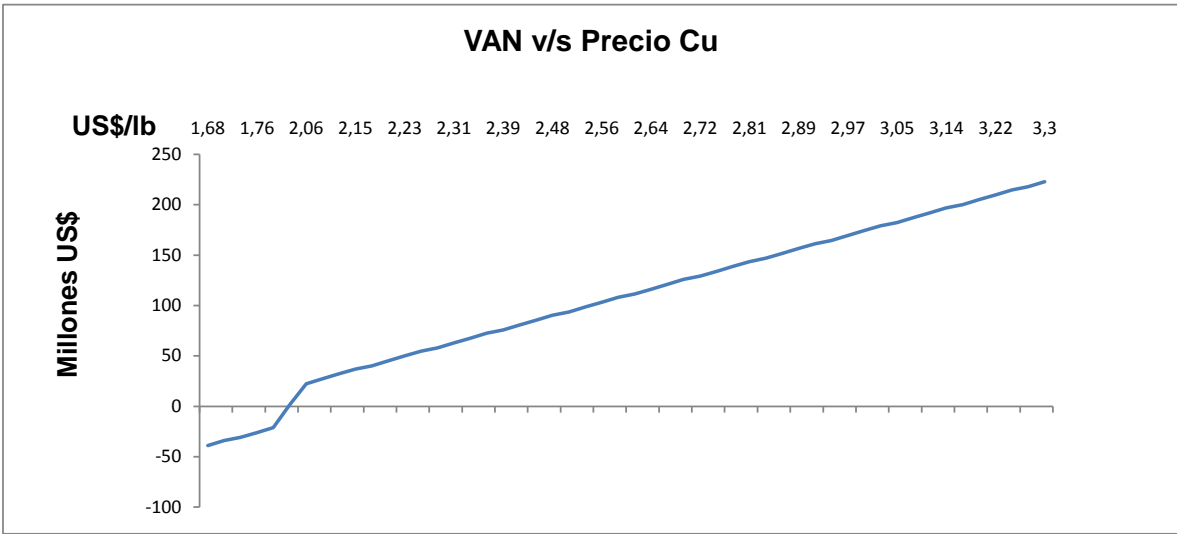
Desde el punto de vista de los ingresos la variable más crítica es el precio del cobre. Se realiza el análisis para una banda de precios desde - 25% hasta +20% respecto del precio estimado de largo plazo (2,75 US\$/Lb).

Por otra parte el factor de distribución (participación del negocio) también juega un rol importante en el resultado económico para la empresa maquiladora. En este caso este factor depende de la negociación y acuerdo entre las partes, y en este modelo se propone fijarlo en principio en 50% o valores cercanos dado que la empresa maquiladora es quien asume mayormente el riesgo.

Desde la perspectiva de los costos la energía es la variable más crítica, por lo que se realiza el análisis considerando un rango cambio desde -20% hasta + 30% en su precio total. El análisis no considera un rango más amplio respecto de bajas en el precio dado que, salvo escenarios puntuales, y dadas las tecnologías que se están implementando en el país no se estima posible que el precio total de la energía baje de 100 US\$/ MWh en el largo plazo.

**11.3.1 Precio del cobre**

Ilustración 12: Valor actual neto v/s Precio del cobre



Fuente: Elaboración propia

El gráfico N°14 muestra como varía el VAN para precios del cobre entre 1,68 US\$/Lb y 3,3 US\$/Lb. Si bien para precios del cobre inferiores a 1,92 US\$/Lb el VAN para la empresa maquiladora se hace negativo para las condiciones base de la evaluación, el valor mínimo del rango de aplicación de la fórmula de pago debe ser aquel en que el costo (costo directo más pago por maquila) para la empresa dueña del tranque sea atractivo.

De acuerdo a información de prensa de Codelco de fecha 29 de Mayo 2015 referidas a resultados del primer trimestre del año en curso, se indica que luego de una reducción de costos de 14, 7 % y un incremento de producción de 3% los costos y gastos totales

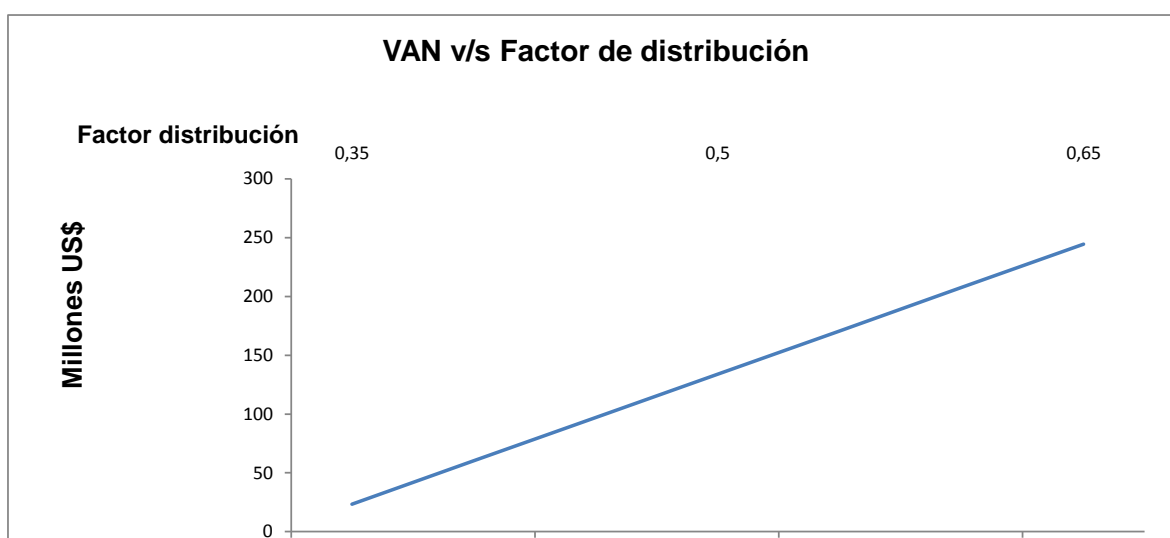


equivalen a 2,056 US\$/Lb versus los 2,361 US\$/Lb observados para el mismo periodo del año anterior. Lo anterior entrega una referencia de cuanto es el costo que a lo menos puede hacer competitiva la producción a partir de los relaves para esta corporación.

Para efectos de la fórmula de pago por maquila en este modelo se ha definido que esta aplica para precios desde 2,10 US\$/Lb, considerando que para el precio estimado de largo plazo el costo promedio para el dueño es de 2,02 US\$/Lb.

### 11.3.2 Factor de distribución

Ilustración 13: Valor actual neto v/s Factor de distribución



Fuente: Elaboración propia

Tabla 30: Factor de distribución v/s costo unitario para el dueño

Factor distribución	VAN	Costo dueño
%	US\$	US\$/Lb
35%	23.425.172	1,69
40%	60.252.861	1,80
45%	97.080.549	1,91
50%	133.908.237	2,02
55%	170.735.926	2,14
60%	207.563.614	2,25
65%	244.391.303	2,36

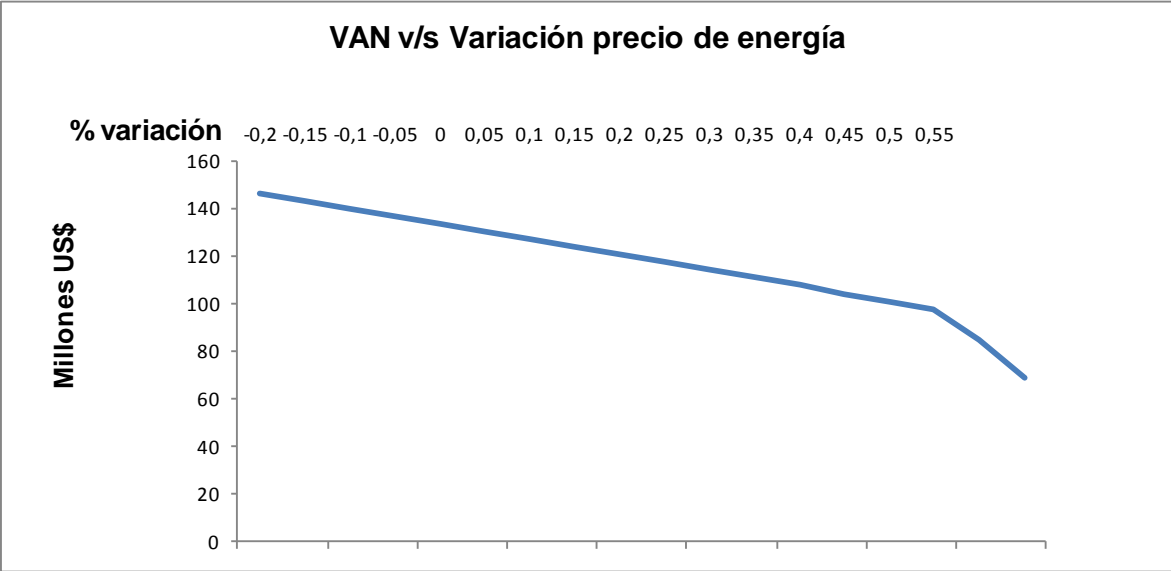
Fuente: Elaboración propia

Se observa que el factor de distribución que se acuerde hace cambiar drásticamente el VAN de la operación. En este sentido de la tabla N° 30 se puede ver que para factores de distribución mayores a 55% el costo para el dueño superará el costo competitivo con sus propios costos (estaría “comprando” cobre a un costo mayor al propio) por lo que para las condiciones definidas este sería el techo del factor.

Por otra parte, y en consideración a que el riesgo es asumido por el maquilador, se debería negociar por parte de este un factor de distribución cercano a 55% con un importante incremento en el VAN.

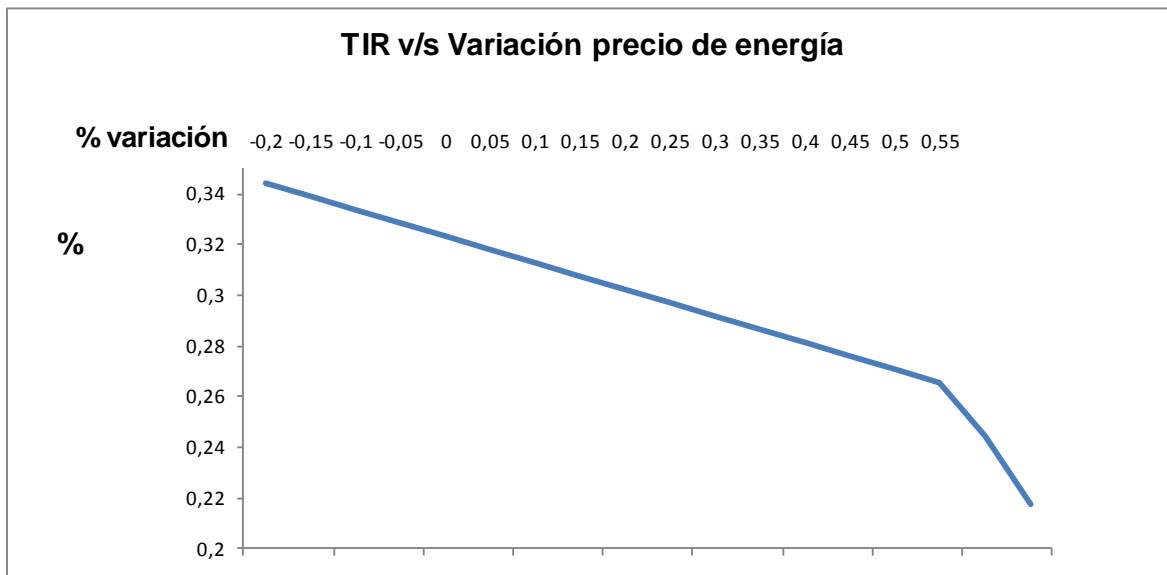
### 11.3.3 Costo de la energía

Ilustración 14: Valor actual neto v/s precio de energía



Fuente: Elaboración propia

Ilustración 15: Tasa interna de retorno v/s precio de energía



Fuente: Elaboración propia

Siendo la energía el elemento más importante del costo directo las variaciones en su precio tendrán efecto en los indicadores económicos del proyecto. En este sentido, y dado que el precio de la energía dependerá sustancialmente de las condiciones de contrato, la gestión debe centrarse en acotar los consumos unitarios.

El consumo anual de energía para 60.000 ton/día es de 185.906 MWh para un tonelaje tratado de 21.000.000 toneladas, es decir un consumo unitario de 8,85 kwh por tonelada de mineral procesado. Para 40.000 ton/día el consumo anual es de 141.960 MWh por lo que el consumo unitario es 10,14 kwh por tonelada.

## 12. Conclusiones

Del desarrollo del trabajo y considerando en particular los análisis de la situación de Chile y de la industria minera en particular se puede concluir que existen condiciones favorables para llevar adelante el tratamiento de relaves bajo el esquema propuesto en este modelo de negocio.

Para el éxito de este modelo es de vital importancia la relación contractual que se establezca entre el dueño del relave y la empresa que realiza el tratamiento ya que se trata de negocios de largo plazo y grandes inversiones que deben ser capaces de sortear los ciclos de precios a los que habitualmente se ven sometidos los commodities. En este sentido resalta la importancia del llamado “factor de distribución” que no sólo define cómo se remunera el servicio de tratamiento sino que puede ser usada como variable de ajuste en caso cambios importantes en las condiciones del negocio.

De la evaluación financiera se desprende que el modelo de negocio para la operación de extracción y tratamiento planteado como caso particular en este trabajo presenta indicadores económicos positivos (VAN de US\$ 196.264.217 y TIR de 35,61%) bajo supuestos conservadores de ingresos y costos. Para alcanzar los resultados previstos es necesario el diseño e implementación de un proceso particularmente eficiente en consumo de energía (consumo unitario menor a la mitad del promedio de la industria para una concentradora) dado que la proporción de mineral es equivalente a los proyectos de menor ley. Lo anterior es requisito para lograr costos directos bajos que permitan generar margen suficiente para compensar a las partes.

El ajuste del modelo se logra mediante el uso de un factor de distribución, que incluso puede ir cambiando en el tiempo, de forma que ambas partes resguarden una rentabilidad adecuada. En consideración a que la parte que realiza la operación es quién se hace cargo del diseño y las inversiones es que el factor de distribución sobre el margen se estima en 50%.

Por otra parte el costo total de producción para el dueño del depósito, que considera el costo directo de producción más el pago por maquila, debe ser tal que resulte atractivo incorporar este producto a su producción. En este sentido se estima que este costo debería ser comparable con los costos del dueño para establecer acuerdo.

El modelo de negocio propuesto se ve favorecido por condiciones de entorno tales como exigencias medioambientales y la permanente búsqueda de las compañías mineras por incrementos de producción. En este sentido el modelo es atractivo para los dueños de tranques dado que pueden obtener mayores ingresos por mayor venta de mineral con una exposición al riesgo mínima. El modelo cumple con la premisa de dejar que cada parte concentre sus recursos operacionales y financieros en lo que posee ventaja competitiva, liberando a la otra parte de tareas que están fuera del núcleo de su negocio.

Dado el potencial existente en la minería chilena en cuanto a tranques o depósitos con recursos interesantes económicamente es que el modelo propuesto tiene sentido para inversionistas; ya que por una parte tiene buena rentabilidad y por otra se desarrolla en una industria consolidada y referente a nivel mundial. En Chile existen profesionales y tecnología para este tipo de desarrollos.

Desde la perspectiva social, los tranques de relaves ya cerrados o en situación de abandono, mediante la aplicación de un modelo como este, pueden pasar desde ser un problema a ser un factor de impulso económico para las comunidades aledañas, y para el país en general mediante el pago de impuestos.

### 13. Bibliografía

1. BREALEY,R ; MYERS,S Y ALLEN,F. Principios de Finanzas Corporativas.2010 9ª ed. México, Mc Graw Hill Educación. 976p.
2. CHILE, MINISTERIO DE MINERIA Publicado en Diario Oficial el 11 de abril de 2007. Decreto Supremo N°248 “Reglamento para la aprobación de proyectos de diseño, construcción, operación y cierre de los depósitos de relave. Santiago: Ministerio de Minería de Chile.
3. CHILE, SERVICIO NACIONAL DE GEOLOGÍA Y MINERÍA (2013). Anuario de la Minería de Chile 2013.
4. CHILE, SERVICIO NACIONAL DE GEOLOGÍA Y MINERÍA (2010). Catastro de Depósitos de Relaves Depósitos de Relaves Activos y No Activos. Gobierno de Chile: Departamento de Seguridad Minera.
5. COCHILCO. Construcción de indicadores de eficiencia energética en minería 2014. Registro de propiedad intelectual N° 248130.
6. COCHILCO. Mercado de metales e insumos estratégicos.  
[www.cochilco.cl/estudios/mercado de metales e insumos estratégicos/energía](http://www.cochilco.cl/estudios/mercado%20de%20metales%20e%20insumos%20estrat%C3%A9gicos/energ%C3%ADa)
7. COCHILCO. Mercado de metales e insumos estratégicos.  
[www.cochilco.cl/estudios/mercado de metales e insumos estratégicos/inversión](http://www.cochilco.cl/estudios/mercado%20de%20metales%20e%20insumos%20estrat%C3%A9gicos/inversi%C3%B3n)
8. CONSEJO MINERO. Minería en cifras.  
[www.consejominero.cl/](http://www.consejominero.cl/), Chile, país minero.
9. EDITEC (Ed). (2013), Compendio de la Minería. Santiago: Grupo Minería Chilena.
10. WHEELLEN, T. L. Y HUNGER J.D. Administración Estratégica y Política de Negocios, Hacia la sostenibilidad. 2013. 13ª ed. Colombia, Pearson. 608p.

## 14. Anexos

### Anexo A. Normas aplicables a la extracción de relaves

COMPONENTE			
SEGURIDAD SALUD EN EL TRABAJO AMBIENTE COMUNIDAD	REGULACIÓN APLICABLE	ENTIDAD REGULADORA	FECHA DE PUBLICACIÓN/ VIGENCIA
Ambiente Comunidad Salud en el Trabajo	Decreto N°144/61 "Establece normas para evitar emanaciones o contaminantes atmosféricos de cualquier naturaleza"	Ministerio de Salud	18 de mayo de 1961
Ambiente Comunidad Salud en el Trabajo	Decreto N°75/87 "Establece condiciones para el transporte de cargas que indica"	Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones; Subsecretaría de Transporte	17 de julio de 1987
Ambiente Comunidad Salud en el Trabajo	Decreto N°59/98 "Establece norma de calidad primaria para material particulado respirable MP10, en especial de los valores que definen situaciones de emergencia"	Ministerio Secretaría General de la Presidencia	25 de mayo de 1998
Ambiente Comunidad Salud en el Trabajo	Decreto N°112/02 2 "Norma primaria de calidad de aire para ozono (O3)"	Servicio de Salud	6 de marzo de 2003
Ambiente Comunidad Salud en el Trabajo	Decreto N°594/00 "Aprueba reglamento sobre condiciones sanitarias y ambientales en los lugares de trabajo"	Servicio de Salud	20 de abril de 2000
Ambiente Comunidad Salud en el Trabajo	Decreto N°113/02 "Establece norma primaria de calidad de aire para dióxido de azufre (SO2)"	Servicio de Salud	6 de marzo de 2003
Ambiente Comunidad Salud en el Trabajo	Decreto N°114/02 "Establece norma de calidad de aire para dióxido de nitrógeno (NO2)"	Servicio de Salud	6 de marzo de 2003
Ambiente Comunidad Salud en el Trabajo	Decreto N°115/02 "Establece norma primaria de calidad de aire para monóxido de carbono (CO)"	Servicio de Salud	10 de septiembre de 2002
Ambiente Comunidad Salud en el Trabajo	Decreto N°138/05 "Establece obligación de declarar emisiones que indica"	Servicio de Salud	17 de noviembre de 2003
Ambiente Comunidad Salud en el Trabajo	Decreto N°61/08 "Reglamento de estaciones de medición de contaminantes atmosféricos"	Servicio de Salud	19 de noviembre de 2008
Ambiente Comunidad Salud en el Trabajo Seguridad	Decreto N°4/94 "Establece normas de emisión de contaminantes aplicables a los vehículos motorizados y fija los procedimientos para su control"	Carabineros de Chile	29 de enero de 2004
Ambiente Comunidad Salud en el Trabajo Seguridad	Decreto N°54/94 "Establece Normas de Emisión Aplicables a Vehículos Motorizados Medianos que Indica"	Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones	29 de septiembre de 2012

Ambiente Comunidad Salud en el Trabajo Seguridad	Decreto N°236/26 "Reglamento General de Alcantarillados Particulares Fosas Sépticas, Cámaras Filtrantes, Cámaras De Contacto, Cámaras Absorbentes y Letrinas Domiciliarias"	Ministerio de Higiene, Asistencia, Previsión y Trabajo	23 de mayo de 1926
Ambiente Salud en el Trabajo	Decreto N°655/41 "Aprueba el reglamento sobre higiene y seguridad"	Ministerio del Trabajo y Previsión Social	7 de marzo de 1941
Ambiente Salud en el Trabajo Seguridad	D.F.L N°1/90 "Determina materias que requieren autorización sanitaria expresa"	Ministerio de Salud	21 de febrero de 1990
Ambiente Comunidad Salud en el Trabajo	D.F.L N°725/68 "Codigo sanitario"	Ministerio de Salud	31 de enero de 1968
Ambiente Comunidad Salud en el Trabajo Seguridad	Decreto N°148/04 "Reglamento Sanitario sobre Manejo de Residuos Peligrosos"	Ministerio de Salud	16 de junio de 2004
Ambiente Comunidad Salud en el Trabajo	Res. 133/05 "Establece regulaciones curenitarias para el ingreso de embalajes de madera"	Servicio Agrícola Ganadero	26 de enero de 2005
Ambiente Comunidad Salud en el Trabajo	Decreto Ley N°3.557/81 "Establece disposiciones sobre protección agrícola"	Ministerio de Agricultura	9 de febrero de 1981
Ambiente Comunidad Salud en el Trabajo	Decreto N°146/97 Establece Norma de emisión de ruidos molestos generados por fuentes fijas, elaborada a partir de la revisión de la norma de emisión contenida en el Decreto N°286/84"	Ministerio de Salud	17 de abril de 1998
Ambiente	Decreto Ley N°701/74 "Fija Regimen Legal de los Terrenos Forestales o Preferentemente Aptos para la Forestación, y Establece Normas de Fomento Sobre La Materia"	Ministerio de Agricultura	28 de octubre de 1974
Ambiente	Decreto N°193/98 "Aprueba Reglamento General del Decreto Ley N° 701, DE 1974, Sobre Fomento Forestal"	Ministerio de Agricultura	29 de septiembre de 1998
Ambiente	Decreto N°151/08 "Oficializa Primera Clasificación de Especies Silvestres Según su Estado de Conservación"	Superintendencia de Medio Ambiente	24 de marzo de 2007
Ambiente	Decreto N°50/08 "Aprueba y Oficializa nómina para el Segundo Proceso de Clasificación de Especies según su Estado de Conservación "	Superintendencia de Medio Ambiente	30 de junio de 2008
Ambiente	Decreto N°51/08 "Aprueba y Oficializa nómina para el Tercer Proceso de Clasificación de Especies según su Estado de Conservación "	Superintendencia de Medio Ambiente	30 de junio de 2008
Ambiente	Decreto N°23/09 "Aprueba y Oficializa nómina para el Cuarto Proceso de Clasificación de Especies según su Estado de Conservación "	Superintendencia de Medio Ambiente	7 de mayo de 2009
Ambiente	Decreto N°33/2012 "Aprueba y oficializa clasificación de especies según su estado de conservación, quinto proceso"	Superintendencia de Medio Ambiente	27 de febrero de 2012

Ambiente	Ley N° 19.473/96 "Sustituye texto de la Ley N° 4.601, Sobre caza, y artículo 609 del Código Civil"	Ministerio de Agricultura	27 de septiembre de 1996
Ambiente	Decreto N°5/98 modificado por el Decreto N°53/03 "Reglamento de la Ley de Caza"	Ministerio de Agricultura	7 de diciembre de 1998
Ambiente Seguridad	Decreto N°248/07 "Reglamento para la aprobación de Proyectos de Diseño, Construcción, Operación y Cierre de Depósitos de Relaves"	Ministerio de Minería	11 de abril de 2007
Ambiente Seguridad	Decreto N°132/04 "Reglamento sobre Seguridad Minera"	Ministerio de Minería	7 de febrero de 2004
Salud en el Trabajo	Decreto N°735/69 Modificado por el D.S N°10/84 y por D.S N° 131/07 "Reglamento de los servicios de agua destinados al consumo humano"	Ministerio de Salud	19 de diciembre de 1969
Salud en el Trabajo	Decreto N°446/06 "Declara Normas Oficiales de la República"	Ministerio de Salud	16 de junio de 2006
Salud en el Trabajo Seguridad	Ley 16.744/68 "Establece Normas Sobre Accidentes del Trabajo y Enfermedades Profesionales"	Ministerio de Salud	1 de febrero de 1968
Ambiente Comunidad Seguridad	Decreto N°298/95 "Reglamenta Transporte de Cargas Peligrosas por Calles y Caminos"	Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones	11 de febrero de 1995
Salud en el Trabajo Seguridad	Ley N°20.001/05 "Regula el Peso Maximo de Carga Humana"	Ministerio del Trabajo y Previsión Social; Subsecretaría de Previsión Social	5 de febrero de 2005
Salud en el Trabajo Seguridad	Ley N°20.123/06 "Regula Trabajo en Regimen de Subcontratación, el Funcionamiento de las Empresas de Servicios Transitorios y el Contrato de Trabajo de Servicios Transitorios"	Ministerio del Trabajo y Previsión Social; Subsecretaría de Previsión Social	16 de octubre de 2006
Ambiente Comunidad Salud en el Trabajo	Ley N°20.308/08 "Sobre Protección a los Trabajadores en el Uso de Productos Fitosanitarios"	Ministerio de Agricultura	27 de diciembre de 2008
Salud en el Trabajo Seguridad	Ley N°20.545/11 "Modifica las Normas Sobre Protección a la Maternidad e Incorpora el Permiso Postnatal Parental"	Ministerio del Trabajo y Previsión Social; Subsecretaría de Previsión Social	17 de octubre de 2011
Ambiente	Ley N°20.096/06 "Establece Mecanismos de Control Aplicables a las Sustancias Agotadoras de la Capa de Ozono"	Ministerio Secretaría General de la Presidencia	23 de marzo de 2006
Comunidad Salud en el Trabajo Seguridad	Ley N°18.290/84 "Ley de Transito"	Ministerio de Justicia	7 de febrero de 1984
Comunidad Salud en el Trabajo Seguridad	Ley N°20.660/13 "Modifica Ley N° 19.419, en materia de Ambiente Libres de Humo de Tabaco"	Ministerio de Salud	8 de febrero de 2013
Salud en el Trabajo	Ley N°20.609/12 "Establece Medidas Contra la Discriminación"	Ministerio del Trabajo y Previsión Social; Subsecretaría de Previsión Social	24 de julio de 2012
Territorio	Ley N°20.016/05 "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	27 de mayo de 2005



Salud en el Trabajo	Ley N°19.518/97 "Fija Nuevo Estatuto de Capacitación y Empleo"	Ministerio del Trabajo y Previsión Social	14 de octubre de 1997
Empresa minera	Decreto Ley N°824/74 "Aprueba Texto que Indica de la Ley Sobre Impuesto a la Renta"	Ministerio de Hacienda	31 de diciembre de 1974
Ambiente	Decreto N°4363/31 "Aprueba Texto Definido de la Ley de Bosques"	Ministerio de Tierras y Colonización	31 de julio de 1931
Ambiente Comunidad Seguridad	Decreto N°158/80 "Fija el Peso Maximo de los Vehiculos que pueden Circular por Caminos públicos"	Ministerio de Obras Públicas	7 de abril de 1980
Territorio	D.F.L N°1/82 "Aprueba Modificaciones al D.F.L. N° 4, de 1959, Ley general de Servicios Electricos, en Materia de Energía Eléctrica"	Ministerio de Minería	13 de septiembre de 1982
Ambiente Seguridad	Decreto Supremo N°132 "Reglamento de Seguridad Minera"	Ministerio de Minería	7 de Febrero de 2004
Salud en el Trabajo	Decreto N°54/69 "Aprueba Reglamento para la Constitución y Funcionamiento de los Comites paritarios de Higiene y Seguridad"	Ministerio del Trabajo y Previsión Social	11 de marzo de 1969
Salud en el Trabajo	Decreto N°67/00 "Aprueba Reglamento Para Aplicación de Artículos 15 Y 16 de Ley N°16.744, Sobre exenciones, Rebajas y recargos de la Cotización Adicional Diferenciada"	Ministerio del Trabajo y Previsión Social	7 de marzo de 2000
Territorio	Decreto N°47/92 "Fija Nuevo Texto de la Ordenanza General de la Ley General de Urbanismo y Construcciones"	Ministerio de Urbanismo y Vivienda	11 de junio de 1992
Salud en el Trabajo	Decreto N°56/96 "Aprueba Reglamento del Servicio de Bienestar de los trabajadores de la Empresa Nacional de Minería"	Ministerio del Trabajo y Previsión Social	20 de junio de 1996
Salud en el Trabajo Seguridad	Decreto N°76/07 "Aprueba reglamento para la Aplicación del Artículo 66 bis de la Ley N° 16.744 Sobre la Gestion de la Seguridad y Salud en el Trabajo en Obras, Faenas o Servicios que Indica"	Ministerio del Trabajo y Previsión Social	18 de enero de 2007
Ambiente Comunidad Salud en el Trabajo Seguridad	Decreto N°12/85 "Aprueba Reglamento para el Transporte Seguro de Materiales Radiactivos"	Ministerio de Minería	10 de junio de 1985
Ambiente Comunidad Salud en el Trabajo Seguridad	Decreto N°160/09 "Aprueba Reglamento de Seguridad para las Instalaciones y Operaciones de producción y Refinación, Transporte, Almacenamiento, Distribución y Abastecimiento de Combustibles Líquidos"	Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción	7 de julio de 2009
Salud en el Trabajo Seguridad	Decreto N°63/05 "Aprueba Reglamento para la Aplicación de la Ley N° 20.001, que Regula el Peso Maximo de Carga Humana"	Ministerio del Trabajo y Previsión Social	12 de septiembre de 2005
Salud en el Trabajo Seguridad	Decreto N°40/69 "Aprueba Reglamento Sobre Prevención de Riesgos Profesionales"	Ministerio del Trabajo y Previsión Social	7 de marzo de 1969
Ambiente Comunidad Salud en el Trabajo Seguridad	NCH 2.245 "Sustancias Químicas- Hojas de seguridad- Requisitos"	Instituto Nacional de Normalización	No Aplica

Ambiente Comunidad Salud en el Trabajo Seguridad	NCh 2.190 "Sustancias Peligrosas, Etiquetadas y Rotuladas para el Transporte"	Instituto Nacional de Normalización	No Aplica
Salud en el Trabajo	NCh N° 409/1 de 2005 "Norma Calidad del Agua Potable"	Instituto Nacional de Normalización	No Aplica
Fuente: Elaboración propia.			

Fuente: Levantamiento marco legal, Ambientología.

## Anexo B. Localizaciones territoriales depósitos de relave

EMPRESA	FAENA	DEPOSITO	TIPO DEPOSITO	COMUNA	UTM NORTE	UTM ESTE	PASTA ORIGEN	N° RESOL. APROB.	SITUACION ACTUAL
Xstrata Copper Chile S.A	Altonorte	Altonorte	Embalse	Antofagasta	7.366.300	362.000	Cobre	1811	Activo
Cía Meridian Ltda	El Peñón	El Peñón	Filtrado	Antofagasta	7.300.260	450.803	Oro	918	Activo
Cía Minera Las Cenizas S.A.	Planta Las Luces	Las Luces 2	Tranque	Taltal	7.160.793	340.975	Cobre	2921	Activo
Cía Minera Las Cenizas S.A.	Planta Las Luces	Las Luces 1	Tranque	Taltal	7.161.200	340.6	Cobre	16	No Activo
Codelco Norte	Chuquicamata	Talabre	Tranque	Calama	7.526.000	522.5	Cobre	72	Activo
C.M. Mantos de Oro	Planta La Coipa	S/I	S/I	Copiapó	7.031.800	472.5	Oro	S/I	Activo
C.M. Mantos de Oro	Planta La Coipa	S/I	S/I	Copiapó	7.031.800	472.5	Oro	S/I	Activo
C.M San Patricio	Planta San Patricio	S/I	S/I	Copiapó	6.969,49	367.288	Cobre	S/I	No Activo
C.M. Atacama Kozan.	TR El Gato	S/I	S/I	Copiapó	6.971.000	375	Cobre	S/I	Activo
C.C.M. Candelaria	Planta Candelaria	S/I	S/I	T. Amarilla	6.957.400	370,800	Cobre	S/I	Activo
C.M.Ojos del Salado	Planta Pedro A. Cerda	S/I	S/I	T. Amarilla	6.958.350	375.900	Cobre	S/I	No Activo
C.M.Ojos del Salado	Planta Pedro A. Cerda	S/I	S/I	T. Amarilla	6.958.350	375.900	Cobre	S/I	No Activo
C.M.Ojos del Salado	Planta Pedro A. Cerda	S/I	S/I	T. Amarilla	6.958.350	375.900	Cobre	S/I	No Activo
C.M.Ojos del Salado	Planta Pedro A. Cerda	S/I	S/I	T. Amarilla	6.958.350	375.900	Cobre	S/I	No Activo
C.M.Ojos del Salado	Planta Pedro A. Cerda	S/I	S/I	T. Amarilla	6.958.350	375.900	Cobre	S/I	No Activo
C.M.Ojos del Salado	Planta Pedro A. Cerda	S/I	S/I	T. Amarilla	6.958.350	375.900	Cobre	S/I	No Activo
Cia Minera del Pacifico	El Trigo	El Trigo	Tranque	La Serena	6,705,720	283,800	Hierro	1,538	Activo
Minera Los Pelambres	El Chinche	El Chinche	Tranque	Salamanca	6.487.000	350	Cobre-Molibdeno	127	No Activo
Minera Los Pelambres	Los Quillayes	Los Quillayes	Tranque	Salamanca	6.487.300	358.2	Cobre-Molibdeno	287	Activo

Empresa	Faena	Deposito	Tipo depósito	Comuna	UTM norte	UTM este	Pasta origen	N° resol. Aprob.	Situación actual
Cía. Mra. Cerro Negro S.A.	Cerro Negro	Cerro Negro N°6	Tranque	Cabildo	S/I	S/I	S/I	S/I	Activo
CODELCO Chile Div. Andina	División Andina	Ovejería	Tranque	Til Til	6.343.800	332.100	Cobre	275	Activo
CODELCO Chile Div. Andina	División Andina	Los Leones	Embalse	Los Andes	S/I	S/I	S/I	S/I	Activo
Cía. Disputada de Las Condes	El Soldado	El Torito	Tranque	Nogales	S/I	S/I	S/I	S/I	Activo
Cía. Disputada de Las Condes	Planta San Fco.	Los Bronces	Tranque	Lo Barnechea	S/I	S/I	S/I	612	No Activo
MRA.Sur Andes Ltda.	Las Tortolas	Las Tórtolas	Tranque	Colina	S/I	S/I	S/I	S/I	Activo
CODELCO Chile Div. Andina	Div. Andina	Los Leones	S/I	Los Andes	S/I	S/I	S/I	S/I	No Activo
CODELCO Chile Div. Andina	Div. Andina	Piuquenes 1	S/I	Los Andes	S/I	S/I	S/I	S/I	No Activo
CODELCO Chile Div. El Teniente	Div.- El Teniente	Colihue	Embalse	Requinua	S/I	S/I	S/I	S/I	Activo
CODELCO Chile Div. El Teniente	Div.- El Teniente	Cauquenes	Tranque	Requinua	S/I	S/I	S/I	S/I	No Activo
CODELCO Chile Div. El Teniente	Div.- El Teniente	Barahona	Tranque	Machali	S/I	S/I	S/I	S/I	No Activo
CODELCO Chile Div. El Teniente	Div.- El Teniente	Caren	Tranque	Alhue	S/I	S/I	Cobre	S/I	Activo
Cía Minera Alhué de Oro S.A.	Planta Alhué	Tranque N° 2	Tranque	Alhué	S/I	S/I	S/I	312	No Activo
S.C.M. Tambillos (ex Cominor)	Las Palmas	Dep.Las Palmas	Tranque	Pencahue	6.103.100	249.100	Oro	16	No Activo

Empresa	Faena	Deposito	Tipo Deposito	Comuna	UTM Norte	UTM Este	Pasta Origen	N° Resol. Aprob.	Situacion Actual
S.C.M.El Toqui	Planta el Toqui	Tranque	Tranque	Coyhaique	5.009.250	269.238	Zinc-Oro	657	Activo
Cerro Bayo	Pta. Fachinal	Tk Fachinal	Tranque	Chile Chico	4.840.250	270.75	Zinc-Oro	731	Activo
S.C.M.El Toqui	Planta el Toqui	La Leñera	Tranque	Coyhaique	S/I	S/I	S/I	S/I	No Activo
S.C.M.El Toqui	Planta el Toqui	Dep. Antigua	Tranque	Coyhaique	S/I	S/I	S/I	S/I	No Activo

Fuente: Catastro de tranques de relave, Sernageomin

## Anexo C. Diagramas de proceso

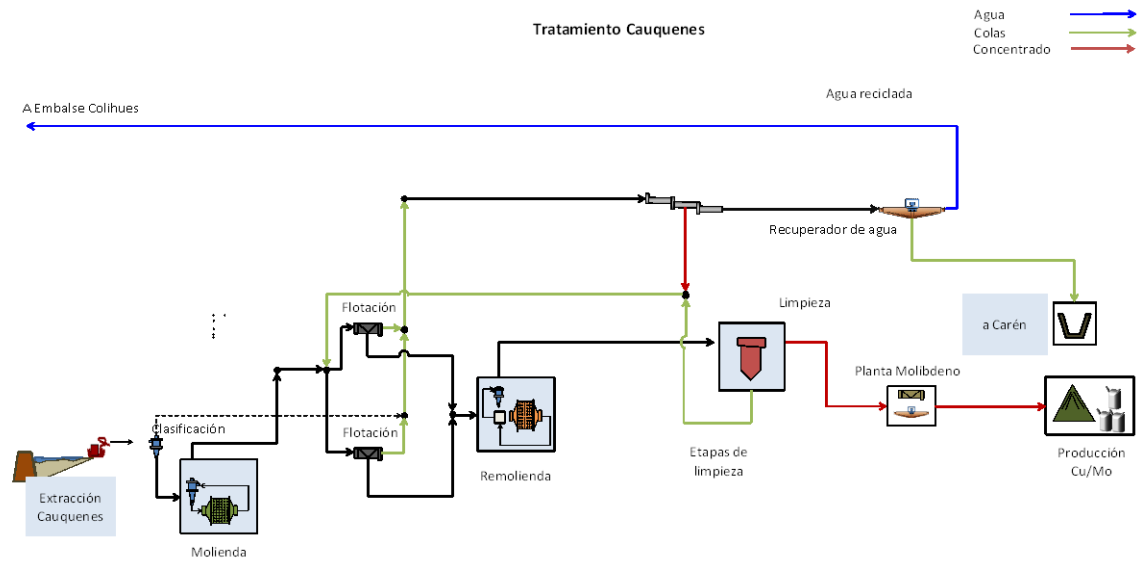


Diagrama proceso Tranque Cauquenes  
Fuente: Elaboración propia

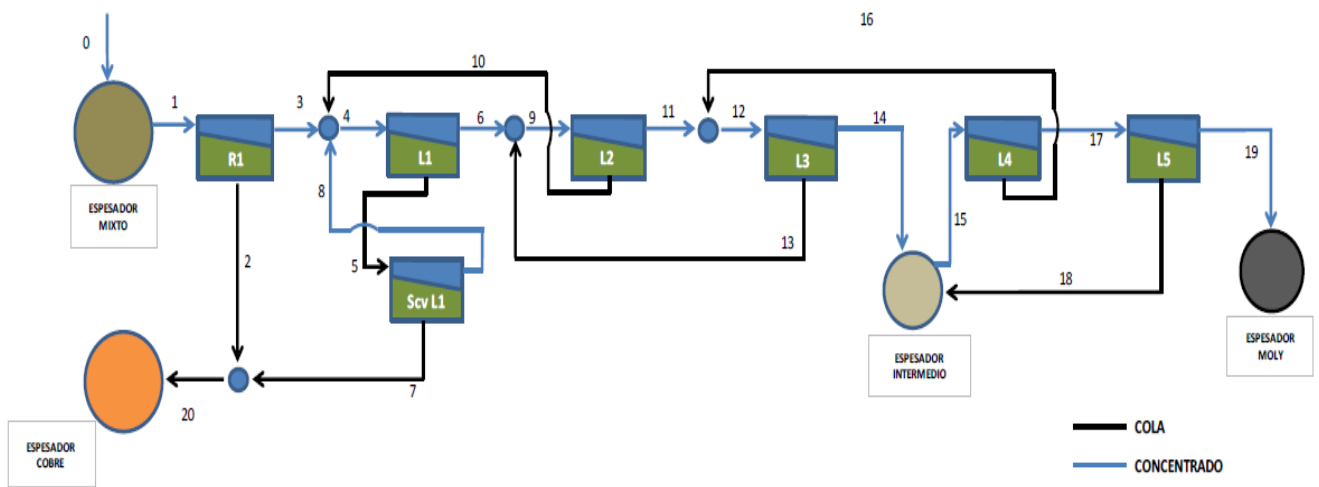


Diagrama Proceso de recuperación de Molibdeno  
Fuente: Elaboración propia

## Anexo D. Flujo de caja maquilador detallado

FLUJO CAJA										
Año	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Precio del cobre [US\$/Lb]		2,75	2,75	2,75	2,75	2,75	2,75	2,75	2,75	2,75
Precio del Molibdeno [US\$/Lb]		11								
<b>INGRESOS</b>										
Ingresos x venta Cobre [US\$]		176.498.777	179.056.730	178.445.615	178.445.615	179.056.730	179.056.730	191.890.148	185.167.881	175.390.039
Ingresos x venta Molibdeno [US\$]		32.137.235	32.602.992	63.525.417	72.264.363	76.633.836	79.994.969	89.406.142	57.475.377	31.258.538
Costos de tratamiento [US\$]		-10.868.659	-11.026.176	-10.988.544	-10.988.544	-11.026.176	-11.026.176	-11.816.448	-11.402.496	-10.800.384
Costos de refinación [US\$]		-4.621.059	-4.688.031	-4.672.031	-4.672.031	-4.688.031	-4.688.031	-5.024.033	-4.848.032	-4.592.030
Ingresos por Plata (Ag)[US\$]		1.750.000	1.750.000	1.750.000	1.750.000	1.750.000	1.750.000	1.750.000	1.750.000	1.750.000
Multas por impurezas [US\$]		-120.000	-120.000	-120.000	-120.000	-120.000	-120.000	-120.000	-120.000	-120.000
Costo tratamiento Molibdeno [US\$]		-10.926.660	-11.085.017	-21.598.642	-24.569.883	-26.055.504	-27.198.290	-30.398.088	-19.541.628	-10.627.903
<b>TOTAL INGRESOS US\$</b>		<b>183.849.634</b>	<b>186.490.498</b>	<b>206.341.815</b>	<b>212.109.520</b>	<b>215.550.855</b>	<b>217.769.203</b>	<b>235.687.720</b>	<b>208.481.102</b>	<b>182.258.261</b>
<b>COSTOS</b>										
Costos directos producción [US\$]		-52.305.902	-52.956.601	-52.352.056	-52.576.867	-52.863.030	-51.154.378	-51.742.466	-51.804.153	-51.782.596
Costos directos producción [US\$/lb]		0,81	0,81	0,81	0,81	0,81	0,79	0,79	0,77	0,81
<b>MARGEN OPERACIONAL TOTAL [US\$]</b>		<b>131.543.732</b>	<b>133.533.896</b>	<b>153.989.759</b>	<b>159.532.653</b>	<b>162.687.825</b>	<b>166.614.825</b>	<b>183.945.254</b>	<b>156.676.949</b>	<b>130.475.664</b>
Pago por maquila 50% [US\$]		65.771.866	66.766.948	76.994.880	79.766.326	81.343.913	83.307.412	91.972.627	78.338.474	65.237.832
Pago por maquila 50% [US\$/Lb]		1,02	1,03	1,19	1,23	1,25	1,28	1,32	1,16	1,02
Costo para el dueño [US\$/Lb]		1,84	1,84	1,99	2,04	2,06	2,07	2,06	1,93	1,83
<b>EMPRESA MAQUILADORA</b>										
<b>INGRESOS</b>										
Ingresos por maquila [US\$]		65.771.866	66.766.948	76.994.880	79.766.326	81.343.913	83.307.412	91.972.627	78.338.474	65.237.832
Préstamo [US\$]		-103.321.390								
Depreciación [US\$]		-5.437.968	-5.437.968	-5.437.968	-5.437.968	-5.437.968	-5.437.968	-5.437.968	-5.437.968	-5.437.968
Costo financiero [US\$]		-6.715.890	-7.152.423	-7.617.331	-8.112.457	-8.639.767	-9.201.352	-9.799.440	-10.436.403	-11.114.769
Ingreso antes de impuesto [US\$]		53.618.008	54.176.557	63.939.581	66.215.901	67.266.178	68.668.093	76.735.220	62.464.103	48.685.095
Impuesto 1ra Categoría [US\$]		-12.868.322	-13.544.139	-17.263.687	-17.878.293	-18.161.868	-18.540.385	-20.718.509	-16.865.308	-13.144.976
Pago préstamo ( capital) [US\$]		0	0	-12.915.174	-12.915.174	-12.915.174	-12.915.174	-12.915.174	-12.915.174	-12.915.174
Inversiones anuales [US\$]		-3.000.000	-3.000.000	-3.000.000	-3.000.000	-3.000.000	-3.000.000	-3.000.000	-3.000.000	-3.000.000
<b>FLUJO ANUAL [US\$]</b>		<b>-103.321.390</b>	<b>37.749.686</b>	<b>37.632.418</b>	<b>30.760.721</b>	<b>32.422.434</b>	<b>33.189.136</b>	<b>34.212.534</b>	<b>40.101.537</b>	<b>29.683.622</b>

FLUJO CAJA										
Año	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Precio del cobre [US\$/Lb]		2,75	2,75	2,75	2,75	2,75	2,75	2,75	2,75	2,75
Precio del Molibdeno [US\$/Lb]										
<b>INGRESOS</b>										
Ingresos x venta Cobre [US\$]		106.334.031	96.148.779	108.371.081	117.741.513	120.593.384	132.815.686	135.667.557	124.667.484	120.185.974
Ingresos x venta Molibdeno [US\$]		35.179.860	54.002.206	56.018.886	25.768.688	19.942.723	24.872.385	26.889.065	45.487.335	47.728.091
Costos de tratamiento [US\$]		-6.547.968	-5.920.768	-6.673.408	-7.250.432	-7.426.048	-8.178.688	-8.354.304	-7.676.928	-7.400.960
Costos de refinación [US\$]		-2.784.018	-2.517.350	-2.837.352	-3.082.687	-3.157.354	-3.477.356	-3.552.023	-3.264.021	-3.146.687
Ingresos por Plata (Ag)[US\$]		1.750.000	1.750.000	1.750.000	1.750.000	1.750.000	1.750.000	1.750.000	1.750.000	1.750.000
Multas por impurezas [US\$]		-120.000	-120.000	-120.000	-120.000	-120.000	-120.000	-120.000	-120.000	-120.000
Costo tratamiento Molibdeno [US\$]		-11.961.153	-18.360.750	-19.046.421	-8.761.354	-6.780.526	-8.456.611	-9.142.282	-15.465.694	-16.227.551
<b>TOTAL INGRESOS US\$</b>		<b>121.850.752</b>	<b>124.982.117</b>	<b>137.462.786</b>	<b>126.045.728</b>	<b>124.802.179</b>	<b>139.205.416</b>	<b>143.138.012</b>	<b>145.378.176</b>	<b>142.768.866</b>
<b>COSTOS</b>										
Costos directos producción [US\$]		-39.765.431	-39.711.952	-40.296.704	-40.810.685	-41.145.237	-41.761.418	-42.112.041	-42.055.004	-42.193.844
Costos directos producción [US\$/lb]		1,03	1,14	1,02	0,95	0,94	0,86	0,85	0,93	0,97
<b>MARGEN OPERACIONAL TOTAL [US\$]</b>		<b>82.085.322</b>	<b>85.270.165</b>	<b>97.166.082</b>	<b>85.235.043</b>	<b>83.656.942</b>	<b>97.443.999</b>	<b>101.025.972</b>	<b>103.323.173</b>	<b>100.575.023</b>
Pago por maquila 50% [US\$]		41.042.661	42.635.082	48.583.041	42.617.521	41.828.471	48.721.999	50.512.986	51.661.586	50.287.511
Pago por maquila 50% [US\$/Lb]		1,06	1,22	1,23	1,00	0,95	1,01	1,02	1,14	1,15
Costo para el dueño [US\$/Lb]		2,09	2,36	2,26	1,95	1,89	1,87	1,88	2,07	2,12
<b>EMPRESA MAQUILADORA</b>										
<b>INGRESOS</b>										
Ingresos por maquila [US\$]		41.042.661	42.635.082	48.583.041	42.617.521	41.828.471	48.721.999	50.512.986	51.661.586	50.287.511
Préstamo [US\$]										
Depreciación [US\$]		-5.437.968	-5.437.968	-5.437.968	-5.437.968	-5.437.968	-5.437.968	-5.437.968	-5.437.968	-5.437.968
Costo financiero [US\$]		-11.837.229	0	0	0	0	0	0	0	0
Ingreso antes de impuesto [US\$]		23.767.463	37.197.114	43.145.073	37.179.554	36.390.503	43.284.031	45.075.018	46.223.618	44.849.543
Impuesto 1ra Categoría [US\$]		-6.417.215	-10.043.221	-11.649.170	-10.038.479	-9.825.436	-11.686.688	-12.170.255	-12.480.377	-12.109.377
Pago préstamo ( capital) [US\$]		-12.915.174	0	0	0	0	0	0	0	0
Inversiones anuales [US\$]		-3.000.000	-3.000.000	-3.000.000	-3.000.000	-3.000.000	-3.000.000	-3.000.000	-3.000.000	-3.000.000
<b>FLUJO ANUAL [US\$]</b>		<b>1.435.075</b>	<b>24.153.894</b>	<b>28.495.903</b>	<b>24.141.074</b>	<b>23.565.067</b>	<b>28.597.343</b>	<b>29.904.763</b>	<b>30.743.242</b>	<b>29.740.167</b>