



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

**ELEMENTOS ESTRATEGICOS PARA EL DESARROLLO DE
RECURSOS GEOLOGICOS EN EL DISTRITO MINERO TUINA**

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

LUCAS VICTOR NAVARRO FERNANDEZ

**PROFESOR GUÍA:
ROBERTO FRÉRAUT CONTRERAS**

**MIEMBROS DE LA COMISION:
EDUARDO CONTRERAS VILLABLANCA
MARCOS LIMA ARAVENA**

**SANTIAGO DE CHILE
2021**

**RESUMEN DE LA TESIS PARA OPTAR AL
TITULO DE: Grado de Magister en Gestión y
Dirección de empresas.
POR: Lucas Víctor Navarro Fernández
FECHA: Abril de 2021
PROFESOR GUÍA: Roberto Fréaut**

ELEMENTOS ESTRATEGICOS PARA EL DESARROLLO DE RECURSOS GEOLOGICOS EN EL DISTRITO MINERO TUINA

El distrito minero Tuina es un sector explotado en el pasado por la empresa Cerro Dominador, con un enfoque de pequeña minería, aplicando métodos extractivos de rajo abierto a los recursos geológicos de tipo óxidos. Esta tesis abre una propuesta metodológica, que revisa el contexto del segmento industrial de la mediana minería, el pasado de Cerro Dominador, de esa forma, se da un marco de análisis cuyo objetivo es posicionar un nivel de expectativas en base a la historia, además, de dar una opinión informada y con conocimiento de este trabajo, sobre el potencial de este distrito. Esta metodología abre, además, espacios para aplicar visiones de desarrollo a distritos pequeños y medianos, que con proyectos aislados resultan ser poco rentables o injustificados para los tamaños de la inversión minera de esta escala.

En los siguientes capítulos se aborda, inicialmente, el proyecto Pampita por ser el que cuenta con más información. En este trabajo se han realizado distintos desgloses de variables, que influyen en los inventarios de recursos, los cuales se traducen en un modelo económico financiero, el cual realiza un pronóstico de flujos de caja potenciales, orientando una estrategia de desarrollo minero, apalancado por una explotación subterránea. Los supuestos y límites técnicos de las variables se exponen en esta tesis, concluyéndose que se requiere de un nuevo foco integrador, para percibir el beneficio potencial que pudiera aprovecharse de los recursos geológicos con los que se cuenta. También se plantean escenarios, producto de estos análisis, dónde podrían señalarse posibilidades de crecimiento del potencial de negocios en al menos 2 o 3 veces el valor actual percibido.

En el capítulo de discusiones se pone sobre la mesa temas de comparación con otros proyectos, así como una tentativa en cuanto al mecanismo para intervenir el distrito, tangibilizando algunos riesgos inherentes a la inversión minera. Se abordan también otros temas como variables medio ambientales, comunidades y aguas, para proyectos de pequeña a mediana escala.

Finalmente, se pone en perspectiva algunas aristas esbozadas desde el caso de éxito de la empresa australiana “*Northern Star Resources*”, que ha sido la empresa minera de mayor crecimiento en el mundo los últimos 10 años, esto, con objeto de rescatar algunos puntos centrales, guías y orientaciones a seguir para el desarrollo de proyectos, así como distritos mineros, con buscando mejor valor agregado en negocios de esta naturaleza y escala.

DEDICATORIA

Dedicado a mis padres, Hugo y Elizabeth, mis hermanas Daniela y Nicole. En memoria de mi abuela. A mis familiares y seres queridos. A quienes he tenido el agrado de conocer y poder compartir momentos de reflexión y discusión. En especial a quien nos da la salud, la fortaleza y la capacidad de continuar cada día, esta humilde contribución es en tu nombre.

TABLA DE CONTENIDO

ELEMENTOS ESTRATEGICOS PARA EL DESARROLLO DE RECURSOS GEOLOGICOS EN EL DISTRITO MINERO TUINA

DEDICATORIA	ii
1. INTRODUCCION.....	1
1.2. Objetivos	3
1.2.1. Objetivo general	3
1.2.2 Objetivos específicos	3
1.3 Metodología	4
1.4 Alcances del estudio	6
1.5 Resultados esperados	6
2. ANÁLISIS ESTRATÉGICOS, CONTEXTOS, TENDENCIAS, PERSPECTIVAS DE LA INDUSTRIA.....	8
2.1 Ubicaciones y contexto general	8
2.2 Justificación del caso de estudio	10
2.2.1 Historia Cerro Dominador (CD)	10
2.2.2 El proyecto actual.....	12
2.2.3 Definiciones sobre mediana minería, contexto para la mediana empresa minera	14
2.3 Componente estratégica	15
2.4 Perspectivas de la mediana minería en Chile.....	18
3. CASO DE ESTUDIO DEL PROYECTO PAMPITA, ANÁLISIS ECONÓMICO DE LOS CASOS BASE, DESGLOSE DE VARIABLES	26
3.1. INFORME EMI	27
3.2. INFORME NZD	28
3.3 Comentarios y planteamientos sobre los informes	30
3.4 Evaluación casos base.....	32
3.4.1 Importancia de mapear los procesos de los inventarios de recursos	36
3.5 Análisis de escenarios y sensibilidades.....	39
4.0 PLANTEAMIENTOS PARA EL DESARROLLO DE RECURSOS GEOLÓGICOS, INVENTARIOS E IMPACTO ESTRATÉGICO	40
4.1 Definiciones para estrategias posibles	41
4.1.1 Extensión de la fase 1 (Óxidos)	43
4.1.2 Extensión de la fase 2, minerales Mixtos.....	45
4.1.3 Resúmenes de los escenarios para óxidos y minerales mixtos	46

4.1.3) Extensión de la fase 3, Sulfuros.....	48
4.2 Modelo económico ajustado a los escenarios	49
4.3 Otras variables de impacto en los inventarios.....	54
4.4. Otras exploraciones e inventarios posibles	56
5.0 DISCUSIONES	60
5.1 Proyectos comparables y benchmarking.....	60
5.2 Riesgos de inversión y posibles estrategias de mecanismos de intervención.....	65
5.3 Medio ambiente, comunidades, aguas	69
5.4 Estrategias para el desarrollo de la mediana empresa.....	71
5.4.1 <i>Northern Star Resources</i> (NSR) el caso australiano	71
5.4.2 Algunos comentarios relacionados a las estrategias y planificación minera	74
6.0 CONCLUSIÓN	76
7. BIBLIOGRAFÍA	81
8. ANEXOS	82
8.1 Sobre la Geología, discusiones varias.....	83
8.2 Modelo Económico – financiero.....	85
8.2.1 Variable de trabajo utilizadas para flujo de caja	85
8.2.2 Modelo de flujo de caja desglosado	86

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Cartera de proyectos de la mediana minería. Fuente: Tomado de Cochilco (2019).	19
Tabla 2 Empresas de mediana minera, producciones, consumo de inventarios de recursos estimados. Fuente: Elaboración propia, datos tomados de Cochilco (Yearbook, 2020).	25
Tabla 3 Comparación de parámetros de niveles de óxidos en informes de ingeniería EMI y NZD. Fuente: Elaboración propia en base a Informe EMI (2017), Informe Mindenor (2019).	31
Tabla 4 Rangos de variación de los beneficios unitarios por tonelada de los bloques en categorías de óxidos. Nomenclatura: RBL: Ripios de baja ley; RML: Ripios de mediana ley; RAL: Ripios de alta ley, no aplican dentro del concepto lógico de envío a planta de lixiviación. Fuente: Elaboración propia en base a Informe EMI (2017), Informe NZD (2019).	35
Tabla 5 Variaciones en indicadores económicos, ampliado de informe NZD.	39
Tabla 6 Brownfield y tonelajes esperados para la ampliación de fase 1 de óxidos. Escenario 1. Fuente: Elaboración propia.....	43
Tabla 7 Brownfield y tonelajes esperados para la ampliación de la fase 1 de óxidos. Escenario 2. Fuente: Elaboración propia.....	44
Tabla 8 Brownfield y tonelajes esperados de minerales mixtos para la ampliación de la fase 2. Escenario 1. Fuente: Elaboración propia.....	45
Tabla 9 Brownfield y tonelajes esperados de minerales mixtos para la ampliación de la fase 2. Escenario 2. Fuente: Elaboración propia.....	45
Tabla 10 Resumen de los inventarios de recursos esperados para extensión Brownfield de minerales oxidados y mixtos según promedios. Escenario 1. Fuente: Elaboración propia..	46
Tabla 11 Resumen de los inventarios de recursos esperados para extensión Brownfield de minerales oxidados y mixtos según promedios. Escenario 2. Fuente: Elaboración propia..	46
Tabla 12 Variación de leyes de óxidos. Fuente: Elaboración propia.	54

Tabla 13 Variación de leyes para minerales mixtos. Fuente: Elaboración propia.	54
Tabla 14 Variación de costo mina. Fuente: Elaboración propia.....	55
Tabla 15 Variación precio del cobre Fuente: Elaboración propia.	55
Tabla 16 Propiedad minera. Nombres de propiedades, dueños e importancia. Fuente: Elaboración propia, tomado de catastro de propiedad minera Sernageomin.	59
Tabla 17 Proyectos mineros de la mediana minera. Indicadores de recursos, perforación, ratios de desempeño del yacimiento.Fuente:Elaboración propia. Basado en informes y presentaciones publicadas. OP: Open pit; UG: Underground.	61
Tabla 18 Proyectos de mediana minería. Indicadores mineros y económicos. Fuente: Elaboración propia Basado en informes y presentaciones publicadas.	63
Tabla 19 Modelo de mecanismos de intervenciones propuesto para el desarrollo de los yacimientos en Tuina. Fuente: Elaboración propia.	68

INDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 Esquema metodológico, Fuente: tomado de tesis de Monserrat Muñoz (MBA, 2020).....	5
Ilustración 2 Ubicaciones y referencia del proyecto Tuina. Fuente: Imagen de Google earth y modificada por autor.....	9
Ilustración 3 Fotografía aérea de la planta Santa Margarita. Fuente: Imagen de Google earth y modificada por autor.....	10
Ilustración 4 Producción de Cu fino de la empresa Cerro Dominador v/s precios del Cu. Fuente: Gráfico de elaboración propia, datos tomados de Cochilco, Yearbook de estadísticas del cobre 1999-2018.....	11
Ilustración 5 Participación de mercado de empresas del sector de la mediana minería. Fuente: Elaboración propia. Con datos tomados de Cochilco (2019). Memoria ENAMI (2019). Pucobre (2019). La producción de Cenizas, San Gerónimo y Valle Central se han	

extrapolado de las páginas de internet de las compañías al no existir un indicador público, acercándose a la producción total declarada por Cochilco para el año en ejercicio.....	20
Ilustración 6 Empresas de la mediana minería ordenadas. Fuente: Elaboración propia. Datos tomados de Cochilco (2019).....	21
Ilustración 7 Comparación de producciones entre distintas empresas del sector minero con producciones similares a las de Cerro Dominador. Fuente: Elaboración propia, base de datos tomada de Cochilco (Yearbook, 2020).	23
Ilustración 8 Modelos de negocios posibles para casos bases a evaluar. Fuente: Elaboración propia. Dimensiones o mapa mental de ideograma de inventarios.	33
Ilustración 9 Ejemplo de leyes para mineral que va a la línea de hidrometalurgia y los rípios remanentes. Cu fino contenido en los procesos, de acuerdo con leyes promedio del nivel de óxidos en estudio. Fuente: Idea original tomada de SONAMI, versión expandida para el caso de estudio.....	36
Ilustración 10 Cobre fino proyectado Año 2. Línea Hidro, Óxidos, Mixtos y rípios BL (baja ley). Fuente: Elaboración propia en base a Informe EMI (2017), Informe NZD (2019)	37
Ilustración 11 Cobre fino proyectado año 3. Línea Hidro y rípios BL y ML. Fuente: Elaboración propia en base a Informe EMI (2017), Informe NZD (2019)	38
Ilustración 12 Cobre fino proyectado año 4. Línea hidro óxidos, línea rípios y línea sulfuros (morado). Fuente: Elaboración propia en base a Informe EMI (2017), Informe NZD (2019).	38
Ilustración 13 Concepto ampliado de expansión de recursos y reservas. Fuente: Idea tomada de Fréaut (2007).	40
Ilustración 14 Perfil de una curva de costos operacionales de plantas de lixiviación de mediana minería. Fuente: Elaboración propia, con datos de informes privados: Franke (comunicación escrita con área de finanzas de KGHM; Tovaku: informe privado Ausenco, Pucobre; Las Luces:comunicación oral con Juan Marcos Marré, superdintendente de minas del grupo cenizas; Tres valles: Informe PEA sobre la minera Tres valles (informe Público proyecto Papomono, Don Gabriel, sistema integrado para un negocio de la mediana minería).....	51

Ilustración 15 Estrategias de consumo de inventarios de recursos según ritmos de explotación.Fuente:Elaboración propia, en base a modelo económico-financiero.	52
Ilustración 16 Propiedad minera y visualización del distrito. Fuente: Elaboración propia, tomado del catastro online de propiedad minera del Sernageomin.	56
Ilustración 17 Situación de la propiedad minera a nivel local del yacimiento Pampita. Fuente: Fotografía satelital, tomada de Google Earth.	57
Ilustración 18 Situación minera en el sector Sur de Tuina. Fuente: Fotografía satelital tomada de google earth.	58
Ilustración 19 La curva de optimización de la planificación minera. Fuente: tomado de Ausimmbulletin, ,The Role of the mine planning in high performance. Andrew Hall MAusIMM (2015).	75

1. INTRODUCCION

El presente documento de tesis pretende esbozar un análisis estratégico tomando como caso de estudio el distrito minero Tuina, para el cual se realiza una propuesta sobre el impacto para un potencial negocio, que tendría el desarrollo de los inventarios de recursos geológicos. La estructura de este documento sigue la lógica para mostrar una forma de entender un distrito minero cuyo pasado está ligado a la empresa minera de pequeña a mediana minería. Es, por tanto, que este trabajo se subdivide en distintas partes para dar cabida a este planteamiento, tomando como referencia la información existente, realizando algunos análisis de la información disponible, para entregar una propuesta sobre el potencial de negocios si es que se realizaran y se cumplieran algunos supuestos que le darían un mejor atractivo a lo que fue el distrito Tuina, así como lo que podría esperarse.

Como primer punto de estudio, en el capítulo 2 se intenta dar un marco de análisis de la información con la que se cuenta. Para ello, en este capítulo se plantean algunas definiciones y conceptos, contextos de la industria minera de este segmento y las tendencias, así como los de recursos geológicos, como una aproximación a los estándares del segmento de la mediana minería en Chile, sus desafíos y los indicadores de comparación para evaluar la información. Lo anterior, para proponer una postura sobre un dimensionamiento del negocio minero posible que logra visualizar el autor, así, como también las perspectivas sobre el segmento de la industria de la mediana minería.

En el capítulo 3 se realiza un desglose de la información, tomando las variables de trabajo usadas en otros informes, para depurar, dando algunos alcances y límites técnicos para las variables. De esta forma, este capítulo permite trasvasijar las variables hacia un modelo económico el cual reflejaría el desempeño de un proyecto inicial. De acuerdo con los planteamientos, se generan casos bases que permiten dilucidar el impacto de los inventarios de recursos para un futuro proyecto.

El capítulo 4 explica en mayor detalle cuales serían las estrategias a seguir en el desarrollo de la información de las minas. Por tanto, según un proyecto inicial con el cual se cuenta con cierto nivel de información, se realizan algunos supuestos en que los inventarios de recursos

podrían expandirse, de acuerdo con una estrategia previa definida. De esta forma, se busca maximizar la promesa de valor, reflejada en un modelo económico/financiero que permite proyectar, finalmente, un valor actualizado neto de flujos futuros posibles. También, se abordan los impactos relativos de otras variables de interés para los recursos, así, como algunas tentativas expresadas en el anhelo de promover el desarrollo de la información para un distrito.

En el capítulo 5 se abordan diferentes temáticas de discusiones producto del trabajo realizado en los seminarios y conversaciones con distintos profesionales del rubro. En un primer término se plantean algunas comparaciones con otros proyectos en términos de sus inventarios de recursos y las reservas que se traducen en promesas de resultados económicos. Como consecuencia se deducen algunos riesgos esbozados en las estrategias posibles, así en un subcapítulo se proponen algunos mecanismos de intervención del distrito de acuerdo con enfoques que podrían plantearse. En línea con los temas de interés y contingencia de la industria minera, también se abordan de manera somera otros como los permisos medioambientales, comunidades y aguas, de acuerdo con el marco de la mediana industria minera chilena. Finalmente, como propuesta de análisis, se plantean algunos puntos relevantes para este estudio en relación con el caso de una empresa australiana que ha sido exitosa, de acuerdo con el modelo de desarrollo y estrategias de crecimiento que la han puesto como la empresa minera de mayor crecimiento de los últimos 10 años.

Por último, en el capítulo de conclusiones y recomendaciones de este trabajo se espera condensar los resultados principales de esta investigación de tesis.

Como objetivo final se pretende exponer una mirada integradora, en la que, si se hicieran trabajos y desarrollos, se pudiera tener una mejor aproximación al valor de este distrito. Como resultado se intenta buscar una evaluación, aunque de carácter preliminar, permita dar un valor al potencial negocio si se desarrollaran algunos elementos de esta “visión estratégica”.

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo general

El objetivo principal de esta tesis, dado los antecedentes, recursos y contexto actual es:

Crear una estrategia que permita orientar una propuesta de desarrollo de recursos geológicos para el distrito Tuina, que permita evaluar las distintas alternativas que promuevan una economía minera distrital, inicialmente focalizando un proyecto inicial, se busca proponer algunas visiones posibles para estructurar un potencial negocio de mediana escala y largo plazo en el distrito Tuina.

1.2.2 Objetivos específicos

Como objetivos particulares desprendidos del objetivo principal, se puede formular:

1. Plantear un modelo de negocios, dilucidando actores y elementos críticos, para una estrategia de desarrollo de recursos mineros del distrito. Así como también levantar otros antecedentes relacionados con agua, comunidades y programas que aporten valor social-ambiental.
2. Esbozar alternativas para futuros planes de trabajo que se hagan cargo de las tareas necesarias para valorizar y desarrollar las evaluaciones del proyecto Pampita con estándares adecuados a juicio del autor. Esto basado en los recursos geológicos actuales, los riesgos asociados a estos recursos, las posibilidades de desarrollo, así como el costo del programa preliminar, tiempo y lineamientos de adherencia a futuros planes de negocios. El objetivo a cumplir es mostrar que, si se da una mirada sistémica a los inventarios de recursos, las estrategias para abordar la evaluación de este proyecto

cambiarían, dando una mayor percepción de beneficio potencial sobre los recursos que ya hay.

3. Dar un marco conceptual a las posibilidades de otros recursos y sus potenciales geológicos. Considerando un desarrollo de proyecto inicial, así como las condiciones de la información, se pretende abordar una tentativa de programa de exploraciones para aumentar las expectativas del potencial en el distrito, recogiendo los antecedentes históricos, más otras fuentes de información, la intención es extender los inventarios potenciales, de tal forma que se plantee una visión que recoja todo el valor de la información disponible.
4. Entregar mejores alcances a las variables objetivo que se tienen que cumplir para que se pueda hablar de un negocio “atractivo” para el distrito. Como objetivo de esta Tesis se pretende dilucidar los problemas del distrito, así como sus oportunidades, aprendizajes de su historia y las empresas que han pasado. Para ello, de forma conceptual se proponen etapas que debieran dar cumplimiento con ciertos rangos esperados para las variables objetivos, de esa manera, se lograría encajar de forma sistémica e integrada los procesos mineros adecuados para darle un mayor atractivo a la inversión en este distrito.

1.3 Metodología

La metodología utilizada para este estudio será:

- Revisión de toda la información y antecedentes previos, informes geológicos, informes de ingeniería, DIA (Declaración de impacto ambiental), proporcionados por Mindenor, que dan sustento a los supuestos e hipótesis de investigación de este estudio.

- Estudio de bibliografía de apoyo que de lineamientos de trabajo para el análisis de estrategias de desarrollo de recursos geológicos. Otras bibliografías complementarias para esbozar la propuesta de valor.
- Análisis de la información y datos para la definición de un planteamiento estratégico, que vaya en línea con levantar expectativas de recursos mineros en cantidad y calidad. El análisis se centra dentro del marco de empresa de mediana minería, así como la evaluación de perfil del proyecto queda sujeta a los alcances de las variables, algunas con más sustento, otras con menores certezas. Esto se intenta cumplir mediante el cálculo de planillas Excel que parametrizan los beneficios y costos que se traducen en los márgenes de utilidades potenciales esperados.

A la metodología utilizada se puede agregar el siguiente esquema de recolección de información:

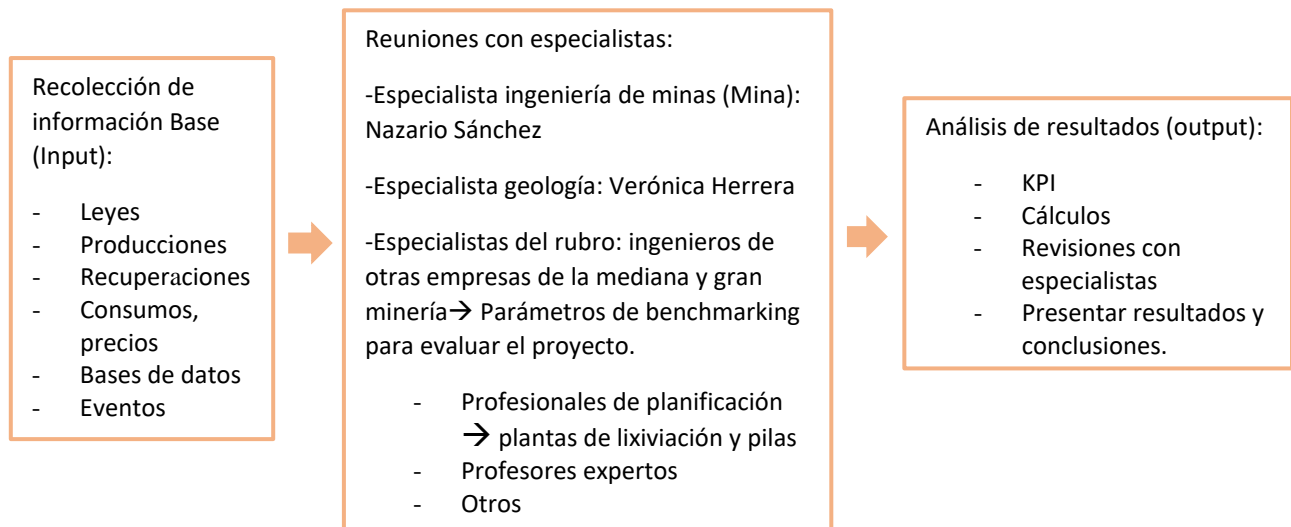


Ilustración 1 Esquema metodológico, Fuente: tomado de tesis de Monserrat Muñoz (MBA, 2020).

1.4 Alcances del estudio

Este documento de trabajo contempla la revisión y análisis de un caso, sobre un distrito minero que, a la fecha, no figura como un polo de producción importante de la mediana minería. No se consideran visitas a terreno, toma de datos en campo, ejecución de actividades, ni un plan dónde se sugieran actividades específicas con programas y costos para mejorar la calidad de la información. La tesis se enfoca exclusivamente al análisis de la información existente, el esbozo de una estrategia, con una visión focalizada en vías para el desarrollo de recursos geológicos para una empresa minera del segmento de la mediana minería.

Queda abierta la pregunta: ¿Cuál sub-segmento de la mediana minería es el que se aspira a llegar? ¿Qué tamaño de negocio potencial es el que se podría lograr, asumiendo el pasado productivo, más la información de los proyectos actuales?

Para responder estas preguntas, se realiza el análisis respectivo, de los posibles escenarios, así como la comparación con otras empresas del rubro, chilenas y extranjeras, para dar cabida a una visión posible sobre la orientación del negocio, si este es visto como un distrito completo, partiendo con el supuesto de la puesta en marcha de su proyecto principal Pampita, el objetivo sería desprender otras metodologías de evaluación, que miren de forma integrada las condiciones de los yacimientos, para dar luces sobre su desarrollo potencial.

1.5 Resultados esperados

Como resultado esperado de esta tesis, se pretende entregar lineamientos, orientaciones y algunos indicadores económicos sobre los potenciales casos de negocios a evaluar. Lo importante de este estudio, sería dar un análisis global a la información, aplicando los conocimientos adquiridos en el programa de MBA. De tal forma, se puede entregar un análisis más robusto y completo sobre el caso de negocios potencial que pudiera realizarse, las posibilidades y costes de mena comercial en la escala de la mediana minería.

Se intentarán abordar, además, otros antecedentes en cuestión del caso de estudio, pudiendo esbozarse el desarrollo de otras áreas del conocimiento, tales como, evaluaciones estratégicas de otras empresas como parámetro de comparación, o pautas e ideas en torno a otros temas relevantes, como comunidades, permisos medioambientales, u otros aspectos legales o financieros que también pudieran estar relacionados para el ejercicio de evaluación de este caso de estudio.

2. ANÁLISIS ESTRATÉGICOS, CONTEXTOS, TENDENCIAS, PERSPECTIVAS DE LA INDUSTRIA

2.1 Ubicaciones y contexto general

El distrito Tuina es conocido por ser un distrito minero de pequeña a mediana minería del norte de Chile. Ubicado a unos 50 km al Este de Calama, su historia se remonta a pequeñas explotaciones, especialmente en las minas Santa Rosa, San José y San Martín. Desde comienzos del siglo XX hasta los años 60, geólogos e ingenieros de Anaconda, Enami e Instituto de investigaciones Geológicas han realizado visitas (Herrera, 2014; informe privado Mindenor). El año 2004 la empresa Cerro Dominador tomó el control de varias propiedades mineras del sector, desarrollándolas durante casi 10 años, haciendo abandono de la operación en el año 2014.

El proyecto actual (esquemático en una parte por los controladores Mindenor), considera como una oportunidad la evaluación del complejo mina-planta (óxidos). La mina en revisión de esta tesis es el proyecto Pampita, que a su vez va adosado a los planes de reactivación de la planta Santa Margarita (actualmente abandonada por Cerro Dominador), planteándose de esa forma, un modelo que beneficia todos los inventarios de recursos que generan los procesos mineros.

Pampita, es un yacimiento descubierto durante el periodo de operaciones de Cerro Dominador, tiene tonelajes y leyes suficientes para considerar evaluar este negocio desde otro punto de vista, pero su consumo, dados los planes de ingeniería en estudio, dan cuenta de una vida útil de tan sólo 4 años. El objetivo de esta tesis es plantear una estrategia de desarrollo de recursos geológicos, tomando como precedentes la información de Cerro Dominador, con una mirada focalizada en mediana minería. De esta forma, se considera un estado actual dónde el proyecto resulta poco atractivo, dado su horizonte de tiempo reconocido, pudiendo este trabajo servir para estructurar un plan basado la esperanza de recursos geológicos que extienda el negocio hacia un horizonte mayor.

En la ilustración 2 se muestra la ubicación del proyecto. A modo de referencia, se encuentra en la II región de Antofagasta del norte grande de Chile, sector dónde la economía es esencialmente minera.



Ilustración 2 Ubicaciones y referencia del proyecto Tuina. Fuente: Imagen de Google earth y modificada por autor.

Actualmente, parte de los integrantes de Cerro Dominador han conformado la sociedad Mindenor con el objetivo de reestructurar planes para un potencial negocio minero en el distrito Tuina. Mindenor contempla dentro de las opciones, que se podría reactivar la planta de óxidos Santa Margarita, que produjo cátodos de cobre durante la operación de la empresa en el pasado. La planta fue diseñada en un principio con una capacidad de procesamiento de hasta 100.000 ton/mes de material (la cual nunca fue utilizada en su totalidad). Debido a sus costos de puesta en marcha, se piensa que la planta debe partir a una

capacidad de procesamiento nominal menor a su capacidad de diseño inicial, debido a las restricciones de los recursos, principalmente a las fuentes de alimentación.

En la ilustración 3 se muestra una foto satelital de la planta Santa Margarita. Indicaciones actuales señalan que la planta mantiene infraestructura que podría ser útil, pero requiere una inversión para ser reactivada. En esta tesis se muestran algunas referencias sobre el posible costo de reactivarla, así como algunos beneficios que podrían percibirse.

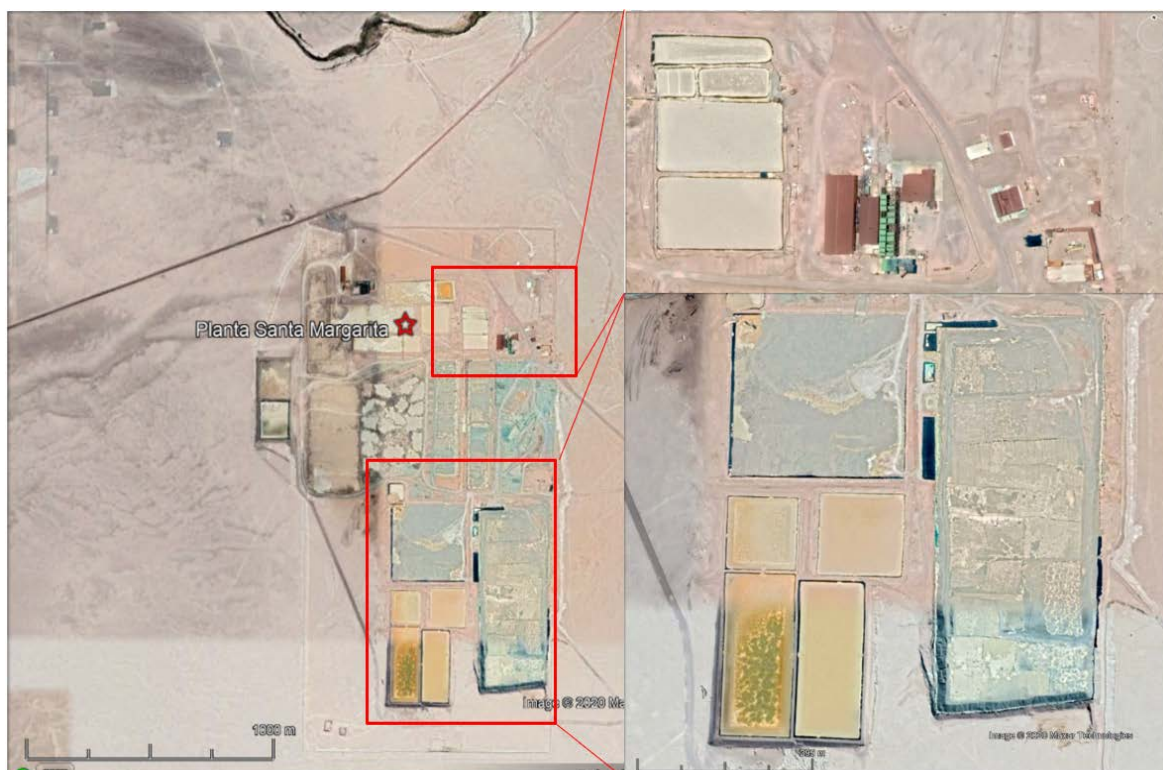


Ilustración 3 Fotografía aérea de la planta Santa Margarita. Fuente: Imagen de Google earth y modificada por autor.

2.2 Justificación del caso de estudio

2.2.1 Historia Cerro Dominador (CD)

Uno de los argumentos principales para promover el desarrollo de este proyecto, parte desde lo realizado por Cerro Dominador en el distrito. Se puede indicar que, a partir de sus producciones, tal como se muestra en la ilustración 4, las actividades constituyeron, efectivamente, un negocio minero de pequeña a mediana escala durante casi 15 años.

En la gráfica (de la ilustración 4), se muestran las producciones de la empresa CD, sobre la que se cruzó el precio del cobre en los periodos indicados. Se puede observar, que, a modo general, las producciones no se estabilizaron durante todo el periodo, constituyendo más bien, rendimientos de cobre fino vendido irregulares y muy variables (podría deberse a muchos motivos). Desde el 2005 en adelante, la subida del precio del cobre fue el mayor incentivo para aumentar las producciones. No obstante, el año 2008 se produce un quiebre que debilita la producción futura, disminuyendo sostenidamente, hasta desaparecer el año 2014.

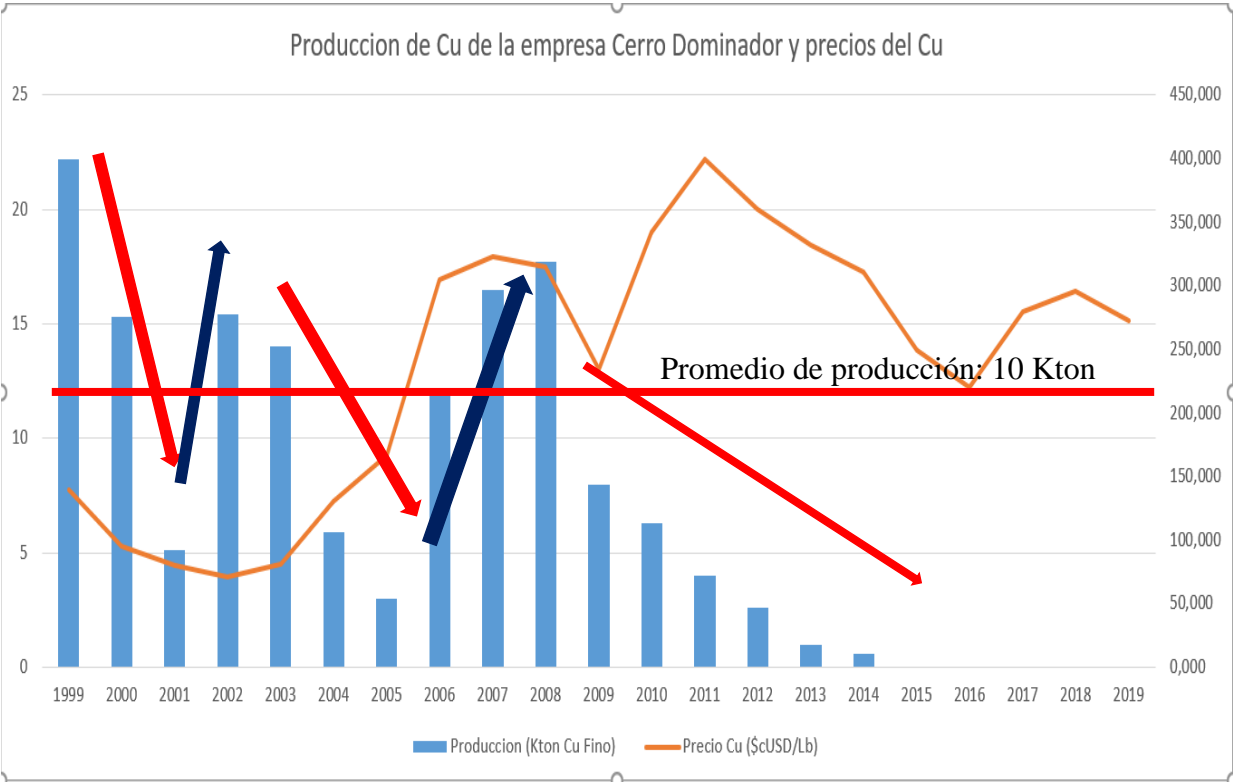


Ilustración 4 Producción de Cu fino de la empresa Cerro Dominador v/s precios del Cu. Fuente: Gráfico de elaboración propia, datos tomados de Cochilco, Yearbook de estadísticas del cobre 1999-2018.

En la línea roja se indica el promedio de producción de los yacimientos del distrito, que, si se toma como referencia los 15 años, se llega a los 10 Kton Cu fino promedio. Notar que un solo periodo superó las 20 Kton de Cu (para llegar a esos valores la planta Santa Margarita debiera haber procesado, ese año, 100.000 ton con leyes de 2% Cu con recuperaciones del 80%). Situación que evidentemente no se sostuvo en el largo plazo. Notar que, además, como análisis, para sostener una producción de 10 Kton Cu fino en 15 años, la planta debió procesar alrededor de 70.000 ton/mes con leyes de 1,5% Cu soluble (con recuperaciones del orden del 75%). Podemos concluir de lo anterior, que la planta estuvo constantemente sub utilizada, además, que las producciones de cobre fino fueron irregulares. Como hipótesis de trabajo podríamos indicar que las mejores leyes de los yacimientos fueron explotadas, así como las oportunidades más evidentes y que requerían menos esfuerzo de capital, costo y recursos para ser beneficiadas.

El total de cobre fino producido por Cerro Dominador alcanza un valor cercano a los 150 Kton de cobre fino. Un cálculo estimativo, indica que debieron explotarse alrededor de unas 13,5 Mton @1,5% Cu soluble (con una recuperación del 75%), material que provenía del sector sur del distrito. Si nos enfocamos en el área en que la explotación fue más intensiva, podemos indicar el rajo San Martín. Otro cálculo estimativo (bloque de 200 m x 300 m x 50 alto) con datos desde la observación satelital, puede señalar que desde este rajo se explotaron alrededor de 8 Mton de mineral, el cual fue el que le dio la mayor importancia al distrito, las demás explotaciones de otros sectores dieron el resto de material, aunque con montos menores y cuyas explotaciones fueron menos intensivas (estas conclusiones sólo esbozadas desde observación de imágenes satelitales).

2.2.2 El proyecto actual

Se desprende del análisis de la gráfica anterior (ilustración 4), que la explotación de los yacimientos del distrito no se sostuvo a un ritmo de producción de 100.000 ton/mes, ni tampoco de 70.000 ton/mes, siguiendo la estrategia del Cerro Dominador, la experiencia lo

demuestra así¹. La promesa de mantener esos ritmos de procesamiento no fue sostenible en el largo plazo. La nueva expectativa, reflejada en esta tesis, busca desarrollar una promesa de valor, justificando un inventario de recursos geológicos potencial para sostener un ritmo de explotación, en minería subterránea, entre 30.000 – 90.000 ton/mes.

Cabe señalar que este proyecto no ha entrado en operación aún y tiene 2 evaluaciones propuestas por los ingenieros consultores de Mindenor, una con un VAN inicial de alrededor de \$20 MUSD², la otra con un VAN esperado de \$70 MUSD. Como valor agregado se pretende dar una opinión sobre la calidad de los recursos y su cantidad, de tal forma de calificar el estado actual de ellos. En el capítulo 3 se analizan los casos bases de referencia propuestos por los ingenieros de Mindenor, de forma que en este capítulo se desglosan las variables de interés, así como sus límites técnicos.

El presente estudio, se plantea como objetivo y como desafío poder dar una estrategia que apunte a satisfacer un requerimiento dentro de los rangos entre 30 – 90 Kton/mes. El análisis estratégico se propone presentar el estado actual de valorización del negocio, tomando como punto de partida la información que se tiene del yacimiento Pampita, aplicar una mirada de evaluación distinta, de esa forma construir una propuesta con una visión de largo plazo. Si es que se dieran las probabilidades de ocurrencia de los distintos eventos, en base a la información necesaria que respalde tanto en cantidad como en calidad el recurso, el distrito podría transformarse en un negocio con una mirada de mediana minería, algo más atractivo de lo que se muestra en el estado actual. Las posibilidades de desarrollo de otros puntos de interés también quedan abiertas a nuevas informaciones.

¹ Enmarcado dentro de una evaluación de explotación subterránea. Los ritmos de explotación corresponden a material minado, no a cobre fino/mes.

² Sánchez (2019). Informe de ingeniería del proyecto Mina Pampita Subterráneo. Metodología de explotación, Plan minero. Informe privado, Mindenor.

2.2.3 Definiciones sobre mediana minería, contexto para la mediana empresa minera

Según Cochilco ³(2016), hay 3 definiciones legales de mediana minería. Para Sernageomin, según horas trabajadas entre 80 y 400 trabajadores. Para el instituto de ingenieros de minas, lo define en base a la producción, entre 300 y 8.000 ton de mineral al día, con producción de menos de 50.000 ton de cobre fino al año. Para Enami, es aquel actor que beneficie más de 10.000 ton mensuales de mineral o equivalente en productos mineros. Otras características de la mediana minería son:

- Capitales esencialmente nacionales de empresas familiares.
- Sector con dificultades para acceder a créditos de largo plazo y a financiamiento via acciones en Bolsa. Dentro y fuera de Chile.
- Sector sensible a los precios del cobre.
- Su producción se concentra principalmente en la región de Atacama.

Los proyectos de mediana minería tienen estándares distintos a los de gran minería, a su vez, dentro de la mediana minería hay sub - segmentos de empresas. También tiene otras dificultades, aunque, otras ventajas, entre ellas:

- Menores cuantías de inversión y proyectos más simples técnicamente.
- Proyectos menos invasivos en términos ambientales y comunitarios.
- Apoyo de Enami para procesamiento y comercialización de mineral.

Maksaev y Zentilli (2002)⁴, publican que algunos de los yacimientos tipo Manto-ligados explotados en Chile caen dentro de la mediana minería. Entre ellos Mantos Blancos con producciones de 45.000 ton de Cu fino anuales, marca uno de los límites entre la mediana

³ Monitoreo de variables e indicadores relevantes de la mediana y pequeña minería chilena. Cochilco, 2016.

⁴ Maksaev y Zentilli (2002). Chilean Strata-Bound Cu- (Ag) deposits: An overview.

minería y la gran minería. El segundo en volumen es Mantos de la Luna, con recursos medidos, a esa fecha (2001), de unas 40 Mton @ 1,39% Cu y un adicional de 6 Mton inferidas @ 1,4% Cu. Mantos de la Luna el 2015 registró producciones de 21 Kton de cobre fino⁵. Referenciando los otros yacimientos tipo Manto-ligado se menciona el caso de Michilla (que durante casi 15 años ha mantenido un ritmo de producción del orden de las 50 Kton Cu fino anual), los demás yacimientos sólo tienen algunos millones de toneladas, con menas de 1-3,8% Cu y 8-25 g/t Ag.

El yacimiento Pampita tiene alrededor de 5,8 Mton @ 0,86% de CuT, 0,46% Cu_sol, 5,7 g/t Ag⁶. El plan de reservas actual considera como recursos mineables un total de 1,85 Mton @1,68% Cu_T, 0,97% Cu_sol⁷. Se puede concluir que para este plan minero se transformaron el 30% de los recursos a reservas. El objetivo de esta tesis es contribuir al análisis del caso de negocios de este proyecto, considerando como antecedentes previos los sondeos, los levantamientos de recursos, los planes de reservas en cartera y la historia previa.

2.3 Componente estratégica

Dado el contexto anteriormente expuesto salta a la vista que la principal complejidad del negocio en Tuina es del tipo financiero y que la vida útil de su proyecto minero inicial “Pampita” es de 4 años, consideremos este horizonte como el mediano plazo. Los negocios mineros en Chile usualmente se caracterizan por proyectos que tienen vidas medias sobre los 10 años, algunos grandes yacimientos tienen reservas para 20, 30 o más años. Dado el nivel de riesgo de las inversiones y los esfuerzos requeridos para levantar financiamiento, gestionar permisos y otros temas, las perspectivas de los negocios mineros buscan, en general, ya sea en gran o mediana minería, ser de largo plazo, más de 10 años.

Una evaluación del potencial del distrito, requiere idear una estrategia que visualice las componentes que faciliten el desarrollo de una economía minera en el distrito. Un programa

⁵ Operaciones de Mediana minería No Ferrosa, Minería Chilena (2016).

⁶ EMI-S.A. Informe técnico " Estimación de Recursos Yacimiento Pampita Modelo 2017.

⁷ Sánchez (2019). Informe de ingeniería del proyecto Mina Pampita Subterráneo. Metodología de explotación, Plan minero. Informe privado, Mindenor.

de desarrollo de recursos debiera ser optimizado y focalizado a cumplir objetivos específicos, para dar garantía y sustento a los planes de negocios, evitando el derroche y desperdicio de recursos. Esto, se acentúa sobre todo en etapas de proyectos, en que los presupuestos son restringidos ya que aún no demuestran factibilidad económica, así, los riesgos de pérdida y para cubrir las contingencias son aún muy altos para quien tiene que enfrentar los gastos y percibir los potenciales beneficios.

La estructura del negocio entonces, considera en su estado deseado un complejo Planta-Mina. Partiendo en base a la explotación subterránea de la mina “Pampita” sólo alcanza a abastecer la planta a un ritmo de 40.000 ton /mes por 4 años. El plan minero actual, considera el desarrollo de explotación subterránea, por medio del método SubLevel stoping con variante LBH (carguío descendente). Se desprenden de esta evaluación la explotación de 3 fases para este método. Si se analizan los bloques en cuanto a cantidad, calidad de mineral y material enviado a las canchas, por fase y por periodos⁸, se puede desprender que hay una brecha para el desempeño del negocio, en el sentido de la calidad de material enviado a la planta de óxidos, la cantidad de material y el desempeño final de cobre recuperado para la línea hidrometalúrgica.

En opinión del autor, el yacimiento requiere más información para caracterizar el cuerpo de óxidos, en forma, su calidad, extensión lateral mineralizada. De tal manera de proyectar con mayor certeza el desempeño futuro de una potencial planta de lixiviación. Las fases de explotación y el programa de producción se explican en el capítulo 3.

Se hace necesario, entonces, **establecer una estrategia para evaluar el potencial del negocio, que considere un mapeo de procesos mineros, adecuado a un sistema minero integral que maximice los beneficios potenciales de todo el inventario de recursos.** Por tanto, se requiere internalizar la estrategia de desarrollo de recursos geológicos no sólo a la determinación de bloques categorizados con leyes de cobre; nace además la intención de dar apoyo a otras áreas necesarias, como la geotecnia y la componente metalúrgica, de esa forma, es de interés de esta tesis dar un marco de análisis a las variables que requieren más

⁸ Sánchez, Nazario (2019). Informe de ingeniería del proyecto Mina Pampita Subterráneo. Metodología de explotación, Plan minero.

desarrollo, para cuantificar un modelo de recursos que cree categorías con “bloques de valor”⁹.

Los bloques de valor, dan sustento a la optimización de las decisiones de explotación, y debiera dar lineamientos para mejorar la tasa de transformación de recursos a reservas. La manera en que programas de desarrollo de recursos den solidez al plan de negocios, se debe optimizar desarrollando recursos que logren empalmarse en el menor tiempo posible al plan de reservas mineras.

Como resultado esperado de este trabajo, **en búsqueda de alternativas**, como idea principal nace la necesidad de perfilar el inventario de recursos una empresa y su futuro consumo. En base a información facilitada por Mindenor, se buscará el desarrollo de recursos para su aprovechamiento, por lo que es necesario plantear un análisis estratégico de los elementos para desarrollar recursos en distintos horizontes de tiempo. A partir de la base de recursos y su desarrollo, también podría pensarse en los encadenamientos hacia otros sectores y empresas que pudieran generar otras alternativas de negocios. El desarrollo de los recursos debiera apuntar a 3 líneas¹⁰ prioritarias:

- 1) Perfilar reposición de inventarios de recursos que se van a consumir. Este punto es la variable de trabajo más importante en análisis ya que permite visualizar de acuerdo a determinadas estrategias y sus escenarios posibles, cuáles serían los caminos respectivos que se esbozan para el desarrollo de los recursos.
- 2) Reemplazo de recursos (re - evaluar las secciones dónde es necesario incorporar más y mejor información geológica con bloques de valor, para transformar bloques que antes no eran reservas, a bloques que sí podrían ser reservas (El perfil de ingeniería disponible no aborda las condiciones de reservas probadas y probables).

⁹ Freraut (2009). Plan estratégico de delineamiento de yacimientos y exploración geológica del distrito Chuqicamata Codelco Norte. PND-2009 DCN. Subgerencia de geología y geotecnia. GRMD-DCN.

¹⁰ La limitante para perfilar los inventarios de recursos se podría reflejar en la matriz de sustentabilidad de categoría de los bloques.

- 3) Incorporación de nuevos recursos potenciales al plan de negocios. Como propuesta prospectiva preliminar, geólogos, e ingenieros han dado señales sobre prospectos cercanos al yacimiento que podrían tener perspectivas favorables para incorporar nuevos puntos de evaluación. Como componente urgente para visualizar un mejor negocio, se hace necesario incorporar inventarios de recursos de óxidos que puedan entrar al plan de negocios que incluye el complejo mina - planta. Es sabido que los costos y desarrollos de un proyecto tipo “rajo” serían más favorables para ser evaluado. Como expectativa (alta) podría pensarse en que buscar algo como lo que fue el rajo “San Martín”(o sea, mantos aflorantes o semi - aflorantes), ubicado en el sur del distrito, el cual sería un buen objetivo de búsqueda como proyecto, esto es, un recurso potencial sobre las 5 Mton con leyes potenciales de óxidos sobre 1% Cu, sería un buen proyecto de rajo para el negocio, de tal forma de extender la vida de la planta y satisfacer la capacidad de procesamiento.

2.4 Perspectivas de la mediana minería en Chile

En este capítulo se pone en perspectiva el mercado del cobre primario en Chile. En los últimos 3 años, la producción de cobre ha subido levemente. Desde el año 2017 se anota la baja de producción nacional, con 5.503 Kton CuF. Por otro lado, el 2018 se incrementa la producción casi en un 6%, llegando a 5.831 Kton CuF. Finalmente, el año 2019 se genera un leve decaimiento respecto del año 2018, anotándose una producción total de 5.787 Kton CuF, esto es, una caída de -0,76% respecto del año anterior.

No obstante, lo anterior, la mediana minería ha perdido relevancia los últimos 10 años. El año 2011 representaba casi un 6% del sector productor cuprífero. Se puede explicar lo anterior, ya que en los últimos 10 años los proyectos de gran minería que han entrado a producir le han quitado su relevancia: Centinela sulfuros (2011), Caserones (2013), Sierra Gorda (2014) y Antucoya (2015). Sumado a las bajas de los precios del cobre desde el 2016, la mediana minería produce entre un 3,5% (2017) a un 4% (2019) del cobre nacional.

En la tabla 1 se muestra la cartera de proyectos según Cochilco (2019). Se puede desprender de este estudio que los proyectos de “mediana minería” que figuran dentro de la cartera están al límite de la gran minería según las definiciones. Es más, la suma de estos proyectos no llega ni al 3% del total de inversión minera proyectada para el periodo (2019 – 2028). De esto se desprende que la mediana minería sea un sector poco atractivo para la inversión extranjera, la cual busca invertir sus capitales de riesgo en proyectos de mayor envergadura. Los proyectos menores de los subsegmentos de la mediana minería no figuran en los estudios de Cochilco, lo que da cuenta de su poco protagonismo en los últimos años.

Tabla 1 Cartera de proyectos de la mediana minería. Fuente: Tomado de Cochilco (2019).

Nombre del proyecto	Dueño	Recursos (Mton)	Leyes	Monto inversión (\$MUSD)	Condición ¹³
El Espino	Pucobre	230	0,45 % Cu	\$624	Posible
Productora ¹⁴	HotChilli	288	0,26 % Cu+Au	\$725	Potencial
Diego de Almagro	COPEC	85	0,6% Cu	\$597	Probable
Playa Verde	Central Asia Metals	95	0,24 % Cu	\$95	Probable
Monto total inversión				\$2.041	

La siguiente página se muestra una gráfica que resume el panorama productivo de la mediana minería en Chile para el año 2019:

¹³ Para revisar los criterios de condición de puesta en marcha se sugiere ver el estudio de Cochilco (2019).

¹⁴ HotChilli ha anunciado una nueva reestructuración de proyectos para productora. Ahora es Cortadera.

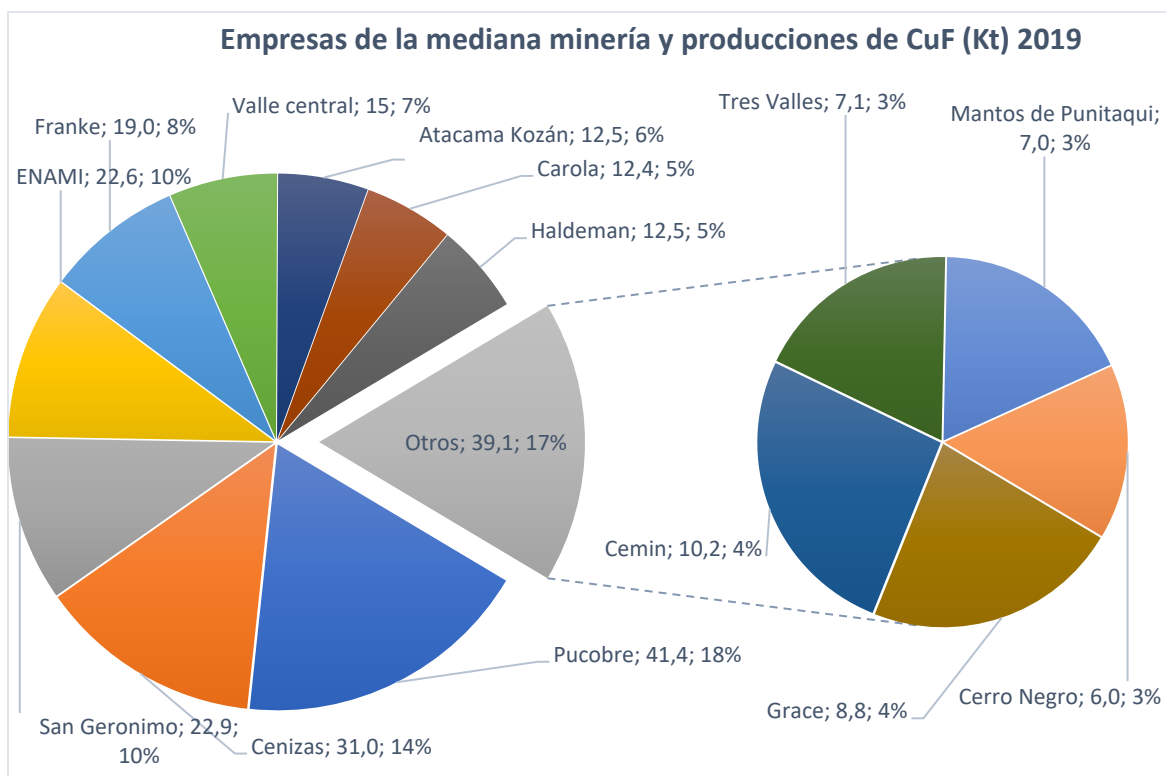


Ilustración 5 Participación de mercado de empresas del sector de la mediana minería. Fuente: Elaboración propia. Con datos tomados de Cochilco (2019). Memoria ENAMI (2019). Pucobre (2019). La producción de Cenizas, San Gerónimo y Valle Central se han extrapolado de las páginas de internet de las compañías al no existir un indicador público, acercándose a la producción total declarada por Cochilco para el año en ejercicio.

Puede observarse en la ilustración 5 que la participación de mercado de la mediana minería tiene distintos actores, que en total llega a las 228 Kton de CuF para el periodo 2019. Pucobre es la empresa productora principal, produciendo el año 2019 un total de 41,4 Kton de CuF, alcanzando una relevancia del 18% de participación de mercado. Sigue a Pucobre la empresa Cenizas, con un 14% de participación, San Gerónimo (10%, que suma Lambert y Talcuna), Franke (controlado por KGHM, produce un 8%). Estas 4 empresas alcanzan a cubrir casi el 50% de la producción de la mediana minería chilena. Atacama Kozan (AK) y Carola juntas suman un 11% de participación; si consideramos que Pucobre, AK y Carola pertenecen al mismo distrito (al cual también pertenece Candelaria, controlada por Lundin) que es operado por estas empresas, se puede indicar que el distrito Punta del cobre resulta ser

uno de los más prolíficos en este segmento minero, llegando casi al 30% de producción de la mediana minería nacional.

El caso de Valle central es algo distinto, ya que se trata de una empresa que procesa los relaves de la mina el teniente, por lo que la naturaleza de su negocio es diferente a la de las otras empresas mineras. En las categorías de Otros, con un 17% se agruparon algunas empresas que tienen participaciones menores al 5%. Así, como también, en ENAMI figuran otras empresas privadas como Minera Cruz, que tiene una participación importante de la producción de ENAMI. ENAMI, además, considera la suma total del beneficio del material producido por la pequeña minería, el cual figura dentro de la producción. La pequeña minería se refleja en la producción de los diferentes poderes de compra de ENAMI, distribuidos en todo Chile, si se agrupa todo, la participación del sector de pequeña minería es en torno del orden de las 10 Kton de CuF.

En la siguiente ilustración se muestran ordenadas las producciones de CuF del año 2019:

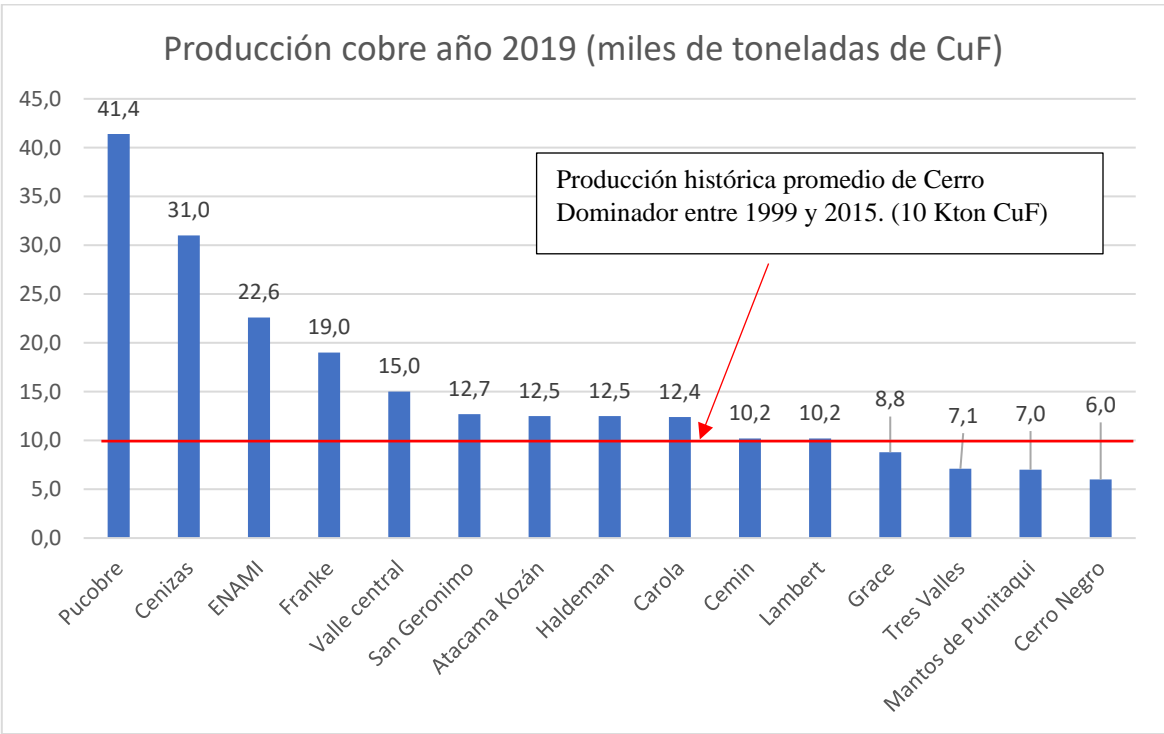


Ilustración 6 Empresas de la mediana minería ordenadas. Fuente: Elaboración propia. Datos tomados de Cochilco (2019).

Para poner en perspectiva el pasado productivo de la empresa Cerro Dominador, en la ilustración 6 se muestra la participación de mercado de las distintas empresas del sub-segmento de la mediana minería chilena. Como bien puede observarse en este gráfico, en la línea roja se indica el promedio de producción de los 15 años de actividad de la empresa en análisis, alrededor de unas 10 Kton de CuF. Lo anterior sirve para sub-clasificar y dar una opinión sobre las expectativas y los potenciales, solamente poniendo en perspectiva el pasado productivo del cobre fino promedio producido por Cerro Dominador.

En este caso, se están analizando 14 empresas, como bien se expuso anteriormente, las primeras 4 tienen una participación mayoritaria (Pucobre, Cenizas, Franke, Grupo San Gerónimo). Aspirar a lograr esos niveles de producción, requeriría años de estudios, así como de esfuerzos empresariales y madurez de una organización que consolidara sus actividades de forma sustentable, con una visión de largo plazo. Es evidente, que el factor crítico para pasar la barrera de producción de las 10Kton de CuF es un yacimiento o agrupación de ellos que tenga la cantidad de reservas tal que sustenten un negocio minero de ese volumen.

Extrapolando el análisis de la ilustración 4, dónde se cruzan las producciones de la empresa Cerro Dominador con los precios del cobre, se puede realizar una comparación de Cerro Dominador con distintas empresas seleccionadas, sólo de ejemplo, para enfatizar que las producciones en estas empresas de esta naturaleza no logran estabilizarse en rangos de tiempo sostenibles. La comparación se muestra a continuación en la siguiente gráfica:

Gráfico comparativo de producciones de empresas mediana minería

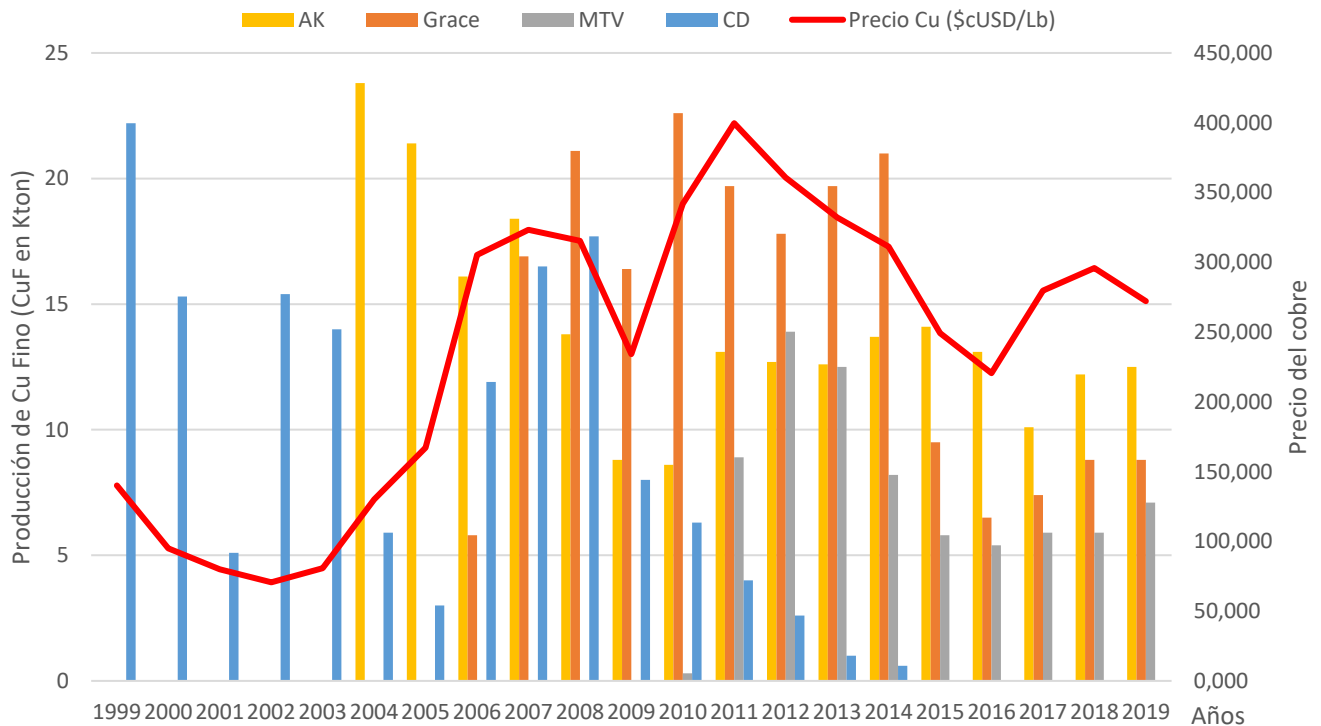


Ilustración 7 Comparación de producciones entre distintas empresas del sector minero con producciones similares a las de Cerro Dominador. Fuente: Elaboración propia, base de datos tomada de Cochilco (Yearbook, 2020).

En la ilustración 7 se muestran las producciones cruzadas de 4 empresas mineras con el precio del cobre. Se explican a continuación, para poner en perspectiva las escalas productivas y los yacimientos necesarios para lograr producciones de esas envergaduras.

La empresa Atacama Kozan (AK, amarillo en la gráfica 7) parte el 2004 con su producción de cobre, notar que tan sólo durante 4 años mantiene su producción entre rangos de las 15-20 Kton CuF, luego decae de esos rangos. En promedio ha producido en su historia unas 14 Kton CuF/año. Para producir esos rangos de CuF, sería necesario escalas de procesamiento entre las 80.000 ton/mes a las 100.000 ton/mes, con leyes entre 1,5% Cu y 1,2% Cu respectivamente. Conseguir esos recursos, significa manejar inventarios entre 1 Mton a 1,2 Mton de material a beneficiar por año. Se observa un caso, en que posiblemente, se consumieron las mejores leyes los primeros 4 años, cayendo abruptamente en años posteriores. Implicancias: posible subutilización de planta, no sostener el negocio con sus expectativas iniciales en el mediano-largo plazo. Supongamos una producción con 1 Mton

de inventario de recursos en consumo. Para mantener 14 años serían 14 Mton, Un yacimiento con una tasa de conversión de recursos a reservas del 40% significaría contar con recursos del orden de 35 Mton.

La empresa Grace (Mantos de la Luna) se menciona en la página 13 de este informe (en la gráfica de la ilustración 7 es el color naranja). En una publicación de la revista minería chilena (2001) se indica que contaban con un inventario de recursos medidos de 40 Mton, con leyes de 1,4% Cu aproximadamente. El caso de Mantos de la Luna es distinto al de Atacama Kozan. Su producción de cobre fino promedio es el mismo, 14 Kton CuF, sin embargo, se observa que durante 8 años explotaron el yacimiento con una intensidad del rango entre 15 - 20 Kton CuF. La situación cae abruptamente el 2014, desde esa fecha producen entre 8 a 9 Kton de CuF (4-5 % respecto de la mediana minería nacional), posiblemente debido al agotamiento de leyes. Para mantener la producción en sus mejores años se debieron extraer del orden de unas 12 Mton, provenientes de los 40 Mton de recursos a una tasa de conversión de reservas del orden del 35% con leyes de 1.2%. Los últimos 5 años los recursos remanentes son los mismos, pero el plan de reservas debe tener una configuración distinta para producir del orden de las 5 a 10 Mton de CuF/año, con consumos cercanos a las 3 Mton para el último periodo, la empresa Grace casi que tuvo que disminuir su ritmo de producción a la mitad de capacidad inicial con la que se mantuvo durante 8 años.

El caso de comparación más adecuado para el yacimiento Pampita (por escala distrital), dada la información y antecedentes que se manejan podría ser como el que se muestra en la Minera Tres Valles (MTV). En el capítulo de discusiones se analizará el caso de MTV ya que esta empresa maneja reportes auditados en formato NI-43101 y su estructura empresarial está apegada a los estándares canadienses, por lo que significa un buen punto de comparación por el tamaño de sus yacimientos, así, como también un caso de estudio, para adecuar estándares y estrategias de desarrollo de recursos. Yendo a los números de producción, en la ilustración 7 MTV (gris) parte el 2010 y se demora 2 años en producir sus máximos de cobre fino 12 y 14 Kton respectivamente el 2012 y 2013. No obstante, desde esa fecha en adelante disminuye su producción (en promedio de los últimos 10 años llegan a 7,3 Kton CuF) tocando fondo el 2016, correlacionado fuertemente a las bajas de precios del cobre. Actualmente MTV presenta proyectos de desarrollo y ampliación de sus faenas, cuyo caso de estudio se abordará

en esta tesis en el capítulo 5. MTV consumió cerca de una 3 Mton de inventarios por los 3 años que duró el precio alto del cobre, los últimos 6 años consumieron del orden de una 3.5 Mton, o sea, consumo similar al periodo anterior, pero en el doble de tiempo.

De los análisis de los casos anteriores se desprende una discusión que se puede resumir en la siguiente tabla:

Tabla 2 Empresas de mediana minera, producciones, consumo de inventarios de recursos estimados. Fuente: Elaboración propia, datos tomados de Cochilco (Yearbook, 2020).

Empresa	Años	Fino prod (Kton CuF)	Ritmo (Kton/mes)	consumo de INV por año (ton)	consumo total de inventarios para todos los años (Mton)	Recursos necesarios para Reservas (tasa de conversión)		
						Tasa 30%	Tasa 40%	Tasa 50%
Ley de cobre 1.2 % alimentación a planta						Tasa 30%	Tasa 40%	Tasa 50%
CD	15	10	56	666.667	10,0	33,3	25,0	20,0
AK	15	15	83	1.000.000	15,0	50,0	37,5	30,0
Grace	8	15-20	122	1.458.333	11,7	38,9	29,2	23,3
Grace	5	5 a 10	52	625.000	3,1	10,4	7,8	6,3
MTV	3	9 a 14	83	1.000.000	3,0	10,0	7,5	6,0
MTV	6	5 a 8	49	583.333	3,5	11,7	8,8	7,0

En la tabla 2 se muestran las empresas de la mediana minería elegidas para representar distintas escalas productivas, se separaron los años en el caso de Grace y de MTV para mostrar casos de reajustes en las producciones en los mismos yacimientos. Se muestra en las columnas los rangos de cobre fino producido, asumiendo una ley de 1.2% Cu de alimentación. Se desprende de lo anterior un rango para los ritmos de producción mensual y el consumo necesario de inventarios para sostener esos ritmos. Por último, se agrega el inventario total para un periodo de tiempo, agregando, además, en las últimas 3 columnas, una variable para la tasa de conversión de recursos a reservas.

De lo anterior se abre la discusión sobre los niveles de inventarios en consumo que maneja la mediana minería, así como los ritmos de producción (variando si es explotación a cielo abierto o subterránea). Importante es la definición sobre la capacidad que tienen las empresas para transformar los recursos en reservas. Evidenciado esto en la puesta en marcha de los yacimientos, sujeto a las variaciones de precios del cobre, queda de manifiesto que la reconversión de los inventarios se traduce en difíciles decisiones para este sector de la minería ya que su planificación se ajusta más bien al corto plazo.

3. CASO DE ESTUDIO DEL PROYECTO PAMPITA, ANÁLISIS ECONÓMICO DE LOS CASOS BASE, DESGLOSE DE VARIABLES

En este capítulo se explican los supuestos más importantes que dan sustento a las evaluaciones económicas con las que se cuentan. El objetivo de mostrar el desglose de estos casos base es para analizar las variables que tendrían mayor impacto en la valoración económica potencial que podría tener el proyecto. De esta valoración, interesa conocer cuál es el nivel de expectativas que debiera manejarse para expandir los inventarios de recursos para darle un mayor atractivo a este distrito. Como ejemplos, se explican 2 evaluaciones económicas, tomada de dos referencias facilitadas por la empresa Mindenor:

- 1) Informe EMI, Orlando Rojas (2017).
- 2) Informe NZD, Nazario Sánchez.

Dado el estado de información fragmentaria de las bases de datos que maneja el autor, se ha debido tomar ambas fuentes de información como referencias para evaluar los casos bases. En este capítulo, se pretende ampliar las evaluaciones económicas propuestas por los autores de estos informes, a modo de capturar los rangos de variabilidad del VAN proyectado, dados algunos supuestos en que las variables de mayor peso tengan variaciones. Esto a modo de acotar los escenarios posibles que podría tener el proyecto, de esta forma, lograr acotar la mejor estrategia de desarrollo de recursos que pudiera tener el mayor impacto económico, con la menor inversión posible.

Los supuestos que ambos informes consideran para sus evaluaciones económicas son:

- Recursos minerales, en categoría para ser transformados a reservas.
- Dado un plan de explotación, se obtienen tablas con rendimientos de producción mensual de los caserones de explotación diseñados para reservas, según método de explotación.

- Se transforman las toneladas de los bloques a cobre fino contenido por bloque, con lo que se obtiene un dato de cobre fino esperado para cada mes de producción.
- Recuperaciones metalúrgicas, asumidas genéricamente en torno a un valor dado.
- Precios del cobre: en torno a los 2.8 USD/lb.
- Costo mina, para desarrollos y para producción.
- Costo operación planta.

En este capítulo se simplificarán los cálculos, indicadores relevantes, costos de inversión CAPEX y OPEX, para luego realizar algunas modificaciones a estas variables, de modo que se obtendrían variaciones de estos parámetros según distintos escenarios.

3.1. INFORME EMI

El informe EMI, fue emitido en 2017 por el autor Orlando Rojas¹⁵. En anexos se adjuntan referencias sobre los tonelajes y leyes incluidos en los planes. Entre las variables relevantes del proyecto están:

- Ingeniería contempla 11 niveles de desarrollo, 84 caserones con un método *sub-level stoping*, proporcionando reservas de 2,14 Mton @ 1,79%CuT y 0,86%Cu_sol.
- Las inversiones iniciales, consideran sólo desarrollos mina del orden de US\$ 757.000 los primeros 4 meses. El desglose de CAPEX requiere un desembolso de caja en el mes 6 del orden de \$US 1.590.000. Los flujos se tornarían positivos a partir del mes 10 de operaciones.
- VAN a una tasa de descuento de 10% anual de 72.6 MUSD.

¹⁵ Orlando Rojas Vercelotti. Registro 0118 de la comisión de recursos y reservas. Inscrito en agosto de 2011, con especialidad en Minería.

- La mina se explota por 51 meses. El mes 9 alcanza régimen de 20.000 ton/mes de material a beneficio, el mes 13 logra los 30.000 ton/mes, el mes 15 logra los 40.000 ton/mes, finalmente el mes 19 alcanzaría un régimen estable de 54.000 ton/mes, que se mantiene hasta el mes 51, donde el mineral en planes se agota.

Algunas restricciones y recomendaciones indicadas por el autor:

- El principal beneficio se sustenta en las recuperaciones metalúrgicas que se obtengan, por tanto, recomienda “*re loguear*” un 10-15% de los sondajes, es decir, entre 3 a 4 sondajes para caracterizar mejor las especies mineralógicas de cobre.
- Recomienda un estudio geotécnico, para el análisis de estabilidad global de la mina, dado que no lo hay. De esa forma se podría caracterizar mejor el diseño de estabilidad global de la mina, así como el plan y secuencia de explotación.
- Recomienda que, en la negociación de contrato para un servicio de extracción de mineral y transporte a planta, se garanticen los márgenes de costos e inversiones explicados en este informe.

3.2. INFORME NZD

El informe NZD¹⁶ (Nazario Sánchez, 2019) se focaliza en simplificar la explotación propuesta por el informe EMI, agregando algunas variantes en el diseño de explotación, obteniendo como resultados un re-diseño de ingeniería de la mina. Básicamente, ajusta mejor los parámetros y el secuenciamiento minero, aunque acota la duración de los óxidos (ver en

¹⁶ Sánchez, Nazario (2019). Informe de ingeniería del proyecto Mina Pampita Subterráneo. Metodología de explotación, Plan minero.

anexos, el perfil de los bloques considerados en las fases de explotación). Entre las variables y principales resultados considerados en esta ingeniería se llega a:

- La explotación es subterránea, en 3 fases, con más de 60 caserones. En las condiciones actuales, el plan de reservas se acota a 1,85 Mton @1,68% CuT y 0,97% Cu_sol.
- Vida útil de la mina de 45 meses, de los cuáles se requieren 8 meses para preparación de faena. En el mes 9 comienza la producción de mineral a planta.
- La inversión inicial de los 8 primeros meses es de 5.5 MUSD, contempla sólo los desarrollos de túneles.
- El VAN resultante de la evaluación propuesta es de alrededor de 20 MUSD en un plazo de 5 años, a una tasa de descuento de 8%.

Algunas restricciones y recomendaciones propuestas por el emisor del informe:

- Es recomendable una campaña de sondajes para el sector SE del yacimiento, dónde se estima pudiera haber buenas posibilidades de continuidad de mineral ya que no hay sondajes que corten el depósito, y este se proyecta en elongación hacia esta dirección.
- Se recomienda caracterizar mejor la geotecnia para definir mejor el secuenciamiento de los caserones, así como evaluar el diseño y estabilidad de la mina.

3.3 Comentarios y planteamientos sobre los informes

Dado que la empresa desarrolla su información y evaluaciones a través de consultores, la información y los escenarios posibles muestran ribetes que los consultores a veces no logran visualizar. El autor del presente documento considera pertinente tomar la mayor cantidad de información de ambos informes, de forma que se pueda ampliar las evaluaciones económicas propuestas por lo anteriores autores. De esta manera, se espera conciliar o ajustar mejor los parámetros requeridos para un planteamiento de desarrollo de recursos que vaya en línea con las mejores posibilidades de desarrollo para el yacimiento.

Respecto del informe EMI y del informe NZD, se pueden tomar los bloques evaluados para planes, sus respectivos tonelajes y leyes. En opinión de autor, definen de buena manera los rangos en que podrían movilizarse las toneladas y leyes del yacimiento en esos sectores, por lo que es favorable extrapolar una expectativa con valores promedios hacia el sector SE, evidentemente, asumiendo que hay continuidad de mineralización y asumiendo escenarios que hagan variar los tonelajes. Se desprende de las evaluaciones económicas realizadas por los autores, que el parámetro de cálculo de cobre fino recuperado requiere más precisión, ajustando de mejor forma el cobre soluble y la recuperación metalúrgica esperada.

En palabras de Marcelo Awad¹⁷: “el parámetro de recuperación es el más problemático en los proyectos, mato a Sierra Gorda y Caserones (que proyectaban tener un 90%, el primer año fue de un 70% y costo alrededor de 4 años llevarlo a 90%). En los papeles se dice una cosa y después las realidades son otras. Estudiar la recuperación es caro, toma tiempo, pero se paga sola”.

La cita anterior, se realiza en función de que se observa que el parámetro de recuperaciones se asume como de un 85% en el informe EMI y como de un 82.5% en el informe NZD. Las limitantes son, que el informe EMI calcula el cobre fino pagable con el cobre fino total de cada bloque y le aplica el factor de recuperación del 85%. Por otro lado, el informe NZD aplica una metodología aún más simplificadora, asume la ley media del yacimiento de 1.68% de CuT y le aplica la recuperación del 82.5%. Ambas simplificaciones, pudieran no reflejar

¹⁷ Charla de MBA Minero (2020), con fecha del 28 de agosto de 2020. Ramo de Gestión y control de proyectos. Profesor, Gerardo Zamora.

la realidad del yacimiento, la primera, porque asume que el 15% del cobre no es soluble, además, se recuperaría un 100% de ese cobre soluble en planta. El segundo informe NZD, simplifica aún más las leyes de cabeza y aplica un 82,5% de recuperación constante para los 5 periodos anuales. En opinión del autor, es preferible de ahora en adelante aplicar factores correctivos a ambas evaluaciones, suponiendo leyes de recuperación que sean consistentes con la realidad del cobre soluble del yacimiento y asumiendo un porcentaje de recuperación más razonable (aunque desinformado si es que no se tienen pruebas metalúrgicas concluyentes).

No está demás indicar que la problemática del proyecto detectada en ambos informes es que las fases explotan niveles de óxidos cuyo inventario de cobre soluble mayor al 1% alimenta a la planta tan sólo durante 1 año. En ambos informes, se señala que las fases que contienen minerales mixtos, en su mayor tonelaje de reservas, promedian alrededor de 0,7% de cobre soluble. Se hace necesario, en conclusión, acotar la evaluación dónde es más seguro obtener un resultado económico positivo, dada la estrategia en que se considera la evaluación del complejo mina-planta.

Continuando con el razonamiento anterior, el informe EMI propone tres niveles de explotación “N-3200” al “N-3140”, los cuales aportarían del orden de 666.985 ton de mineral con un promedio de 1,3% de cobre soluble. Por otro lado, el informe NZD propone para su fase 1 de techo 3.187 m a piso 3.142 m, con aproximadamente 500.000 ton de mineral con promedio de 1,52% de cobre soluble. La siguiente tabla resume lo expuesto anteriormente para la comparación entre los dos informes, para los parámetros de tonelaje y leyes de cobre soluble que ambos informes indican para los niveles de óxidos sobre la cota 3.140 m:

Tabla 3 Comparación de parámetros de niveles de óxidos en informes de ingeniería EMI y NZD. Fuente: Elaboración propia en base a Informe EMI (2017), Informe Mindenor (2019).

Niveles de óxidos sobre cota 3140	Informe EMI	Informe NAZ	Diferencia
Tonelaje	666.985	498.243	25%
Ley de Cu soluble	1,3	1,5	-16%
Cu Fino Soluble	8.671	7.474	14%

La diferencia anterior se explica ya que el informe NZD propone una losa en el piso de la fase 1 de 20 m de potencia, así como también acota el diseño de la mina dejando un pilar entre las dos cámaras de explotación, dejando ese remanente de mineral para sostener la mina. Se desprende de la comparación anterior, que sobre la cota 3140 se encuentran las mejores leyes de óxidos. Los niveles inferiores a esta cota contienen una mayor proporción de mixtos, que requieren de una evaluación diferente para que funcione la estrategia del complejo mina-planta.

3.4 Evaluación casos base

Los casos bases posibles que se visualizan consideran 2 lineamientos principales (Ilustración 8). Los casos se han delineado considerando un ritmo de explotación deseado para la empresa. Desde cada caso se desprenden otros 3 casos que se pueden considerar dentro de un modelo de negocios, dado que:

- La naturaleza del yacimiento en profundidades mejora en leyes de sulfuros.
- Hay un importante volumen de minerales mixtos
- Créditos de plata de interés que se puede agregar a la evaluación.

El primer caso considera un ritmo de explotación de 40.000 ton/mes, alineado con las estrategias propuestas por los informes EMI y NZD (cuya vida de la mina total alcanza 4 años); siguiendo con un ciclo del proceso de lixiviación en pilas el primer producto se beneficia por medio de los procesos de hidrometalurgia y SX/EW. Se plantea que la planta en una primera etapa procesa del orden de 30.000 a 40.000 ton/mes.

De tener éxito el proyecto y si demuestra viabilidad económica a través de un inventario de recursos propio, por medio de abastecimiento de otros proveedores, podría pensarse en una expansión de la planta. Por otro lado, cuando se termina un ciclo de lixiviación en pilas, también sería posible realizar la gestión de las pilas considerando evaluar los ripios de baja, mediana o alta ley que quedan remanentes de los minerales cuya lixiviación no fue completa.

Por último, queda pendiente las evaluaciones para sulfuros, que están auspiciadas por buenas leyes de sondajes que han alcanzado las partes inferiores del yacimiento, por tanto, esta posibilidad queda abierta. Sería beneficioso para este trabajo, al menos esbozar un modelo económico de desarrollo que integre de forma secuencial los inventarios de recursos dentro de este modelo, de forma que la estrategia de desarrollos busque maximizar las alternativas posibles, dadas las restricciones de los escenarios potenciales que pudieran surgir.

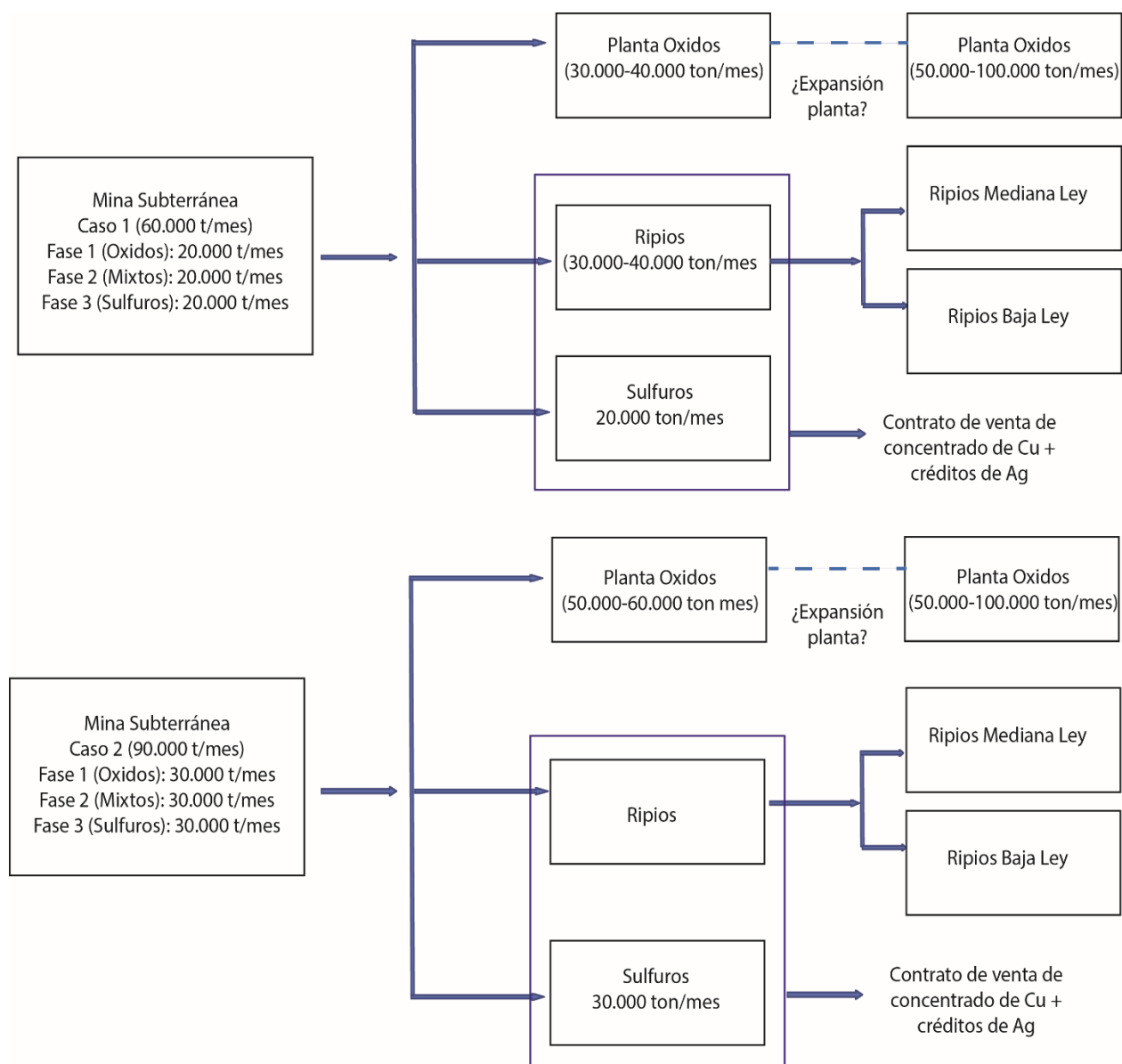


Ilustración 8 Modelos de negocios posibles para casos bases a evaluar. Fuente: Elaboración propia. Dimensiones o mapa mental de ideograma de inventarios.

Un caso menos ambicioso que el anterior, sería considerar un ritmo de explotación de 20.000 ton/mes. Siguiendo la lógica explicada en el párrafo anterior para el caso 1, bajar el ritmo de producción disminuye la maximización del beneficio que proponen los ingenieros de los informes, pero permite estabilizar la producción de la mina por más tiempo. Un ritmo de explotación más bajo significa menores inversiones, pudiera también tener otras consecuencias favorables, como planificar las fases en la medida que los resultados y la información vayan justificando los crecimientos de forma progresiva y orgánica, por etapas que cumplan las expectativas en peldaños que sean alcanzables y sustentables en el tiempo.

Por otro lado, un ritmo de explotación más bajo significa una menor economía de escala, por tanto, los costos unitarios de explotación por tonelada debieran tender a subir. La complejidad de evaluar un caso de este tipo, significaría proponer un diseño de ingeniería distinto, evidenciando un costo mina quizás menos favorable, pero económicamente alcanzable, para un tamaño de inversión más reducido.

Se agrega como complemento del modelo de negocios posible de la ilustración 7 un resumen de los beneficios unitarios, con un factor de corrección aplicado al Cu soluble, con una aproximación del potencial económico que se podría obtener a partir de los ripios. En este caso, conviene evaluar los bloques propuestos por EMI ya que da cuenta de una densidad de datos que representan el plan minero propuesto por el informe.

En la tabla 4 se resume el cálculo realizado para todos los bloques del plan propuesto, con los resultados simplificado. Se asumió un precio del Cu de 2.8 USD/lb y se realizaron cálculos con 2 precios de plata, uno de largo plazo histórico de los últimos 5 años de 16 USD/Oz y otro del precio actual de 24 USD/Oz¹⁸. En la tabla se muestra el cálculo realizado con el precio de la plata de 16 USD/Oz, ya que al comparar los 2 casos el impacto del aumento del precio de la plata en un 33% no es tan significativo en los beneficios unitarios (varía de 2 a 3 USD), explicado esto, posiblemente porque el yacimiento no tiene leyes tan altas de plata.

¹⁸ <https://www.lme.com/Metals/Precious-metals/LME-Silver#tabIndex=2>

Tabla 4 Rangos de variación de los beneficios unitarios por tonelada de los bloques en categorías de óxidos. Nomenclatura: RBL: Ripios de baja ley; RML: Ripios de mediana ley; RAL: Ripios de alta ley, no aplican dentro del concepto lógico de envío a planta de lixiviación. Fuente: Elaboración propia en base a Informe EMI (2017), Informe NZD (2019).

Selección	Tonelajes óxidos	Beneficio Unitario Ripio (USD/t)	Beneficio Unitario Lixiviación (USD/t)
RBL	495.718	\$15 - \$30	\$30 - \$100
RML	424.377	\$30 - \$70	\$40 - \$100
RAL	149.745	\$40 - \$150	\$20 - \$60
	Promedios	\$51	\$62

De la tabla anterior, conviene indicar la importancia del crédito de la plata y de la gestión de los ripios, ya que si se integran dentro de un modelo de evaluación combinado podrían cambiar significativamente el proyecto en cuanto a diseño y valorización de los bloques, cuyo impacto en la toma de decisiones del negocio puede ser importante.

Por ejemplo, en promedio el beneficio de los ripios produce un margen comparado de alrededor del 57% (ratio entre beneficios: $B_{\text{ripio}} / B_{\text{Lix}}$). (Ver ilustración 10 dónde se muestra gráficamente los beneficios por concepto de integración de ripios). O sea, en promedio, se ganan \$66 USD por concepto de beneficio de lixiviación y potencialmente se podrían ganar otros \$37 USD por concepto de beneficios de ripios. Ahora bien, cabe destacar los rangos de variación significativos que se producen entre los bloques para los ripios de alta ley y los ripios de moderada ley. En general, se puede indicar que los ripios de baja ley no producen un beneficio importante pero tampoco se descartan como otros negocios posibles.

Se concluye de todo lo anterior, que una mejor caracterización de los bloques en contenido de plata y contenido de cobre soluble si tiene impacto importante cuando se evalúa todo el circuito de posibilidades de los inventarios de recursos. No hay que descartar la plata, ya que del análisis anterior se desprende que el promedio de 1 Mton del informe EMI tiene 10 g/ton de Ag, que como beneficio unitario contribuyen entre 5 a 7 USD/ton. Estos 5 a 7 USD/ton pueden tener un impacto a la hora de evaluar los costos minas (Que para un ritmo de explotación de 40.000 ton/mes es de alrededor de 22 USD/ton, o sea, entre un 22% - 32% del costo mina se podría apalancar con el crédito de plata) o bien puede significar un aporte para contribuir a los costos de carguío y transporte de los ripios de baja ley.

3.4.1 Importancia de mapear los procesos de los inventarios de recursos

Para efectos de percibir de mejor forma los beneficios de separar las líneas de procesos, en la ilustración 9 se refuerza y explica gráficamente lo que pasa con una tonelada de mineral, las recuperaciones asociadas a cada proceso y la cantidad de cobre obtenida en cada uno de estos. Se concluye que, de esa tonelada de material, sería posible beneficiar un 55% del cobre en los procesos hidrometalúrgicos, el restante 45% quedaría en los rипios.

Se puede desprender que, dada la naturaleza del material, es importante intentar beneficiar el máximo posible de cobre contenido y esto se logra integrando los rипios dentro de los potenciales beneficios a percibir. Esto a su vez genera desafíos futuros ya que cada línea de procesos requiere una gestión diferente, así como contratos distintos e inversiones diferenciadas. De funcionar este modelo integrado, se busca acoplar los procesos ya que de esta forma se aprovecha al máximo el inventario de recursos geológicos.

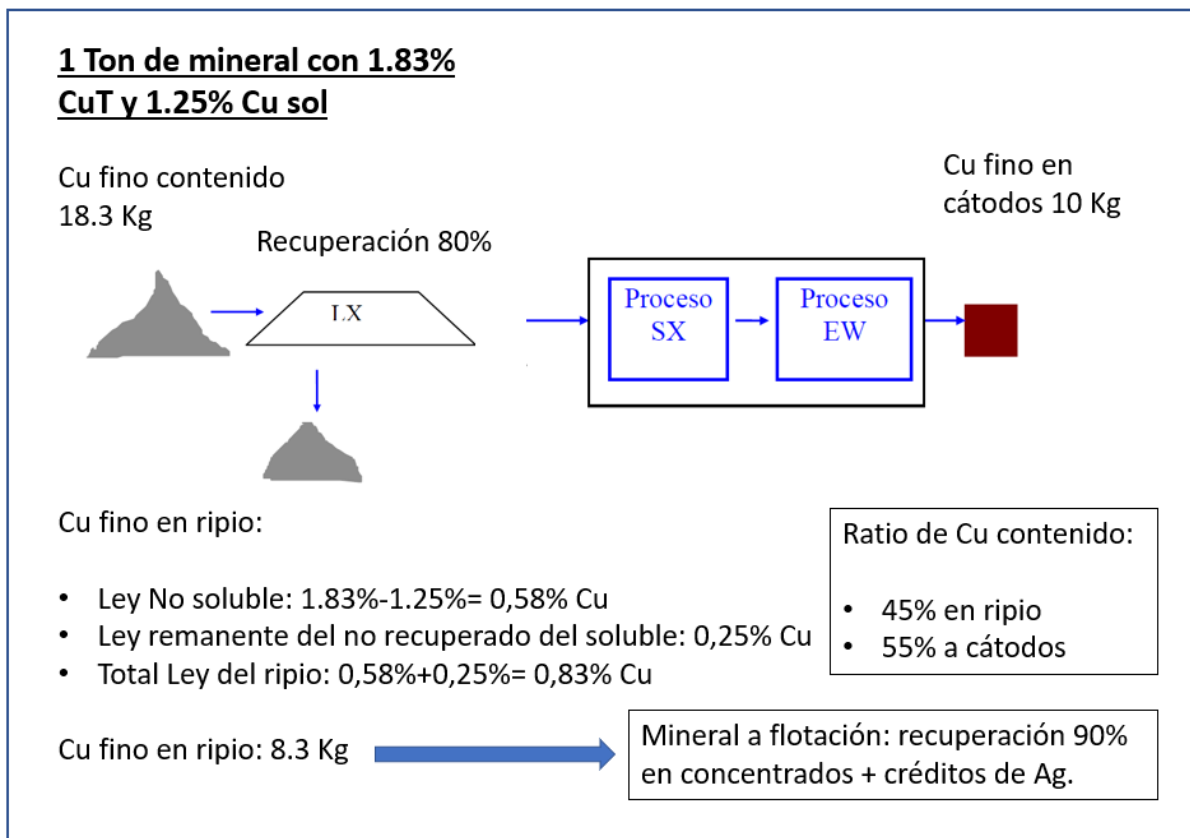
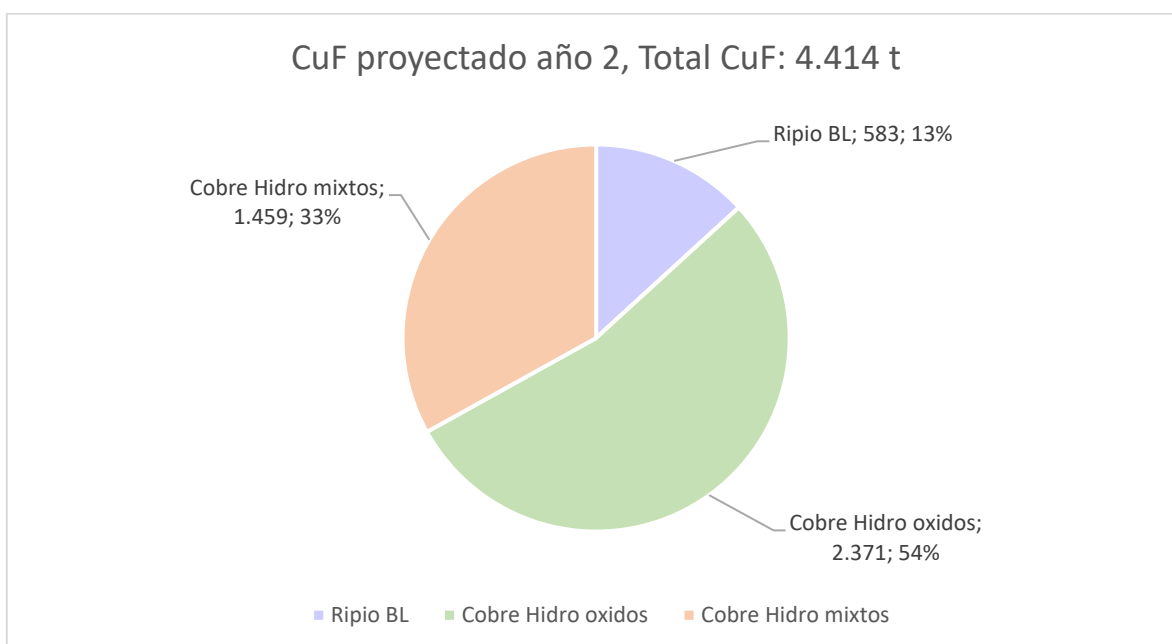


Ilustración 9 Ejemplo de leyes para mineral que va a la línea de hidrometalurgia y los rипios remanentes. Cu fino contenido en los procesos, de acuerdo con leyes promedio del nivel de óxidos en estudio. Fuente: Idea original tomada de SONAMI, versión expandida para el caso de estudio.

A modo de ejemplo, en las ilustraciones 10, 11 y 12, tomado del modelo económico, se muestran las proporciones de cobre fino que se proyectan por cada una de las líneas de procesos por años. Notar, que para simplificar el problema y destacar la importancia de mapear los procesos se fijaron los ritmos de aporte de la mina por fases (Fase 1 contribuye a los óxidos, Fase 2 contribuye a los mixtos, Fase 3 contribuye a los sulfuros).

En la ilustración 10 se muestra el cobre fino proyectado para el año 2. Se puede observar que el 54%, o sea alrededor de unas 2371 Ton de Cu fino vendrían de la línea fase 1, así como un 33% de los mixtos.



*Ilustración 10 Cobre fino proyectado Año 2. Línea Hidro, Óxidos, Mixtos y rípios BL (baja ley).
Fuente: Elaboración propia en base a Informe EMI (2017), Informe NZD (2019)*

La situación cambia cuando evoluciona la integración del sistema hacia los minerales mixtos en el año 3, diferenciándose notablemente en el año 4, donde se puede observar contribuciones que se distribuyen proporcionalmente para las líneas de procesos.

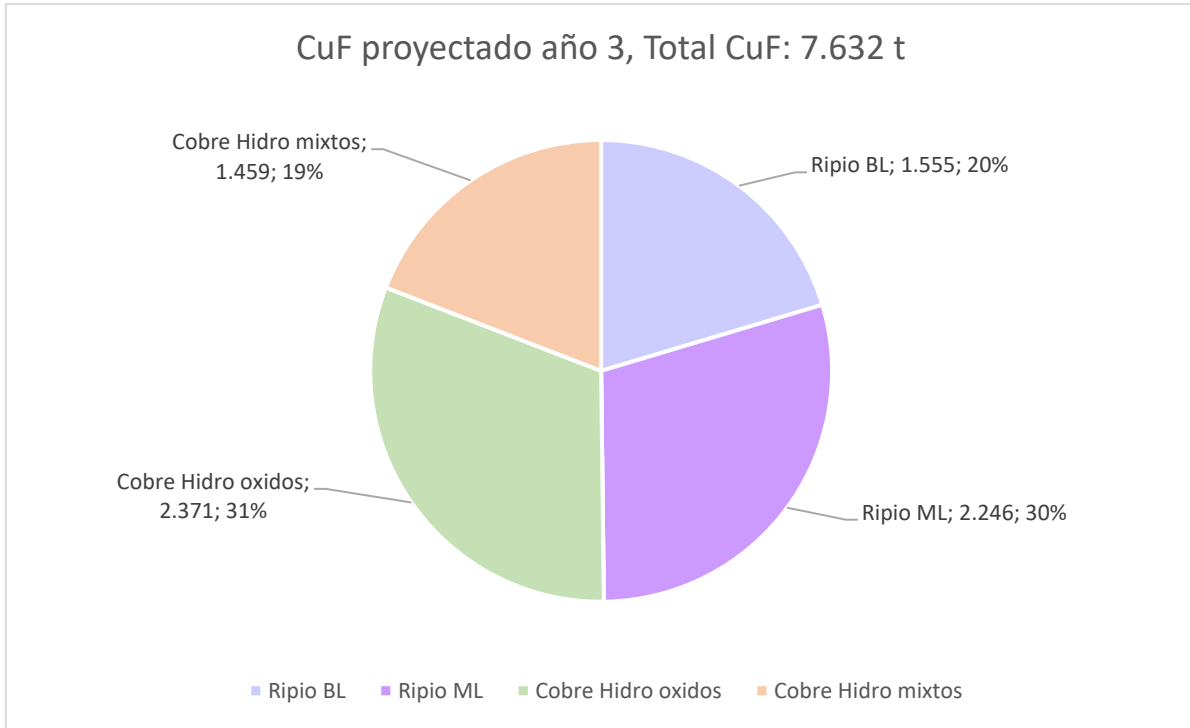


Ilustración 11 Cobre fino proyectado año 3. Línea Hidro y rípios BL y ML. Fuente: Elaboración propia en base a Informe EMI (2017), Informe NZD (2019)

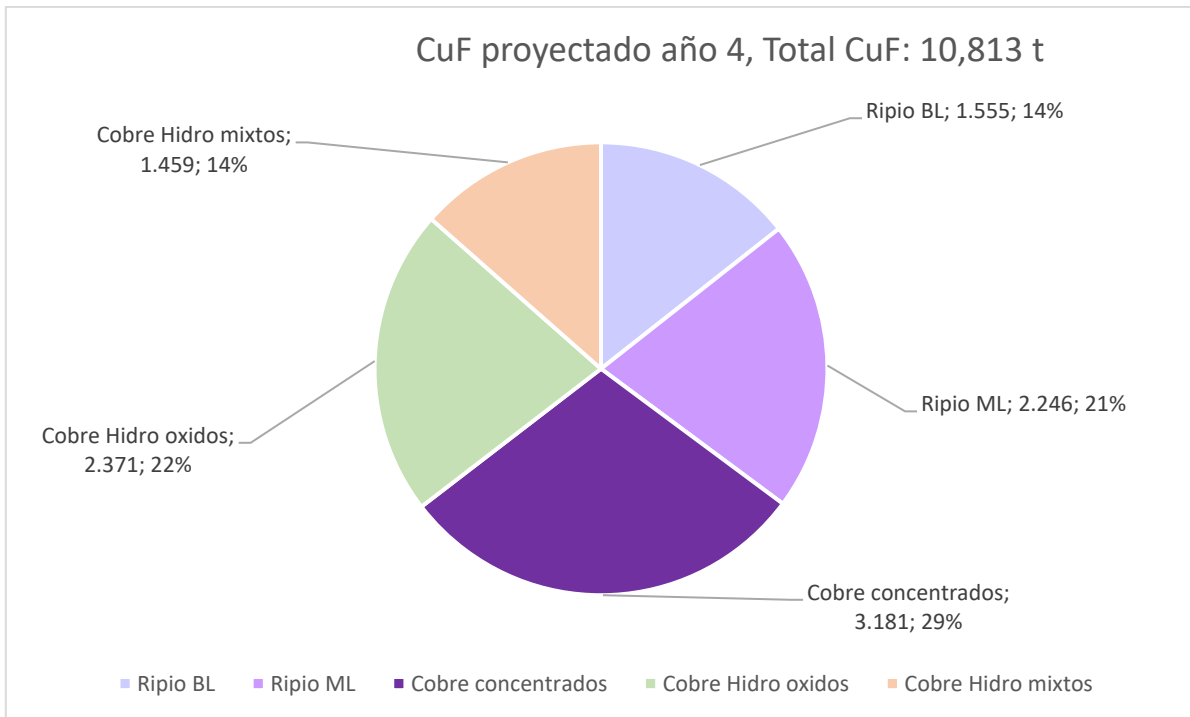


Ilustración 12 Cobre fino proyectado año 4. Línea hidro óxidos, línea rípios y línea sulfuros (morado). Fuente: Elaboración propia en base a Informe EMI (2017), Informe NZD (2019).

3.5 Análisis de escenarios y sensibilidades

Dado que la evaluación tomada del informe NZD no considera el monto de inversión en la planta de lixiviación, se confeccionó una tabla que sensibiliza el parámetro de inversión *ceteris paribus*. Los resultados se muestran a continuación:

Tabla 5 Variaciones en indicadores económicos, ampliado de informe NZD.

Variaciones en Indicadores económicos del proyecto base según desviaciones en estimación de la inversión							
Monto inversión (M\$USD)	\$5,5	\$10,5	\$15,5	\$20,5	\$25,5	\$30,5	\$35,5
TIR	116%	65%	42%	28%	19%	12%	7%
VAN	\$37,8	\$32,8	\$27,8	\$22,8	\$17,8	\$12,8	\$7,8
IVAN	6,86	3,12	1,79	1,11	0,70	0,42	0,22
Observaciones casos	Original , solo mina	Mina (5,5 M\$USD) + Planta cuesta 5M\$USD	Reactivar planta cuesta 10 MUSD	Reactivar planta cuesta 15 MUSD	Reactivar planta cuesta 20 MUSD	Otros montos no previstos	Otros montos no previstos

Como puede observarse en la tabla 5, la TIR inicial resulta muy alta si se compara con cualquier proyecto minero (a modo de benchmarking el proyecto minero tres valles tiene una TIR de 90%, que ya es considerada alta). Ver que el análisis de la tabla expande 5 MUSD como monto de inversión extra en cada columna. El primer caso considera el CAPEX (o más bien capital de trabajo) necesario para los desarrollos de la mina. El segundo caso supone que el CAPEX para Mina y planta es de alrededor de \$10,5 MUSD, disminuyendo la TIR a la mitad (65%), no así el VAN que no varía significativamente. Se agregó el parámetro de IVAN (VAN/Inversión) para agregar el efecto que tiene la inversión sobre el VAN proyectado del caso base. El caso en que la inversión requerida alcanza los \$25 MUSD la TIR alcanza un 19% y el VAN disminuye a casi la mitad del caso inicial.

Como bien se puede observar en la tabla 5, se desprende que la inversión necesaria para reactivar la planta es un valor aún incierto y no catastrado con exactitud. Por otro lado, podemos concluir que tener un enfoque operacional sólo en la mina es sesgado, por lo que se dejan otras variables de importancia e impacto mayor para el proyecto. En el siguiente capítulo se muestra una reformulación del modelo económico-financiero de cálculo para dar solución a esta dificultad percibida desde este análisis.

4.0 PLANTEAMIENTOS PARA EL DESARROLLO DE RECURSOS GEOLÓGICOS, INVENTARIOS E IMPACTO ESTRATÉGICO

Dado lo anterior expuesto en el capítulo 3, las estrategias de desarrollo de recursos geológicos se pueden mostrar conceptual y gráficamente en la ilustración 13. En este diagrama se ampliaron los conceptos expuestos en Fréaut (2007), relacionados al aporte al negocio minero cuando se desarrollan recursos y reservas. En este caso, se ha ampliado el concepto debido a que la estrategia en la mediana minería es diferente debido a la naturaleza de los yacimientos, sus potenciales y los costos necesarios para poder desarrollar los recursos y reservas.

En esta tesis se plantea la estrategia 1 como la óptima, debido a que el programa visualizado por el autor, se enfoca en intentar extender la fase 1 de óxidos del yacimiento pampita y la fase 2 de minerales mixtos. Esto debido a que el control de mineralización estaría entendido en una dirección, por tanto, sería esperable cambiar el horizonte del proyecto, ampliando la dimensión del negocio que más impacta, los recursos mineros que pueden ser transformados lo más rápido posible en reservas.

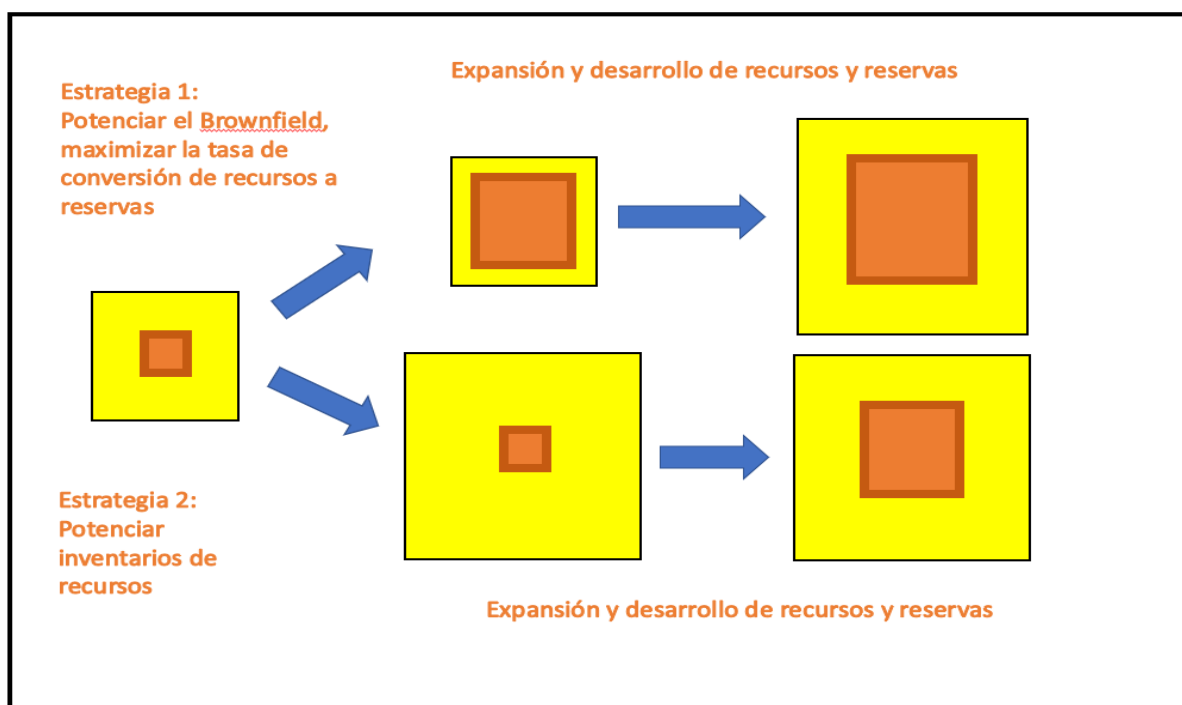


Ilustración 13 Concepto ampliado de expansión de recursos y reservas. Fuente: Idea tomada de Fréaut (2007).

La estrategia 2 es la que usualmente utilizan las empresas *junior* o los enfoques basados en levantar expectativas sobre mayores volúmenes de recursos potenciales. Esta estrategia no se considera como peor, o mejor, si no que apunta hacia una definición distinta del negocio esperado según la posición en la que se ubica el evaluador. Salta a la vista que en este concepto no se explica la dimensión tiempos, costos y riesgos. Si bien, para capitalizar un proyecto, o expandir el portafolio en cartera sería atractivo contar con un inventario de recursos potencial asegurado para que ingresen inversionistas, los tiempos juegan un rol clave. Dado que la tasa de transformación de recursos a reservas es muy sensible y dependiente de otros parámetros (gestión del recurso organizacional y del conocimiento, competencias y experiencia del equipo, *budget* y soporte de gestión para capitalizar los proyectos, entre otros).

Dada la escala y segmento minero de la mediana minería, los parámetros a evaluar se ajustan a estándares que son poco conocidos en la industria de forma pública, que, además, dependen de las definiciones y estilos que manejan cada una de las empresas.

4.1 Definiciones para estrategias posibles

Se desprende de los análisis de los casos base que uno de los principales desafíos para darle viabilidad, extensión y un atractivo distinto al distrito, consistiría en poder desarrollar mejores inventarios de recursos geológicos. Por tanto, una de las estrategias propuestas busca desarrollar, por etapas, las evaluaciones respectivas de los bloques laterales de las fases 1 y 2 de explotación del proyecto Pampita. Surge de esa forma, la problemática de la promesa de valor que se podría conseguir si es que las fases logran expandir sus inventarios dentro de ciertos rangos de recursos esperables. Es, por tanto, que en las definiciones de estrategias posibles se plantean los supuestos necesarios para que las fases de explotación continúen abasteciendo la alimentación de la planta por algunos años más. Dado lo anteriormente expuesto, se propone realizar el análisis inverso de una evaluación pura, esto es, plantear los rangos de tonelajes y leyes esperables para que económicamente tenga un atractivo el proyecto. Por tanto, es importante manejar las expectativas sobre lo que se espera, para poder tomar mejores decisiones sobre si continuar las inversiones o desistir, que montos invertir,

cuanto tiempo destinar para evaluar y que resultados esperar de esa evaluación para disminuir los riesgos y continuar a otra etapa en que la promesa de valor sea cada vez más segura.

A modo de propuesta en las siguientes tablas se plantean los supuestos realizados sobre el parámetro de tonelaje esperado si buscan distintas estrategias de consumo. Como bien se explica, se plantean 2 etapas de evaluación y se realizan supuestos sobre los rangos de tonelajes esperados, parametrizando desde estas las posibles extensiones de las fases.

Para este ejercicio se proponen distintos escenarios cambiando la potencia de la estructura mineralizada. La estrategia principal consiste en evaluar corridas de estructuras en el distrito, dado que el modelo de exploraciones así ha indicado que se controla la mineralización. En las corridas el parámetro de mayor influencia para el tonelaje es la potencia de la estructura mineralizada, por lo que las extensiones buscan mover los rangos de este parámetro para así acotar las expectativas de acuerdo a distintos escenarios y plantear los supuestos que necesarios para levantar un mejor atractivo económico. De esta forma, se podrían ajustar mejor los presupuestos de acuerdo con una promesa cuyo pronóstico se ajusta a rangos de valores con mayor o menor confianza. Así, cuando el plan se ejecute, se orienta mejor el gasto en riesgos sobre los que no se conoce el resultado, apoyando de esa manera esta evaluación como herramienta para la toma de decisiones.

Los planteamientos propuestos en este capítulo, obedecen a las restricciones que se aprecian como presupuesto de riesgo, pero también otras, como legales. Por ejemplo, la continuación norte de la mineralización de Pampita dónde los sondajes indican las mejores leyes del yacimiento pertenecen a otra propiedad minera, por tanto, plantear la opción de compra de propiedad minera o elaborar un contrato de opción para poder comprar esa propiedad también se podría plantear como alternativa. No obstante, antes de poner un precio o de negociar la propiedad es necesario preguntarse si tiene algún valor o impacto la compra de esa propiedad.

En el capítulo de discusiones se expondrá con mayor detalle el caso, en este capítulo se aborda el análisis sobre si tiene o no un impacto para el proyecto, dentro de que rangos se debiera esperar un tonelaje, para luego pasar a la otra etapa de evaluación. Así, se aborda con información más robusta una posible negociación de propiedad y acuerdos con terceros.

4.1.1 Extensión de la fase 1 (Óxidos)

Para este capítulo se proponen dos escenarios que podrían ocurrir en cuanto a la expectativa de los tonelajes esperados como extensión de la Fase 1. Las corridas a evaluar son de 120 metros correspondiente a los cálculos de los bloques de reservas conocidos con sondajes en Pampita. Se extrapolan los 120 metros para dimensionar el impacto económico que tendría el agregar una corrida de 120 m. Adicional a la corrida, el parámetro de mayor peso para el tonelaje es la potencia de la estructura mineralizada, por tanto, estableciendo los rangos de las potencias se pueden esbozar escenarios (más, o menos conservadores) en que los rangos de las potencias indican un promedio de tonelaje esperado. Finalmente, se plantean dos etapas de evaluación de corridas, como bien se mencionó la primera buscando demostrar continuidad en los 120 metros inmediatamente contiguos a la fase 1, la segunda etapa considera la evaluación del impacto que tendría adicionar otros 240 metros a los inventarios en esta fase.

Tabla 6 Brownfield y tonelajes esperados para la ampliación de fase 1 de óxidos. Escenario 1. Fuente: Elaboración propia.

Extensión Brownfield d Óxidos	Potencia (m)	Corrida a evaluar (m)	Tonelajes esperados (Kton)	Promedio de Tonelaje esperado (Kton)	Vida útil a 40 Kt/mes	Vida útil a 30 Kt/mes	Vida útil a 20 Kt/mes
Etapa 1	10 a 30	120	130-389	259	0,3-0,8	0,4-1,1	0,5-1,6
Etapa 2	10 a 30	240	259-778	518	0,5-1,6	1,7-2,2	1,1-3,2

La tabla 6 explica los supuestos realizados para el cálculo de tonelajes esperados para levantar de inventarios en la fase 1 de óxidos. Como se puede observar, se plantean 2 corridas, en la primera se espera generar una mejor categoría de recursos. De ser positivos los resultados, se recomendaría ampliar la evaluación con geotecnia y metalurgia, obteniéndose un nivel de información razonablemente suficiente para tomar la decisión de expandir esta fase. Se agrega a este caso, en las columnas de vida útil, según el ritmo de explotación, el impacto de levantar estos tonelajes de acuerdo a distintos ritmos de consumo. Se desprende de esta tabla que se podría ganar un importante valor al demostrar corridas con potencias entre estos rangos. Si en promedio se cortan estructuras mineralizadas con potencias de 20

metros, un ritmo de explotación de 20.000 ton/mes sería adecuado aumentando la vida útil entre 1 y 3 años, de ser favorables los resultados. Ritmos de explotación de 30 Kt/mes o 40 Kt/mes agotarían muy rápido los recursos para potenciales de estos niveles de expectativas.

Tabla 7 Brownfield y tonelajes esperados para la ampliación de la fase 1 de óxidos. Escenario 2. Fuente: Elaboración propia

Extensión Brownfield Óxidos	Potencia (m)	Corrida a evaluar (m)	Tonelajes esperados (Kton)	Promedio de Tonelaje esperado (Kton)	Vida útil a 40 Kt/mes	Vida útil a 30 Kt/mes
Etapa 1	25-60	120	324-777	557	0,7 - 1,6 años	0,9 - 2,2 años
Etapa 2	25-60	240	648-1.555	1.115	1,4 - 3,2 años	1,8 - 4,3 años

En la tabla 7 se muestra un escenario en que se ha presupuestado un rango entre 25 a 60 metros esperado de potencia con mineral. En promedio, se desprende para la etapa 1 un tonelaje esperado de óxidos en torno a los 0,55 Mton de recursos. Para la etapa 2, cuya corrida es inmediata a la de la etapa 1, se esperaría un tonelaje promedio de 1,1 Mton, cuyos resultados, de ser positivos, extenderían el doble la vida útil de la mina. En este caso, se realizaron cálculos de vida útil de acuerdo con los ritmos de explotación que se suponen en los informes de ingeniería. Un ritmo de explotación de 40 kton/mes, con resultados de potencias desfavorable, en torno a los 25 m generaría una expectativa de extender las fases 1 de óxidos en ambas etapas por 2 años.

Por otro lado, expectativas más favorables, en que se encuentre un cuerpo mineralizado con promedio de 60 m de potencia (más improbable), generaría una expectativa de 5 años. Se agregó, además en la última columna, el caso en que se baja el ritmo de explotación a 30 kt/mes; repitiendo el razonamiento anterior, las expectativas podrían variar ente 2,7 a 6,5 años según se cumplan los supuestos de la potencia del cuerpo mineral. Notar que el rango de tonelaje esperado es muy sensible a la potencia del cuerpo mineral, con lo que se condiciona completamente la evaluación a un buen entendimiento del control estructural del cuerpo mineralizado y sus proyecciones en el sur.

4.1.2 Extensión de la fase 2, minerales Mixtos

En la tabla 8 se repite el razonamiento explicado para la tabla 5 y 6. En este caso, se han mejorado las expectativas porque se pronostica que el nivel de minerales mixtos tiene una altura esperada de 80 metros (el doble que del nivel de óxidos). Este supuesto no ha sido comprobado con sondajes en el área en estudio, pero si se ha podido comprobar en el sector del yacimiento en el que hay un nivel de información suficiente, por tanto, se concluye que es un parámetro que queda sujeto a comprobación, pero que la experiencia en el entorno cercano lo sustenta. De esta tabla, se puede indicar que hay un mejor pronóstico para tonelajes en el sector de los mixtos. No está demás indicar que existe el riesgo de que el proceso de oxidación en este caso no esté tan desarrollado porque la potencia de la estructura condicionaría los volúmenes de sulfuros. Repitiendo, queda sujeto a comprobación, y queda planteado como una variable de alto interés para estudiar en mayor detalle ya que su impacto futuro para los planes es relevante.

*Tabla 8 Brownfield y tonelajes esperados de minerales mixtos para la ampliación de la fase 2. Escenario 1.
Fuente: Elaboración propia.*

Extensión Brownfield Mixtos	Potencia	Corrida a evaluar	Tonelajes esperados (Kton)	Promedio de Tonelaje esperado (Kton)	Vida útil a 40 Kt/mes	Vida útil a 30 Kt/mes	Vida útil a 20 Kt/mes
Etapa 1	10 a 30	120	259-778	518	0,5-1,6	0,7-2,2	1,1-3,2
Etapa 2	10 a 30	240	518-1550	1037	1,1-3,2	1,4-4,3	2,2-6,5

En la tabla 9 se indican los tonelajes esperados para supuestos de potencias que son aún más optimistas. Nuevamente, queda sujeto a comprobación, pero de manejar potencias de estructuras de estos ordenes sería muy favorable para un proyecto futuro, permitiendo ritmos de explotación muchos más intensivos.

*Tabla 9 Brownfield y tonelajes esperados de minerales mixtos para la ampliación de la fase 2. Escenario 2.
Fuente: Elaboración propia.*

Extensión Brownfield Mixtos	Potencia (m)	Corrida a evaluar (m)	Tonelajes esperados (Kton)	Promedio de Tonelaje esperado (Kton)	Vida útil a 40 Kton/mes	Vida útil a 30 Kton/mes
Etapa 1	25-60	120	648 – 1.555	1.115	1,4 - 3,2 años	1,8 - 4,3 años
Etapa 2	25-60	240	1.296 – 3.110	2.229	2,7 - 6,5 años	3,6 - 8,6 años

4.1.3 Resúmenes de los escenarios para óxidos y minerales mixtos

Resumiendo, las tablas 10 y 11 muestran que desarrollar un programa de evaluación para los minerales mixtos podría generar un volumen esperado más grande que el de los óxidos. De seguirse una estrategia de negocios que considera un ciclo de gestión de recursos integrado como el que se muestra en la ilustración 8, se podrían generar expectativas atractivas en este sector si se cumplieran los supuestos necesarios de comprobar. En este segmento, la ampliación para un ritmo de explotación 20 Kt/mes podría ir de unos 6 a 13 años, con lo cual estaríamos bordeando lo necesario para un proyecto atractivo, cercano a los 10 años, obviamente, asumiendo que se cumpliera el pronóstico de las potencias esperadas.

Tabla 10 Resumen de los inventarios de recursos esperados para extensión Brownfield de minerales oxidados y mixtos según promedios. Escenario 1. Fuente: Elaboración propia.

Planes de evaluación	Inventarios de recursos esperados (Kton)
Óxidos Etapa 1 y 2	778
Mixtos Etapa 1 y 2	1.555
Total de tonelaje esperado para levantar en programa	2.333

La tabla 10 muestra el escenario más optimista para las potencias, casi duplicando los inventarios de recursos esperados. Si se llegaran a levantar estos inventarios de recursos los ritmos de explotación podrían aumentar, prometiendo mejores ganancias.

Tabla 11 Resumen de los inventarios de recursos esperados para extensión Brownfield de minerales oxidados y mixtos según promedios. Escenario 2. Fuente: Elaboración propia.

Planes de evaluación	Inventarios de recursos esperados (Kton)
Óxidos Etapa 1 y 2	1.672
Mixtos Etapa 1 y 2	3.344
Total de tonelaje esperado para levantar en programa	5.016

El objetivo de la tesis y del análisis anterior es mostrar, como se observa en la tabla 10 y 11, que, si se evalúan ambas etapas, para óxidos y minerales mixtos podría esperarse un inventario de recursos de 5 Mton, siguiendo la estrategia de maximizar la tasa de conversión de estos a reservas, se esperaría contar con un inventario de recursos geológicos robusto de información. Considerar que, en este caso, se considera como inventario de recursos sólo el que está en la mina. En otro capítulo se ampliará el concepto para la concepción de inventarios de ripios de baja, media, alta ley, y sus expectativas potenciales de ser favorables las condiciones.

Agregamos al análisis el desglose de la variable de vida útil. En resumen, de ser poco favorable la expectativa, en óxidos se esperaría un mínimo de 2 años a un ritmo de 30 Kt/mes, esto podría remediarse bajando el ritmo de explotación y racionalizando los recursos a un ritmo de 20 Kt/mes. Notar que de ser favorable la expectativa de una potencia continua de entre 30-40 metros para ambas corridas, se podría esperar una vida útil cercana a los 6,5 años para un ritmo de 30 Kt/mes.

No es parte del objetivo de esta tesis lograr calcular el nivel óptimo del ritmo de explotación. En el capítulo de discusiones se deja planteada la problemática de optimizar el ritmo de explotación para garantizar la mejor maximización de beneficios. Concluir el mejor ritmo de explotación para los inventarios de recursos debiera ser parte de un estudio de planificación minera más detallado, realizado por profesionales competentes en las áreas. El objetivo de esta tesis es indicar el nivel de expectativas que debiera cumplirse, para alimentar que modelo económico y de inversiones, o sea, el análisis estratégico sobre como diagnosticar un buen pronóstico de inventarios de recursos y su impacto en la toma de decisiones futuras.

Se desprende un interés útil de generar estos escenarios, ya que permite comparar las expectativas que tiene este proyecto, con otros distritos y proyectos mineros de mediana minería. En el capítulo 5 se abordará esta comparación de forma más detallada.

4.1.3) Extensión de la fase 3, Sulfuros

El análisis de los sulfuros resulta menos inmediato y prioritario para la evaluación, debido que es más costoso evaluar en profundidad las proyecciones de las estructuras. El cálculo estimativo debiera seguir la misma lógica que la de los óxidos y los mixtos. Como propuesta alternativa para un futuro favorable, queda planteado para una mejor economía de gastos en prospecciones, que la evaluación de los sulfuros sea realizada *in-mine*, o sea, de ser favorable la evaluación del yacimiento y las ganancias justifiquen realizar esta evaluación, sería más recomendable realizar túneles exploratorios que se acoplen a los desarrollos de acuerdo con las etapas de explotación.

Es importante dar una respuesta más precisa a este punto, debido a que los mejores sondajes de Pampita demuestran leyes que en profundidad aumentan considerablemente. En este punto se comenta como expectativa los resultados del sondaje DDH -15 realizado por Cerro Dominador en el sector norte del yacimiento:

- DDH-15: 310 m @1,2 % CuT. Notar el siguiente intercepto, 121-192 m totaliza un metraje de 71m @ 4.2% CuT.

Sin duda que las leyes de este sondaje son excepcionales, se puede mencionar, además, que el ángulo del sondaje cortó la estructura en parte de forma no perpendicular a la estructura. Pero, como muestreo de la estructura indica que esta tiene continuidad de mineralización muy favorable en profundidad.

La mineralización en ese sector es comprobada por el sondaje P-251 (realizado paralelo a la estructura), cuyos resultados indican:

- P-251: 123-183 m @ 3.1% CuT

Ambos sondajes demuestran un potencial abierto en profundidad, que levantan las leyes de tal forma que las expectativas del yacimiento en el sector norte de Pampita son muy auspiciosas. Como se verá en el siguiente capítulo, leyes altas, aunque con volúmenes menores, también son un target de interés para la empresa de la mediana minería.

4.2 Modelo económico ajustado a los escenarios

En el capítulo 3 se expuso un modelo económico tomado de los informes de ingeniería sobre el cual se realizó un estudio detallado de las variables que lo constituyen. El presente modelo busca dar una visión ampliada al problema económico del proyecto, por ello se agregan una serie de atributos que van más allá de las utilidades operacionales que pudieran obtenerse (En anexos se adjunta la tabla de trabajo de Excel ocupada para calcular el modelo económico-financiero). Es por ello que este modelo permite adoptar posiciones frente a una compra/venta de las propiedades, así como es que permite visualizar las etapas de evaluación que debieran realizarse, sus gastos asociados y por sobre todas las cosas exponer los riesgos que involucran las inversiones. De los informes de ingeniería podemos sacar en limpio que se tuvieron que ajustar algunas variables cuyas correcciones se explicaron en el capítulo 3, entre ellas, dados los análisis de sensibilidades de variables y los escenarios se puede indicar que:

- Los ingresos se calcularon utilizando el modelo integrado de gestión de inventarios de recursos, por tanto, se ingresan producciones de cobre en línea hidro (óxidos y mixtos), línea rípios de baja ley (óxidos) y de mediana ley (mixtos), línea sulfuros. Se asume un precio del cobre conservador de 2,8 USD/lb. (Cochilco pronostica en el largo plazo un precio de 3 USD/lb).
- El modelo considera 3 fuentes de alimentación del yacimiento Pampita, lo cual difiere de la planificación minera inicial del informe NZD. En resumen, los tonelajes por año son similares, sólo que para simplificar el problema se plantea una visión de explotación en paralelo de las 3 fases desde el año 3 en adelante para indicar el beneficio, justamente, de incluir más recursos, con ello, más puntos de explotación y un tiempo de vida de la mina más largo.
- La inversión en la planta es aún incierta al no existir una tasación real de los activos en funcionamiento y el refaccionamiento. No se conoce el valor exacto en costos

varios (contables o deudas anteriores) ni tampoco su situación legal. Se asumirán algunos valores obtenidos de un benchmarking y de algunas referencias sugeridas por expertos en el rubro que manejan cifras estándares.

- El modelo considera más atributos a la evaluación que antes no estaban, tributación de impuestos, inversión en planta (variable), pago por propiedad minera (se asume un pago total de 10 MUSD, con cuotas parciales por etapas). Además, se visualizan otras inversiones necesarias de acuerdo con la etapa de evaluación que se asuma. En una primera instancia se deduce necesaria una campaña de perforación de 5.000 metros de sondajes para comprobar continuidades de mineralización (con inversión inicial de 2,5 MUSD).
- El capital de trabajo tampoco estaba asumido, para lo cual se identificaron 3 capitales de trabajo distintos. Capital de trabajo para desarrollos (estaban en OPEX en informe NZD), capital de trabajo de los años 1 y 2 para cubrir los costos de explotación debido a que el proyecto en el año 1 y 2 presenta flujos negativos.
- Para dar cobertura a los capitales de trabajo se simuló la incorporación de dos deudas como mecanismo de financiamiento. Una de 30 MUSD y otra de 25 MUSD, mediante un sistema de cuotas fijas a 10 años a una tasa de un 4% de interés¹⁹.

Algunos comentarios respecto de este modelo económico, de acuerdo con justificar el porqué de todos estos supuestos expuestos anteriormente. Un modelo económico simplificado que sólo mira las utilidades operacionales es poco específico respecto de la realidad sobre la cantidad de gastos necesarios de realizar en cada periodo. Inclusive se podría auditar aún más algunas variables como el costo mina, debido a que no se plantea la alternativa sobre quien es el operador de la mina, un tercero con contrato alternativo podría cambiar el costo, por ende, la evaluación. Sin entrar en detalles, el costo operacional de la planta también se asume fijo según benchmarking tal como se explica en la ilustración “14” en la siguiente imagen:

¹⁹ Referencia tomada del ramo de MBA. Trabajo final – Evaluación de Riesgo y Flexibilidad. Formulación y Evaluación de Proyectos Mineros, año 2019.

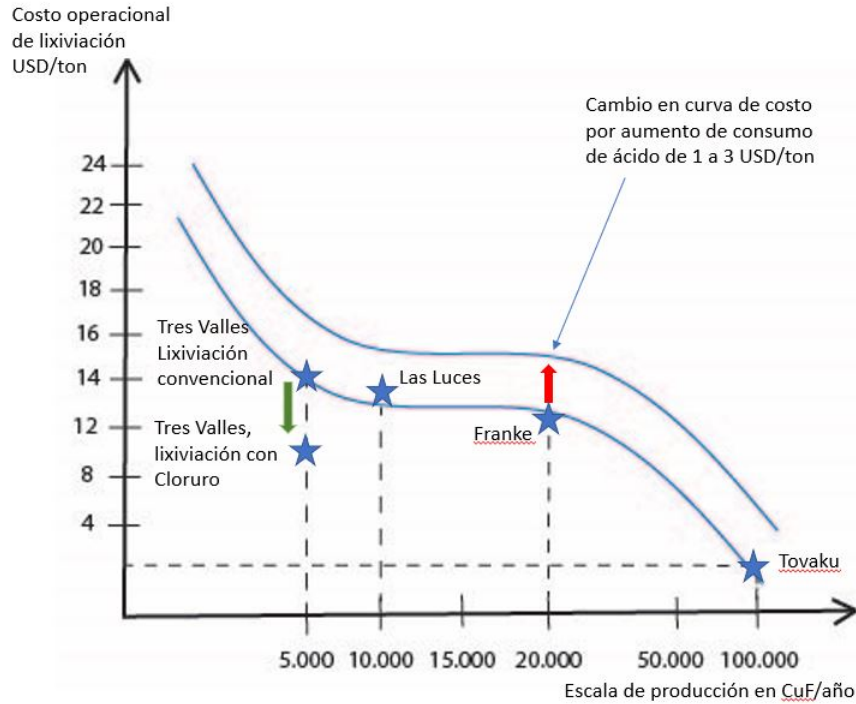


Ilustración 14 Perfil de una curva de costos operacionales de plantas de lixiviación de mediana minería. Fuente: Elaboración propia, con datos de informes privados: Franke (comunicación escrita con área de finanzas de KGHM; Tovaku: informe privado Ausenco, Pucobre; Las Luces: comunicación oral con Juan Marcos Marré, superintendente de minas del grupo cenizas; Tres valles: Informe PEA sobre la minera Tres valles (informe Público proyecto Papomono, Don Gabriel, sistema integrado para un negocio de la mediana minería).

Las vidas útiles de los activos de recursos se realizarán considerando el caso ampliado, con pronósticos favorables de expectativas, en cuanto a que la mineralización de los niveles de óxidos persistentes en tonelajes y leyes, los cuales han sido razonablemente explicados en el análisis del capítulo 4.1).

En la siguiente ilustración (15), se comparan las producciones del Cerro Dominador (azul) con las predicciones que se realizaron ajustando el modelo económico. Se proyectan 3 estrategias y sus contribuciones de cobre fino. La estrategia 1 (amarillo) corresponde al estado inicial de la evaluación, es la situación realista de los inventarios de reservas con mayor calidad de certeza. La estrategia 2 contempla ritmos de explotación de 20.000 ton/mes para cada fase. Notar que las etapas de explotación son veraces hasta la mitad de la curva y que la otra mitad se realiza proyectando las etapas 1 y 2 de las evaluaciones propuestas.

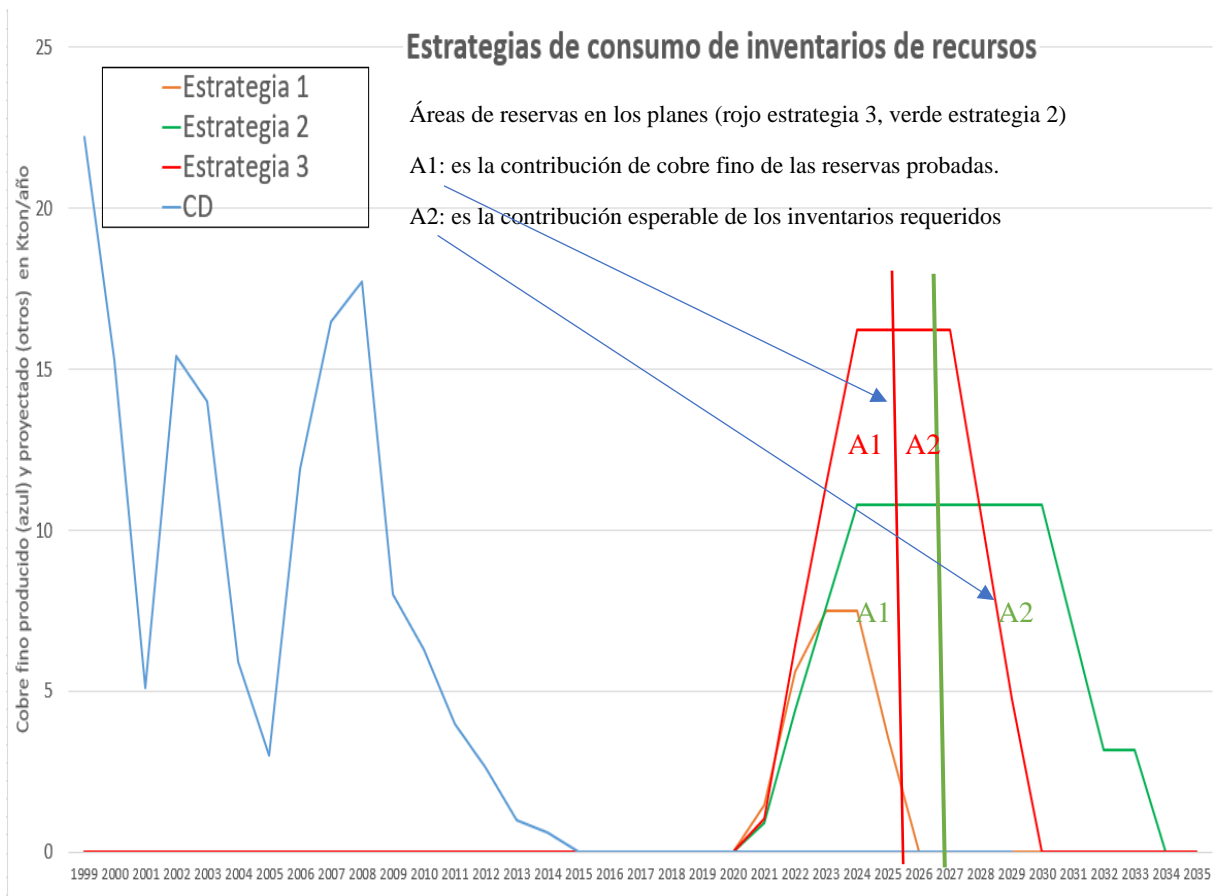


Ilustración 15 Estrategias de consumo de inventarios de recursos según ritmos de explotación. Fuente: Elaboración propia, en base a modelo económico-financiero.

Finalmente, la estrategia 3 en rojo, considera un ritmo de explotación de 30.000 ton/mes para cada fase y su consumo respectivo. Al igual como se explica para la estrategia 2, la veracidad de la calidad de los inventarios está asegurada sólo hasta la mitad de la curva (A1/A2). La otra mitad se obtiene ampliando especulativamente los inventarios, sólo a modo de ejercicio virtual, que permite visualizar cual es el nivel de inventarios de recursos necesario para sostener una explotación de esta naturaleza.

A juicio del autor, ninguna de estas estrategias se considera más adecuada o superior, posiblemente la solución mejore aún más si se contara con estudios pre - inversionales más robustos, adecuándose al punto de equilibrio que optimiza el valor económico. El ejercicio de este modelo es sólo para dilucidar los riesgos que existen asociados a los inventarios. Si bien se perciben ganancias de acuerdo con las propuestas de valor que realiza cada uno de

los evaluadores, el interés de esta tesis es comparar los distintos niveles de expectativas para poder mitigar estos riesgos.

De la ilustración 15 se destacan otros elementos interesantes de comentar. Como se puede observar, la estrategia amarilla (caso inicial de ingeniería) se amplía en ambas estrategias propuestas sólo por concepto de gestión de rípios que son incorporados, mostrando un incremento en el cobre fino contenido que es posible de recuperar gestionando las pilas de lixiviación adecuadamente.

Salta a la vista que la comparación con la producción de Cerro Dominador es similar entre el ciclo 2006-2015 y la estrategia 3. Esto se produce por el agotamiento del mineral y el enfoque que las empresas aplican, o sea, explotar la oportunidad inmediata sin desarrollar otras alternativas ya que son gastos en exploraciones y desarrollos que a veces no se materializan. Las medianas empresas son reticentes al riesgo y no adoptan políticas de desarrollo de largo plazo. Como bien se observó en las comparaciones con las empresas de la mediana minería, los recursos en este segmento industrial duran a lo más 10 años (como patrón observado), luego se deprimen las leyes y consecuentemente los yacimientos no se desarrollan más.

Por tanto, se desprende que estas estrategias aún son insuficientes si se busca una empresa de la mediana minería con visión de largo plazo, más de 10 años. Se requeriría más gasto exploratorio y de desarrollo de yacimiento para que las alternativas sean consecuentes con modelos sustentables en el tiempo. Por tanto, cabe plantear la pregunta: Si en Tuina se han identificado corridas del orden de kilómetros, ¿Podrían existir inventarios de recursos que una vez desarrollados contribuyan a planes mineros más óptimos y que duren más años?

Otro punto a comentar es que las caídas son abruptas, la mediana minería tiende a tener planificaciones mineras de corto plazo, decisiones influenciadas por el precio del cobre que no gestionan los riesgos futuros hacia el mediano o el largo plazo. Por otro lado, es muy común el desarrollo de yacimientos tipo *Stand-alone*, o sea la oportunidad es explotar un yacimiento considerablemente grande, lo más rápido posible, maximizar las utilidades y repartir el beneficio entre los dueños mientras antes se pueda mejor.

4.3 Otras variables de impacto en los inventarios

En este capítulo se pone de perspectiva el análisis de impacto que tendrían algunas variables de las cuales se sospecha que pudieran mover de forma importante los indicadores económicos del proyecto. Para ello se seleccionaron 4 variables: Leyes de óxidos, leyes de minerales mixtos, costo mina y precio del cobre. Los resultados del impacto se muestran en las tablas 12, 13, 14 y 15 respectivamente para las variables.

Tabla 12 Variación de leyes de óxidos. Fuente: Elaboración propia.

Variación de leyes de óxidos					
Var % Ley	-30%	-15%	0	+15%	+30%
(CuT, CuSol)	(1,23 ; 0,91)	(1,5 ; 1,1)	(1,76 ; 1,3)	(2,02 ; 1,5)	(2,29 ; 1,69)
VAN (MUSD)	\$63.8	\$79.8	\$94.8	\$109.6	\$124.4
TIR	40%	62%	96%	127%	167%
IVAN	1,62	2,02	2,40	2,78	3,15

La diferencia en las leyes de óxidos es notable para el proyecto. Al tratarse de un tipo de minería que es selectiva, la diferencia en leyes entre lo que se programa y los resultados finales puede jugar un rol fundamental entre el éxito o fracaso del proyecto. Como se puede desprender de la tabla 12, si las leyes decaen en un 30% el resultado del VAN esperado decae proporcionalmente casi en un 30%.

En la tabla 13 se muestra la misma situación de la tabla 12 ante la variación de las leyes de los minerales mixtos. El efecto en este caso es levemente menor (70 MUSD contra 63 MUSD frente a una disminución de un 30% en la estimación de las leyes).

Tabla 13 Variación de leyes para minerales mixtos. Fuente: Elaboración propia.

Variación de leyes Mixtos					
Var % Ley	-30%	-15%	0	15%	30%
(CuT, CuSol)	(1,21 ; 0,54)	(1,47 ; 0,65)	(1,73 ; 0,77)	(1,99 ; 0,88)	(2,25 ; 1,00)
VAN (MUSD)	\$69.9	\$ 82.4	\$ 94.8	\$107.1	\$119.4
TIR	69%	83%	97%	110%	125%
IVAN	1,77	2,09	2,40	2,71	3,03

El costo mina también tiene una influencia importante para el proyecto cuando se producen desviaciones en su estimación. Como se puede observar en la tabla 14, un 15% de aumento del costo mina puede deprimir el VAN esperado desde 94 MUSD a 83 MUSD, o sea una diferencia percibida del orden de los 10 MUSD. Una buena estimación de costo OPEX de la mina es relevante dentro de ese orden para el proyecto, más aún si las desviaciones en costo se percibieran recién en los primeros años, resultando catastrófico para los flujos iniciales. Una buena política de estimación de costo e implementación de un sistema de control de costos también es sugerible desde un inicio de los estudios pre-inversionales, de tal forma que se tengan mejores proyecciones sobre este parámetro.

Tabla 14 Variación de costo mina. Fuente: Elaboración propia.

Variación de costo Mina					
Var % Costo mina	-30%	-15%	0	+15%	+30%
Costos Mina (USD/ton)	17,29	20,995	24,7	28,405	32,11
VAN (MUSD)	\$118	\$106.4	\$94.8	\$ 83.1	\$ 71
TIR	130%	112%	97%	83%	68%
IVAN	2,99	2,69	2,40	2,11	1,80

En la tabla 15 se muestran las variaciones que podría tener el precio del cobre en el proyecto. Lo primero es indicar que el precio del cobre es una variable exógena, por tanto, la única decisión que influye es si el proyecto pasa la siguiente etapa (en estudios pre-inversionales) o si el proyecto se implementa o no a la hora de realizar iniciar las operaciones. Notar lo importante que es elegir un buen periodo de precios del cobre para impulsar el proyecto.

Tabla 15 Variación precio del cobre Fuente: Elaboración propia.

Variación de precio del cobre					
Var % Precio	-15%	-10%	0	10%	15%
Precio Cobre (Usd/lb)	2,38	2,52	2,8	3,08	3,22
VAN	\$57	\$70	\$95	\$120	\$132
TIR	54%	68%	97%	129%	146%
IVAN	1,44	1,77	2,40	3,03	3,34

4.4. Otras exploraciones e inventarios posibles

Aquí se podrían presentar brevemente otras posibilidades de desarrollo en el distrito, como otras fuentes de material, otros inventarios de recursos u otros activos mineros que podrían capturarse realizando una sinergia de evaluación en el distrito.

En la ilustración 16 se muestra la concentración de propiedad minera a nivel distrital. Como se puede observar, hay varios actores involucrados en la propiedad. Mindenor es uno de ellos y posee un potencial interesante de propiedad minera en el sector. Por otro lado, también hay otros actores por tanto alguna estrategia de desarrollo conjunto podría esbozarse como alternativa para dar mayor importancia a este distrito como un polo de actividad económica.

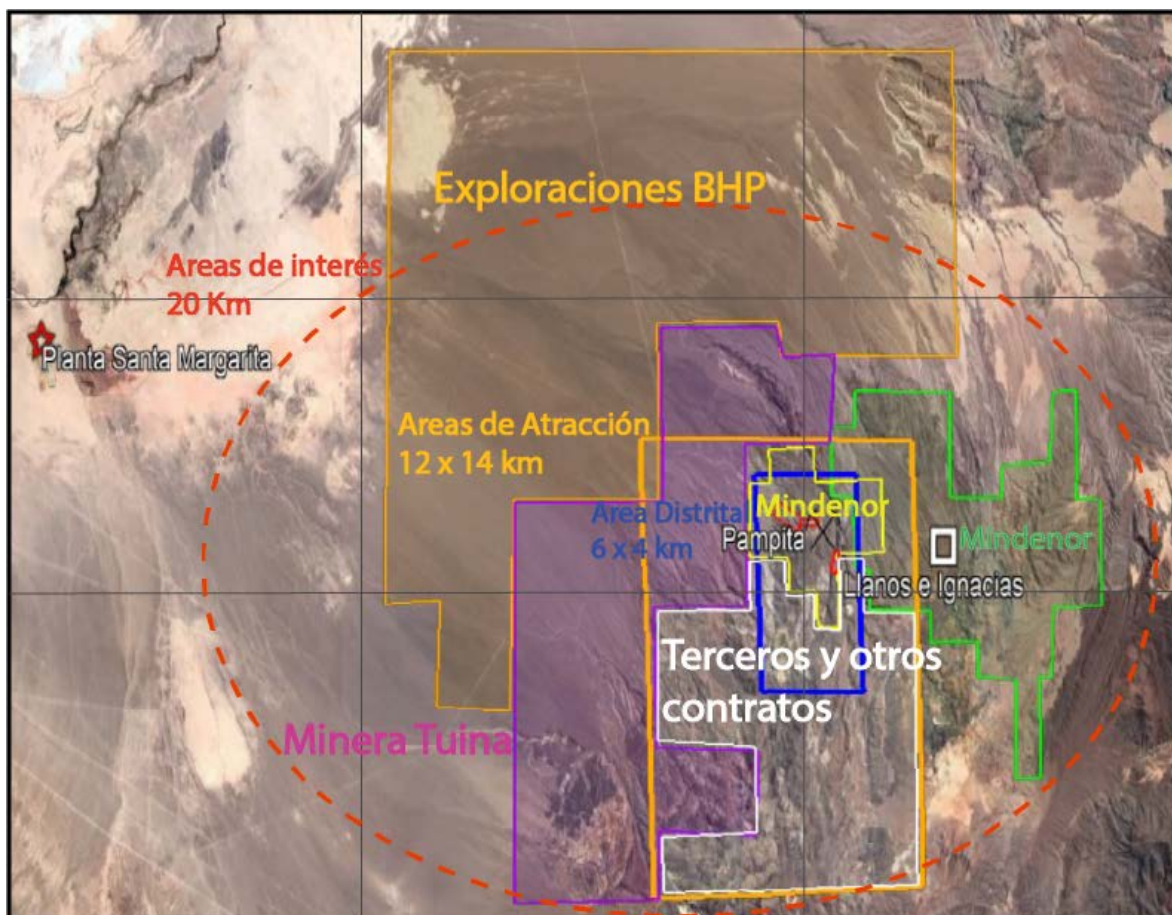


Ilustración 16 Propiedad minera y visualización del distrito. Fuente: Elaboración propia, tomado del catastro online de propiedad minera del Sernageomin.

De la ilustración 16 se desprenden distintos casos. El área morada correspondiente a minera Tuina que pertenece a una Junior Australiana²⁰, en sus reportes anuales figura con muy baja actividad y ofrece oportunidades *greenfield* poco claras.

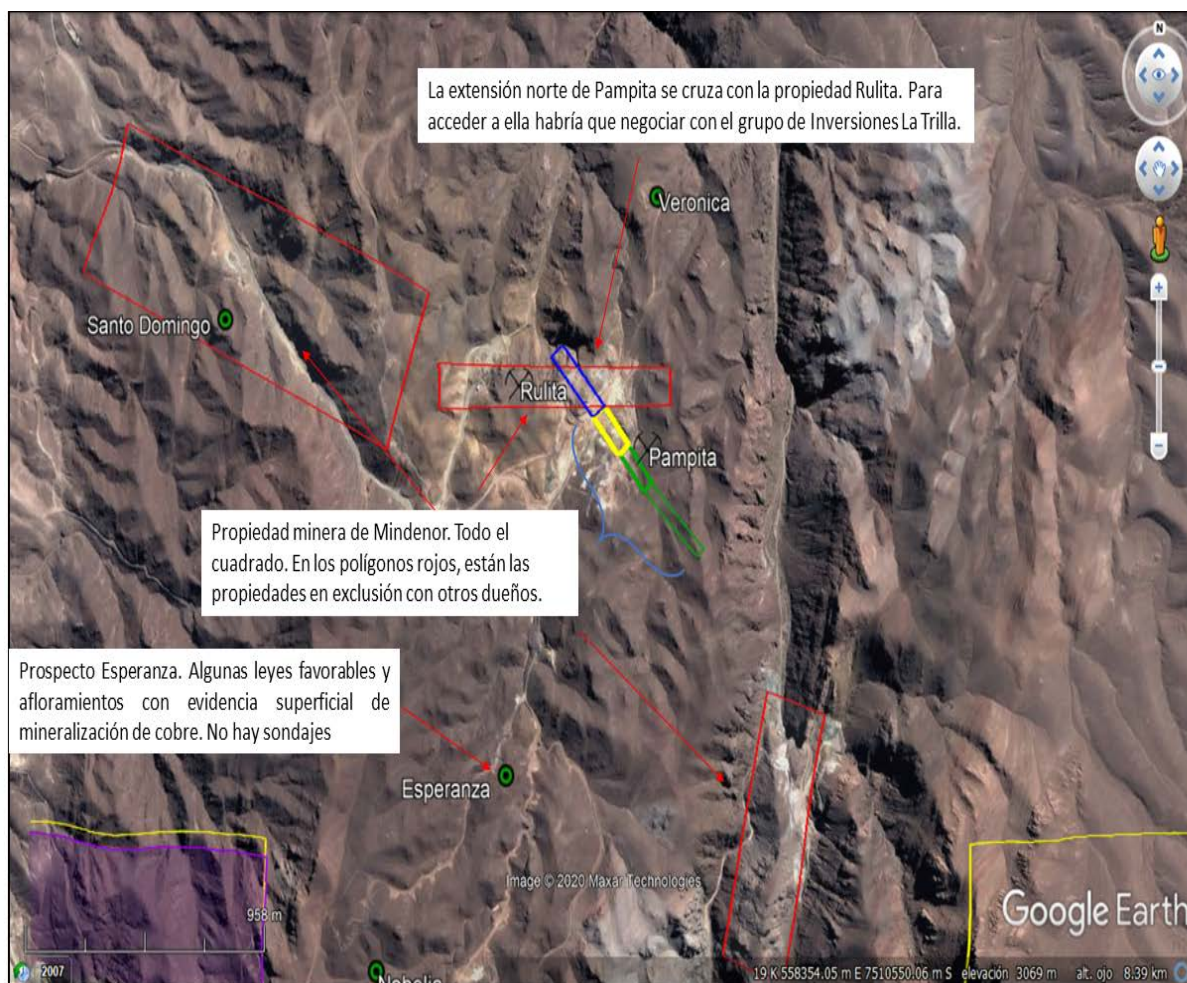


Ilustración 17 Situación de la propiedad minera a nivel local del yacimiento Pampita. Fuente: Fotografía satelital, tomada de Google Earth.

En la ilustración 17 se muestra el caso particular a nivel local del yacimiento Pampita. Como se puede observar, la extensión norte de Pampita choca con una propiedad minera de terceros, dónde actualmente se explota la mina Rulita de pequeña minería (En el catastro Sernageomin figura como dueño Grupo de Inversiones La Trilla). Sin duda que Rulita genera expectativas muy favorables para la mineralización al norte de Pampita ya que todos los sondajes dejan abierta la mineralización hacia el norte en Rulita.

²⁰ <https://www.rmgltd.com.au/chile-tuina/>

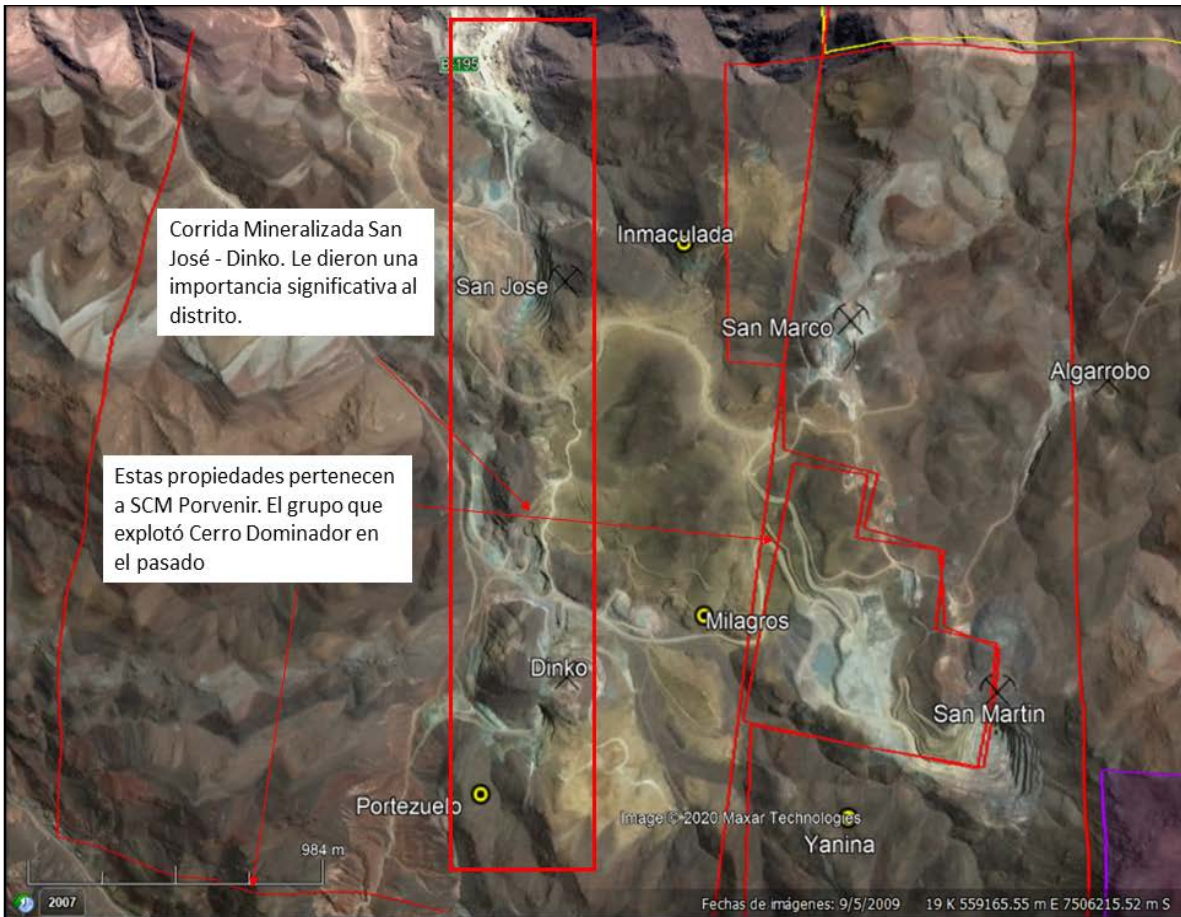


Ilustración 18 Situación minera en el sector Sur de Tuina. Fuente: Fotografía satelital tomada de google earth.

En la ilustración 18 se muestra el caso de la situación de propiedad minera en el sur del distrito Tuina. La corrida mineralizada tal como se señala en la imagen está dentro de una propiedad minera de terceros, SCM Porvenir, grupo que explotó las propiedades mineras con el nombre de “Cerro Dominador”. Notar que el concepto de explotar mediante un sistema de minera subterránea también aplicaría para estas corridas, de ser auspiciosos los resultados que obtenga alguna empresa minera, se propone dentro de las opciones, desarrollar estas alternativas, negociando con los terceros esta propiedad minera.

La situación de la propiedad minera en Tuina está atomizada en distintos dueños (tabla 16). Para negociar estas propiedades y los paquetes que ofrecen, sería importante inspeccionar y diagnosticar cada una de ellas de acuerdo con los niveles de información que presentan. En orden de prioridad, las del sector Pampita son las más relevantes. Revisar otras propiedades queda propuesto y pendiente. La estrategia más idónea sería unificar todas las propiedades, pero el costo de aquello se escapa de las informaciones que maneja el autor.

Tabla 16 Propiedad minera. Nombres de propiedades, dueños e importancia. Fuente: Elaboración propia, tomado de catastro de propiedad minera Sernageomin.

Nombre de propiedad	Dueño	Observaciones
Sector Pampita		
PAMPA 2 1/40	SCM CERRO DOMINADOR	Propiedad principal del yacimiento Pampita.
PAMPA 1 1/30	SCM CERRO DOMINADOR	Prospecto Esperanza. Sólo hay afloramientos con óxidos de cobre
PAMPA 4 1/30	SCM CERRO DOMINADOR	Sin información. Aledaña a Pampita.
PAMPA TRES 1/39	SCM CERRO DOMINADOR	Continuación al norte de Rulita.
RULITA	INVERSIONES LA TRILLA SA	Continuación al norte de Pampita.
Sector Sur Tuina		
MARIA GABRIELA 1/25	SCM PORVENIR	Paquete sector Sur Tuina
MACARENA Y XIMENA 1/25	SCM PORVENIR	Paquete sector Sur Tuina
LAS MELLIZAS 1/25	SCM PORVENIR	Paquete sector Sur Tuina
MARIA DE LA LUZ 1/25	SCM PORVENIR	Paquete sector Sur Tuina
SAN JOSE 1/2	SCM PORVENIR	Paquete sector Sur Tuina
CODICIADA 1/10	SCM PORVENIR	Paquete sector Sur Tuina
DINKO 1/50	SCM PORVENIR	Paquete sector Sur Tuina
SANTA LUCIA 1/15	CIA MRA CUMBRES D ATACAMA LTDA	Mina San Martin
Otras propiedades		
TREBOL 1/3	CIA MRA CUMBRES D ATACAMA LTDA	Pequeña minería
SANTO DOMINGO 1/10	CIA MRA CUMBRES D ATACAMA LTDA	Pequeña minería
SANTA ROSA 1/9	MINERA TUINA SPA	Pequeña minería
Paquete propiedades Minera Tuina	MINERA TUINA SPA	Exploración sin información
Paquete propiedades Mindenor	MINERA CERRO DOMINADOR SA	Exploración sin información

5.0 DISCUSIONES

En este capítulo es de interés discutir otros temas relevantes de interés con el objetivo de esta tesis. Entre ellos se abordarán 5 temáticas principales. En un primer subcapítulo se crea un marco de comparación con otros proyectos de similar tamaño en la mediana minería, con objeto de manejar algunos indicadores que podrían ser importantes para un futuro desarrollo distrital. En el segundo punto se abordan los riesgos asociados a la inversión necesaria tal cual lo muestra el modelo económico, por tanto, se plantean algunas estrategias de intervención que podrían ser útiles para cuantificar los riesgos y dar unas herramientas de apoyo para la toma de decisiones. También se aborda un capítulo menos integrado en este trabajo, pero no menos importante, acoplándose a la DIA que ya se presentó el 2007 y la presentada el 2019 por Mindenor, se plantean algunos desafíos para la minería chilena de este segmento en cuanto a esta materia. En otro capítulo se abordarán algunos elementos de carácter estratégico -empresarial que pudieran aplicar para el desarrollo de una empresa de este segmento que tenga un alto desempeño integral. Finalmente, se verá un breve análisis de un caso de éxito excepcional de desarrollo minero, la empresa Northern Star Resources (NSR), la empresa de oro australiana que ha demostrado la mayor tasa de crecimiento durante los últimos 10 años en el mundo. La importancia de rescatar algunos elementos en cuanto a lo que reporta esta empresa tiene relación con la historia de esta y los desarrollos que han realizado desde minas antiguas de las cuales han extraído el máximo de su potencial.

5.1 Proyectos comparables y benchmarking

En las tablas 17 y 18 se resumen algunos indicadores obtenidos de distintos reportes disponibles para proyectos de mediana minería a los que se obtuvo acceso. Como parámetros de comparación, se muestran estos indicadores para efectivamente, dar nociones sobre algunos aspectos generales de los proyectos de esta escala. Se muestran los proyectos: Marimaca (Coro-mining); Pampa Camarones; Minera Tres Valles (MTV), se comparan con el yacimiento Pampita y los datos que se han analizado. A continuación se muestran las tablas resumen para indicadores de recursos, reservas y otros económicos:

Tabla 17 Proyectos mineros de la mediana minera. Indicadores de recursos, perforación, ratios de desempeño del yacimiento. Fuente: Elaboración propia. Basado en informes y presentaciones publicadas. OP: Open pit; UG: Underground.

Proyecto	Inversión estimada (MUSD)	Recursos	Perforación	Ratio M+I (ton/m)	Ratio Inf (ton/m)
Marimaca (coro mining)(OP) ²¹	350	M+I = 70 Mton @ 0.6 CuT, 0.39% Cu_sol	82. 234 m AR	767	471
		Inf = 43 Mton @ 0.52% CuT 0.31% Cu_sol	8.976 m DDH		
Pampa Camarones (OP)	70	M+I= 9.7 Mton @ 0.92% CuT 0.71% Cu_sol	35.000 m	277	206
Pampa Camarones (UG) ²²		Inf= 7.2 Mton @ 1.2% CuT 0.93% Cu_sol			
	Reservas = 1.5 Mton @ 1.39 % Cu_sol				
Tres Valles Don Gabriel (OP) ²³	32	M+I= 6.45 @ 0.83% CuT	35.500 m	182	2
Tres Valles Papomono (UG)		M+I= 9.1 Mton @ 1.5% CuT	104.000 m	88	10
Pampita ²⁴	26-36	M+I= 5.9 Mton @ 0.86% CuT, 0.46% CuS	4.000 m DDH	222	35
		Inf= 0.8 Mton	19.000 m AR		

Respecto de los recursos mineros cabe destacar desde esta tabla que hay distintos enfoques y escalas de proyectos que son necesarios a diferenciar. Por ejemplo, el proyecto Marimaca tiene un nivel de perforación cercano a los 100.000 metros de sondajes y se levantan sobre los 100 Mton de total de recursos (ver ratios de recursos levantados/metros perforados), por otro lado, se evidencia una situación muy dispar para el proyecto de MTV, debido a que ejecuta casi 140.000 metros de sondajes y levanta alrededor de 15 Mton de recursos totales, esto se refleja en los indicadores o ratios generados en esta tabla.

La situación anterior levanta la problemática que se vive en la mediana minería, respecto de las expectativas que hay en torno a estos yacimientos, los presupuestos en las etapas de evaluación y los gastos que realmente se materializan. Notar que estos *ratios* sólo reflejan la calidad del tonelaje levantado y no las leyes, por tanto, el caso de MTV tal como se señala en el proyecto Papomono, puede estar incentivado por las altas leyes que muestran en sus informes. Aun así, se considera importante para este estudio, manejar indicadores de esta

²¹ PEA, Marimaca Project. NI-43101 Technical report. 2020.

²² Minera Pampa Camarones. Investors Presentation. El modelo actual del plan de reservas cambió.

²³ PEA, Minera Tres Valles Copper Project. NI-43101 Technical report. 2018.

²⁴ EMI-S.A. Informe técnico " Estimación de Recursos Yacimiento Pampita. Modelo 2017"

naturaleza para así controlar de mejor manera los presupuestos versus las expectativas. Para un futuro desarrollo de estos yacimientos, lo importante sería ir generando indicadores propios, de acuerdo con los yacimientos y sus etapas de evaluación. De esa manera se pueden generar herramientas de control de los presupuestos, de acuerdo con los resultados que se vayan obteniendo, estas herramientas permiten medir y objetivizar la toma de decisiones en los proyectos de esta naturaleza.

Sin duda que se deben considerar, además, los modelos de negocios que adoptan las empresas y los equipos que desarrollan estos proyectos. En la tabla 18 se muestran las reservas declaradas a las que se tuvo acceso y los indicadores económicos. Se puede comentar de esta tabla que en esta materia los proyectos tienen enfoques muy distintos. Marimaca no declara reservas, pero si algunos indicadores económicos, los cuales se alejan de los rangos de comparación con Pampita, por otro lado, en su informe PEA se rescatan las estrategias de acuerdos y compras de propiedades que resultan de interés para este estudio. El caso Pampa Camarones podría asemejarse en tamaño de reservas al de Pampita, actualmente Pampa Camarones ha dado algunas noticias de reactivación y las cifras declaradas en la página web indican una reestructuración de los planes y del proyecto²⁵.

El caso de MTV exhibe reservas comparables a los recursos de Pampita y los posibles inventarios que podrían crecer. Como se puede observar los indicadores económicos son similares, así como el yacimiento Papomono (UG) ofrece leyes parecidas (del orden de 1.51%CuT). Las TIR que se manejan en MTV son similares al proyecto deseado en Pampita, esto debido a que MTV plantea un proyecto que minimiza las inversiones en planta porque es un aprovechamiento de la planta actual, que se expande, además de agregar un proceso que tecnológico (lixiviación con cloruros) que optimiza los beneficios de la mineralogía que tienen en ese yacimiento. Así, dado lo anterior, MTV plantea que puede obtener flujos similares de VAN en 6 años comparados con los que se podrían obtener en Pampita “deseado” en 12 o 13 años, debido a que su modelo plantea una explotación masiva con aumento en ritmos de explotación de las minas.

²⁵ <https://www.pampacamarones.cl/mina-salamanqueja/>

Tabla 18 Proyectos de mediana minería. Indicadores mineros y económicos. Fuente: Elaboración propia Basado en informes y presentaciones publicadas.

Proyecto	Inversión estimada (MUSD)	Reservas	Indicadores económicos			
			VAN	TIR	IVAN	Vida proyecto
Marimaca (coro mining) ²⁶	350	No declaradas	408	28,60%	1,17	12 años
Pampa Camarones (OP) ²⁷	100	1 Mton				10 meses
Pampa Camarones (UG) ²⁸		2.3 Mton @ 1.4 % CuT				6 a 7 años
Tres Valles Don Gabriel (OP) ²⁹	32	5.1 Mton@ 0.81%CuT	87	93%	2,72	6 años
Tres Valles Papomono (UG) ³⁰		3 Mton @ 1.51%CuT				
Pampita NZD ³¹	10	1.85 Mton @ 1,68%CuT; 0,97%CuS	33	68%	3,3	4-5 años
Pampita Proyecto “deseado”	26-36	6.7 Mton	94	97%	2,61	13 años

Pampita requiere mayores inversiones sobre las cuales se desconocen los montos exactos y precisos, según el modelo planteado en esta tesis debiera bordear entre los 26 a 36 MUSD (tabla 5 de esta tesis), dónde se aproximan las inversiones requeridas según desviaciones posibles en la estimación de la inversión. Los indicadores de inversión requerida en un estudio u otro se reflejan en la TIR y los IVAN ofrecidos por los proyectos, MTV ofrece una TIR alta porque su proyecto es de menor inversión (32 MUSD) pero con una duración de 6 años. Pampita en el informe NZD no declara inversiones mayores, su TIR es más baja (68%), con un IVAN más alto por no consideración de las inversiones mayores (3,3), así como una vida de 4 o 5 años con una proyección de flujos menor. En conclusión, el estado actual de Pampita es un proyecto con duración similar a MTV, con una proyección de flujos 3 veces menor a lo que ofrece MTV, por tanto, un proyecto mucho menos atractivo.

Para mejorar el atractivo de Pampita y lograr un estado “deseado” de proyecto, con mejores índices económicos se hace necesario un presupuesto para desarrollar más recursos, cuyo

²⁶ PEA, Marimaca Project. NI-43101 Technical report. 2020.

²⁷ Minera Pampa Camarones. Investors Presentation. El modelo actual del plan de reservas cambió.

²⁸ Minera Pampa Camarones. Investors Presentation. El modelo actual del plan de reservas cambió.

²⁹ PEA, Minera Tres Valles Copper Project. NI-43101 Technical report. 2018.

³⁰ PEA, Minera Tres Valles Copper Project. NI-43101 Technical report. 2018.

³¹ Sánchez, Nazario (2019). Informe de ingeniería del proyecto Mina Pampita Subterráneo. Metodología de explotación, Plan minero. Informe interno. Mindenor.

desarrollo se ajuste a indicadores de control del gasto en sondeos, desarrollo y otras inversiones. De esta manera, sería una de las formas de posicionar Pampita, y en un futuro “deseado”, quizás, el distrito completo, con una visión y estrategia distinta a las que se han realizado a la fecha.

5.2 Riesgos de inversión y posibles estrategias de mecanismos de intervención

Luego de desglosar la mayoría de los ítems que incluyen gastos, inversiones y otros puntos, se pueden indicar una serie de riesgos asociados a la naturaleza misma del proyecto. En la tabla 18, se adjunta un modelo donde se proponen posibles mecanismos de intervención por las que podría desarrollarse una estrategia de evaluación consistente con la evaluación consecutiva de aquellas variables que requieren más robustez y comprobación. Se explica a continuación algunos comentarios al respecto:

- 1.1) Como primera etapa se propone explorar el sur de Pampita, por simplificación de acuerdos con los dueños de la mina, la opción más inmediata sería esta. También se aborda lo mismo en el punto 1.2) en que se propone explorar el norte y sur (Rulita), resultando algo más complejo ya que la propiedad es de otros dueños. Ambos casos requerirían lograr un acuerdo contractual dónde se pacten cuotas, casos típicos de los contratos de opción de compra (en este caso se propone arbitrariamente el pago de 500.000 USD como cuota inicial y de exclusividad, lo cual podría cambiar, evidentemente de acuerdo con una negociación real).

La compra de la propiedad minera sería parcial, donde cada cuota se paga de acuerdo con los resultados obtenidos. Gastos de prospección se estiman del orden de 2.5 MUSD para toma de información por 5.000 metros de sondajes. Con este gasto mínimo de 3 MUSD, un inversionista podría asegurar que el negocio es atractivo para pasar a una siguiente etapa de evaluación. Como bien puede desprenderse, operar la mina inmediatamente es una alternativa poco atractiva, con riesgos implícitos de agotamiento muy rápido que no alcanzan a cubrir todas las inversiones requeridas para lograr lo que se propone de acuerdo con el modelo económico financiero.

Finalmente, el riesgo en esta alternativa es perder los 3 MUSD. La potencial ganancia vendría de la mano con lograr adjudicar una participación en el desarrollo de la mina si es que se invierten los 3 MUSD, por ejemplo, podría estimarse un acuerdo dónde la parte que invierte los 3 MUSD obtiene entre un 5- 10% de participación en el desarrollo de la mina.

2. La propuesta 2 de la tabla, señala que de ser favorables las prospecciones superficiales, los siguientes pasos de evaluación podrían ser realizar un gasto en los desarrollos de infraestructura de túnel, con el objeto de realizar los accesos, transportes y ventilaciones de las dos primeras fases. Con lo anterior, se podría lograr un ahorro en las perforaciones y realizar una prospección agresiva *in-mine* subterránea. Con esto, se tendría una noción mucho más robusta de las dimensiones de la mina y sus atributos relevantes en tonelajes, leyes, mineralogía. Algunos riesgos presentes:

2.1) El gasto es mucho mayor, requiere de la inversión previa de la etapa 1) y sumado a los desarrollos, más las prospecciones de interior, más los pagos de cuotas de adquisición de la mina, más contingencia se estima que esta estrategia costaría alrededor de unos 21.5 MUSD.

2.2) Como beneficio potencial podría compensarse el monto invertido con una mayor participación en el negocio, propuesto tentativamente del orden entre un 20-30%. El porcentaje de adquisición sería un tipo de garantía e incentivo para que alguien pueda invertir un monto de este orden de magnitud y no se pierda.

3. La alternativa más riesgosa es la que involucra activar el complejo mina-planta. Si bien los resultados económicos proyectos están al margen de poder cubrir las inversiones, se estima que refaccionar la planta podría costar entre 20 a 30 MUSD (requiriéndose una tasación técnica, legal y contable sobre el estado real de la planta). Si consideramos el gasto de planta, más el de la etapa anterior, más la cuota de adquisición de la propiedad, se estima que la inversión total sería del orden entre 50 a 60 MUSD. Monto que supera el VAN proyectado por el estudio NZD y bordea entre los 15 a 25 MUSD de ganancia en el estudio EMI. Notar, además, que, de acuerdo con lo visualizado en el modelo económico financiero, el capital de trabajo no está cubierto en los 2 años que requiere la

mina para operar. Por tanto, aunque según el modelo de flujo de caja descontado, el capital de trabajo se recupera en el último periodo, se requiere que ese capital este presente para poder iniciar las labores con contratistas de operaciones. De esa forma, el modelo económico agrega una deuda necesaria para cubrir el capital de trabajo de los dos años, con lo que se llega a que habría que agregar una deuda por unos 25 MUSD más (o bien podría ser capital privado). Algunos riesgos y comentarios al respecto

- 3.1) Los riesgos y por menores expuestos son absolutamente relevantes, ya que, de acuerdo con el tamaño del yacimiento, las inversiones necesarias y los riesgos ya comentados, el proyecto se inviabiliza cada vez más. Hasta este punto, la única forma de compensar lo anterior, sería que el yacimiento logre ofrecer mayores inventarios, tal como se expuso en el capítulo 4.
- 3.2) Aunque se duplicara el nivel de inventarios posibles, hay otros gastos no contemplados asociados a otras informaciones que pudrían impactar sobre la valorización y agenda de este proyecto. Entre ellas, las condiciones geotécnicas son desconocidas, por tanto, podrías retrasarse las labores o exponerse a riesgos que comprometen la seguridad de las personas. La metalurgia aún es un punto desconocido para el autor de este trabajo. Otras variables como desviaciones en costos y de inversiones también podrías tener un impacto cuya sensibilidad es desconocida.
- 3.3) Queda propuesto el desarrollo de otras alternativas para adquirir otras propiedades para laboreos subterráneos o desarrollar otros proyectos de tipo rajo abierto, que evidentemente, resultan de menor riesgo, pero requieren mejores definiciones. El presente trabajo está hecho para delinear y desglosar los desafíos del proyecto, sus riesgos, oportunidades y posibilidades quedarías sujetas a las evaluaciones pertinentes, de acuerdo con los beneficios potenciales que se han expuesto.

Tabla 19 Modelo de mecanismos de intervenciones propuesto para el desarrollo de los yacimientos en Tuina. Fuente: Elaboración propia.

Mecanismo	Gasto	Riesgos	Potencial beneficio	Problemas
1.1) Exploro sur Pampita, vendo resultado exploratorio	Cuota entrada: \$500.000 USD. Gasto prospección: 2.5 MUSD. Si hay interés se debe pagar otra cuota para seguir explorando → pasa a otro acuerdo.	Yacimiento sin continuidad o poco interés. Pierdo 3 MUSD	Contrato de exploración (seguir explorando) o de desarrollo del yacimiento. Ganar Porcentaje de participación de la mina.	Tiempo y búsqueda de inversionistas interesados en participar en un contrato de este tipo.
1.2) Exploro el Norte y Sur de Pampita. Requiere 2 contratos, uno con Mindenor y otro con dueños de Rulita	2 cuotas de entrada: \$500.000 USD con Pampita \$500.000 USD con Rulita Gasto en prospección: 2MUSD	No acuerdo con alguna de las partes mermaría el atractivo de un proyecto más grande. Pierdo 3 MUSD	Unificación de la mina, atractivo mayor de crecimiento hacia el sector con condiciones favorables de continuidad de mineralización en el norte por Rulita.	Relación contractual más compleja, dependiente del éxito con la parte de Rulita.
2) Exploro, desarrollo túneles y aumento atractivo de la mina.	Inversión previa de 3MUSD. Gasto túneles desarrollos: 7 MUSD. Gasto de <i>brownfield</i> interior mina: 6 MUSD. Gasto Cuota de adquisición propiedad: 1.5 MUSD Contingencia: 4 MUSD Total Gasto: 21.5 MUSD	Resultados poco satisfactorios desde interior minas. Pierdo 21.5 MUSD	Desarrollo más rápido y confiable de la información, mayor información y reducción de gasto de perforación superficial. Infraestructura sirve para otros fines (transporte, ventilación). Gano un % de participación en la mina.	Lograr acuerdo contractual para ganar mayor porcentaje de participación en propiedad de la mina.
3) Exploro, desarrollo, preparo, exploto.	Inversión etapa anterior: 21.5MUSD Inversión planta: entre 20 y 30 MUSD Gasto adquisición de toda la propiedad, cuotas siguientes: 8 MUSD Inversión total: entre 50 – 60 MUSD	Yacimiento: proyección insuficiente para riesgo de inversión tan alto. Flujos garantizados con los inventarios actuales sólo cubre la inversión necesaria. Para reactivar y desarrollar. Hay que especular sobre el futuro. Estimación CAPEX planta inadecuado. Modelo de mapeo de procesos es deficiente. Información poco desarrollada. No acuerdo para avanzar en ventas de rípios. Capital de trabajo del orden de 23 MUSD, requiere financiamiento → riesgo deuda.	Negocio con potencial beneficio mayor a los 50 -60 MUSD en riesgo. Posibles expansiones y desarrollos de otros sectores de interés, abrir otras oportunidades similares.	Definición de políticas de la empresa para Reinversiones en desarrollos de minas. ¿O política de ganar sólo el VAN del proyecto original?

5.3 Medio ambiente, comunidades, aguas

En el año 2007 se presentó el documento de Declaración de impacto ambiental del proyecto: “Ampliación y desarrollo de faenas mineras Tuina”³², presentado por EXPLOMINDEC S.A., figura societaria de Cerro Dominador que explotó Tuina. En este documento se hace mención al artículo 10 de la Ley 19.300 sobre someterse al Sistema de evaluación de impacto ambiental, además del artículo 3 del reglamento del SEIA sobre presentar una DIA para proyectos de extracción sobre 5.000 ton mes.

Teniendo en consideración que en este documento se proponía un ritmo de explotación de 225.000 ton/mes, el cual nunca se cumplió según lo expuesto en este trabajo. En este documento se presenta el distrito con 2 tipos de explotación, subterráneo y a rajo abierto. Se describen las etapas de los planes de actividades, así como un programa de obras y desarrollos, con sus detalles técnicos de diseño y capacidad para distintos puntos de explotación. La etapa de cierre y abandono difiere de la normativa actual para proyectos, además de presentar una declaración de actividades al Sernageomin para realizar actividades prospectivas.

Respecto del medio Sociocultural, se indica que:

- No existe población indígena en el sector, así como áreas de protección y servidumbre que interfieran en el proyecto.
- En el área intervenida por instalaciones y operaciones no hay monumentos nacionales. De acuerdo con lo constatado por un arqueólogo que visitó el terreno.

³² SGA (2007). Declaración de impacto ambiental, Proyecto “Ampliación y desarrollos de faenas mineras en Tuina”. Explomindec S.A.

Se agrega, relacionado a la información de Hidrogeología, usando el mapa de la dirección general de aguas (DGA) escala 1:2.500.000 de 1986. El área del proyecto se ubica en la cuenca de Calama, sobre la Pampa Yalqui en el límite entre la provincia altiplánica al Este y la provincia Andina vertiente del Pacífico. Se menciona que:

- Sólo se observan huella de causes en el interior de las quebradas, a causa de lluvias anormalmente altas en el sector.
- En cuanto a la ocurrencia de aguas subterráneas en el área, la DGA clasifica el área como de permeabilidad (muy baja a ausente), considerando su importancia hidrogeológica como muy baja. En las perforaciones de esa fecha no se han encontrado aguas.
- De acuerdo con lo anterior, no habría generación de aguas acidas en botaderos ni contaminación de caudales subterráneos.

Se complementa a lo anterior que MINDENOR declara que, actualmente el proyecto se encuentra paralizado en esta sección por una declaración de la DGA en el año 2020 sobre la ocurrencia de aguas subterráneas en acuíferos de interés. Por tanto, es recomendable estudiar este punto para destrabar la clasificación de aguas y su manejo en próximos estudios.

Otros estudios de Flora y fauna, emisiones de polvo, e informe de arqueología se realizaron el 2007. Actualmente se considera la presentación de una DIA que actualiza estos puntos, que mantiene una causal pendiente por la DGA respecto del acuífero que el organismo reclama.

5.4 Estrategias para el desarrollo de la mediana empresa

Como cierre del capítulo de discusiones, se propone un breve análisis, a modo de comparación, sobre el caso de la minera Northern Star Resources (NSR), la empresa australiana de mayor crecimiento y desempeño en las bolsas de valores de los últimos 10 años. El sentido de este capítulo, responde a la definición e implementación de estrategias que llevaron a esta empresa a consolidarse como una de las empresas mineras de alto desempeño de los últimos años. El desglose de los puntos a tratar tiene relación con describir algunos atributos importantes que llevaron a esta empresa a ser un caso de éxito, creado tan sólo hace 10 años, que nace desde la explotación de un pequeño yacimiento de oro y crece exponencialmente de acuerdo con las definiciones y adaptaciones estratégicas que su directorio declara son las fortalezas y competencias centrales de la empresa.

5.4.1 *Northern Star Resources* (NSR) el caso australiano

Historia: desde el 2010 NSR partió operando una pequeña mina de oro en vetas bajo el concepto de un portafolio de alta calidad, alto margen operacional y entregando el máximo de retorno a los accionistas. Partió el 2010 produciendo cerca de 100.000 Oz de oro, actualmente bordea las 900.000 Oz. Entre los principales factores de éxito están razones como:

- Las minas elegidas son de tipo world-class, bajo costo, alta ley.
- Mientras se adquieren las operaciones NSR ha tenido la capacidad de extender la vida de las minas y hacer crecer los inventarios de recursos invirtiendo fuertemente en exploración *brownfield* del entorno cercano y de interior minas.

Dentro de la misión de la empresa se declara que: “la empresa se enfoca en dar al accionista el máximo valor, a través de la efectividad operacional, dando oportunidades de crecimiento y exploración, focalizados en las minas que ya están operando”.

La historia de éxitos de NSR se explica mediante la capacidad que ha tenido la empresa para una correcta definición de objetivos estratégicos, que se alinean y adaptan según las circunstancias a una capacidad de implementación de la estrategia. La concordancia, entre la definición de la estrategia y la ejecución de esta es una de las fortalezas de la empresa:

Algunos conceptos de estrategia³³:

- Portafolio de activos diversificado apuntando a yacimientos *world class*.
- Asegurar que los proyectos tienen vidas de mina significantes, mejorando la vida de las minas más allá de 10 años, mediante programas agresivos interior minas y una exploración eficiente en los entornos cercanos de ellas.
- Gestión de costos, eficiencias y productividad de las minas, el concepto está implementado desde el inicio de la mina por sus profesionales.
- Disciplina financiera fuerte, pagando dividendos superiores a los accionistas.

La estrategia implementada tiene competencias clave, tales como:

- Calidad de la fuerza de trabajo.
- Operaciones que cumplen con requisitos de sustentabilidad desde el inicio.
- Invertir en tecnología de exploración que permite maximizar el valor de las 3 búsquedas en los proyectos, interior minas, entorno cercano (brownfield), y blancos regionales.

³³ <https://www.nsrltd.com/about/vision-strategy/>

- Usar las tecnologías exploratorias y experiencias en gestión para tomar decisiones bien informadas, implementando las iniciativas de exploración en una forma prudente y en el tiempo correcto.

Otra componente clave para el buen desempeño de los negocios de NSR son las competencias y habilidades que declaran para las personas que componen su directorio y están a cargo de las decisiones importantes de la empresa³⁴. En las páginas 38 y 39 del reporte anual se muestra una matriz de 17 habilidades que se midieron en el directorio. En esta matriz se indican que es lo que se entiende por cada habilidad y el grado de desarrollo que declaran tener. Entre ellas destacan por su importancia algunas como:

- Liderazgo ejecutivo: una capacidad relevante para atraer, fomentar y mantener personal de alto desempeño, que cumpla con buscar eficazmente los objetivos estratégicos de la empresa, entendiendo/influenciando su cultura organizacional, sosteniendo los resultados financieros y operacionales, además de la mejor gestión de personas posible.
- Estrategia: se cuenta con una alta experiencia desarrollando e implementando estrategias exitosas, además de contar con la capacidad de supervisar la gestión que conlleva al éxito de la estrategia. Esta capacidad es una de las más relevantes según la matriz.
- Ética e integridad: debido a que la empresa está sujeta a exposición pública en la bolsa de Australia ASX, el requerimiento de un gobierno corporativo transparente, de calidad suficiente para regular y controlar la empresa resulta fundamental.

³⁴ Anual Report. 2019. Northern Star Resources.

5.4.2 Algunos comentarios relacionados a las estrategias y planificación minera

En la conferencia australiana “día anual de estrategia”³⁵, lámina 14, se hace una referencia sobre la calidad de los yacimientos y el liderazgo en crecimiento de la empresa, dice: “Incrementar la producción en minería subterránea, no necesariamente ha significado aumentos de inversión en CAPEX”. Se puede desprender de esto, que la empresa optimiza otras variables y no sólo la inversión para lograr incrementos en la producción de las minas. Como se explica que con lo mismo se haga más, podría deberse a tener el equipo humano correcto, eficaz y con las competencias para ejecutar todas las tareas, en línea con la estrategia de desarrollo que busca la empresa.

Siguiendo el análisis del comentario anterior, cabe destacar que el ámbito de la planificación minera, alineada fuertemente con las estrategias de la compañía es un ingrediente esencial para el liderazgo y éxito que la empresa requiere. A modo de ejemplo, en el *Ausimmbulletin*³⁶, en referencia al rol de la planificación minera en el alto desempeño, se mencionan constantemente su importancia para el éxito y logros de mejores resultados para la empresa minera, así, como se indican algunas variables de interés que siempre son necesarias de revisar y de tener presentes en la planificación holística (geología, metalurgia, control de costos). En la siguiente figura, se destaca este rol gráficamente:

³⁵ <https://www.nsr ltd.com/wp-content/uploads/2020/09/Annual-Strategy-Day-Presentation-24-09-2020.pdf>

³⁶ <https://www.ausimmbulletin.com/feature/the-role-of-mine-planning-in-high-performance/>

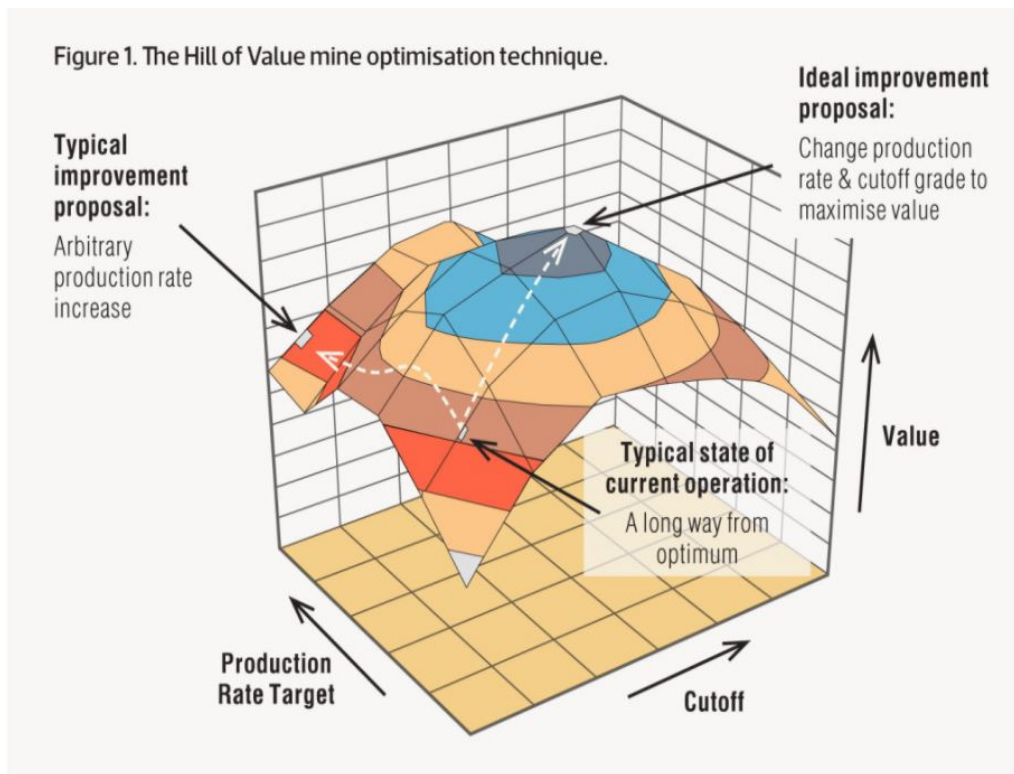


Ilustración 19 La curva de optimización de la planificación minera. Fuente: tomado de *Ausimmbulletin*, 'The Role of the mine planning in high performance'. Andrew Hall MAusIMM (2015).

En esta ilustración queda de manifiesto que la curva óptima de valor es un equilibrio de los parámetros de producción y leyes. Evidentemente que la curva cambia de proyecto en proyecto, así como de planificador en planificador. Cabe realizarse la pregunta, si en el yacimiento Pampita se ha propuesto o está clara la curva óptima de rendimientos. De la curva se desprende que, a veces, la estrategia de sólo aumentar la tasa de producción no nos lleva a un óptimo, ni tampoco sólo seguir el camino mediante la mejora en leyes. Como bien se expone, es un equilibrio entre ambas variables el que se debe encontrar. Probablemente, es la que ha realizado la empresa NSR con sus yacimientos para obtener el máximo beneficio posible para los yacimientos que ha explotado.

Importante es considerar la forma de la curva y los escenarios posibles en que puede cambiar, por tanto, necesario adaptarse para obtener el mejor valor. Existe un *trade-off* entre riesgos y ganancias de acuerdo a escenarios de precios de *commodities*, los cuales modifican el techo de la curva.

6.0 CONCLUSIÓN

En vista de lo anteriormente expuesto en este trabajo se puede concluir que:

- 1) La tesis hace un hincapié en las producciones históricas y la comparación con el sector de la mediana minería para dar un contexto de expectativas posibles si es que se desarrolla una economía minera en este sector. Históricamente se produjeron 10 Kton de CuF/año por 15 años, que, comparándose con los índices del segmento de la mediana minería, indican un posicionamiento en producción de CuF, en el subsegmento de más baja producción según comparaciones con la industria actual en el 2020.
- 2) De los informes estudiados se realizaron desgloses y alcances técnicos a las variables utilizadas para generar un modelo económico/financiero del proyecto Pampita, con distintos escenarios y focos posibles. El modelo, si bien es una representación ficticia de un resultado esperado, permite generar una primera tentativa de potenciales negocios, si se dieran mejores condiciones de información que respalden un proyecto más atractivo en términos de sus inventarios de recursos geológicos. Según la opinión del autor pudiera ser posible, debido a que:
 - a. Si se integran los bloques mineros dentro de un concepto de beneficio aplicado por líneas de procesos, dichos beneficios se pueden percibir y tangibilizar en un modelo de flujo de caja mucho más atractivo que los iniciales propuestos. El modelo actual pronostica un VAN cercano a los \$ 90 MUSD, frente a uno de \$30 MUSD del informe de NZD, y uno de \$72 MUSD propuesto por el informe de Orlando Rojas consultores.
 - b. Abrir las alternativas hacia las condiciones de los materiales expuestos en este yacimiento, da el puntapié para considerar una evaluación generalizada a todo el distrito, que focalice el beneficio por medio de un sistema de explotación subterráneo, racionalizado a ritmos de explotación variables dependiendo de los sectores.

- c. Otros valores como los de plata, si bien reflejan beneficios marginales dentro de un contexto general. En un contexto particular partiendo en Pampita, puede generar un importante crédito, que podría apalancar entre un 20% a un 30% del costo mina de un bloque, o bien, podría servir como palanca para los costos de carguío, transporte y maquila de los ripios.
 - d. En los ejemplos expuestos se da cuenta que las condiciones del mineral generan escenarios distintos que permiten segmentar distintas líneas de procesos, con lo que se busca maximizar la percepción de valor de estos materiales. Si bien, habría que entrar en evaluaciones de más detalle, se puede concluir, a priori, que cuando el modelo considera tres fases de explotación corriendo en paralelo, el beneficio se maximiza al valorizar la totalidad del cobre contenido. No así, por separado, si se focaliza sólo en óxidos, o se dirige sólo a los sulfuros, las condiciones económicas no son muy atractivas en términos de años de vida del proyecto.
- 3) Los riesgos expuestos requieren de más y mejor información que avale el potencial de crecimiento del proyecto Pampita, así como su desarrollo posible. Aún existen focos de incertidumbre en las estimaciones de CAPEX de la planta y otros ítems que podrían generar variabilidad en los pronósticos de ingresos, tanto como de inversiones. Los escenarios para desarrollar los posibles inventarios de recursos geológicos dan cuenta de expectativas pesimistas y optimistas que podrían generarse, las cuales quedan sujeta a comprobación con sondajes.
- 4) Los inventarios de recursos generan distintas expectativas según lo expuesto en el capítulo 4. Se pueden focalizar las expectativas para desarrollar recursos en:
- a. **Óxidos:** según las etapas de ampliación propuestas, las expectativas de estos inventarios son más bien limitadas, según concepto de consumo, quedan sujetos a ritmos de explotación más bajos, pero con posibilidades de encontrar mejores leyes sólo de óxidos. Cabe replantear el fracaso de Cerro Dominador por focalizar sus operaciones en los recursos puramente de óxidos.

- b. **Mixtos:** el impacto de desarrollar recursos en este segmento de inventarios de recursos geológicos es mucho mayor que el de óxidos. Según el perfil expuesto en Pampita, podría extrapolarse una condición de tonelajes mayores en estas áreas de minerales mixtos. Si nos situamos en dos escenarios, uno pesimista y otro optimista, los mixtos generan expectativas de volúmenes del orden del doble, en tonelaje, que los mixtos. Si se espera levantar en la etapa 1 y 2 del orden de 1.6 Mton de óxidos, los mixtos podrían aportar del orden de los 3.3 Mton en un escenario optimista.
 - c. **Sulfuros:** sin duda que las expectativas más favorables para expandir el yacimiento están en los niveles de sulfuros, al norte de Pampita, o sea, Rulita, segmento del yacimiento que tiene otros dueños, los cuales explotan un sector bajo un concepto de baja escala, pequeña minería, no planificado. Los sondeos quedan abiertos en esta dirección, mostrando altos valores que dan cuenta de potenciales ampliaciones para inclusive 2 fases más en profundidad, exclusivamente de sulfuros.
- 5) Las valorizaciones y enfoques para desarrollar los yacimientos estarán sujeta a los mecanismos de evaluación y orientación de la empresa que decida intervenir el distrito. Las estrategias pueden ser más o menos agresivas, dependiendo del riesgo que se enfrente y las metodologías para desarrollar la información. Una empresa Junior buscaría maximizar los recursos, enfocar para que el mercado responda y valorizar un proyecto para que otra empresa lo compre. Una empresa que opera, tomando como ejemplo el caso de la australiana NSR, buscaría maximizar la tasa de conversión de recursos a reservas, así como desarrollar metodologías que ayuden a ampliar el negocio. Se expone lo anterior en el capítulo de discusiones, proponiendo 3 vías de intervención.
- 6) El modelo económico da cuenta de distintas estrategias de consumo que pudieran ser viables. Estas estrategias son indicativas de potenciales muy similares a los ya explotados por Cerro Dominador en el pasado. Cabe plantearse que el desafío, entonces, viene en plantear una estrategia de desarrollo de inventarios de recurso, que sirvan para proyectar

en tonelajes y leyes, traducidos en horizontes de tiempo más largos, de acuerdo con la estrategia de consumo que se decida seguir. Pampita ofrece posibilidades para poder crecer, evidentemente, comprobable con sondajes. Otros sectores también podrían ser sujetos de evaluaciones futuras, focalizándose principalmente en las áreas que ya fueron explotadas, podría pensarse en que un sistema de evaluación subterránea sería lo más óptimo para diagnosticar el potencial real del distrito.

En vista de lo anterior, se recomiendan revisar algunos puntos de interés, que podrían conducir a una mejor metodología que explique la viabilidad de este proyecto:

- 1) Tasación de las condiciones legales, contables y técnicas de la planta Santa Margarita. Con objeto de tomar conocimiento sobre su estado actual, gastos varios que se requerirían realizar para que quede operativa para un potencial dueño.
- 2) Enfrentar los riesgos del proyecto por etapas, de acuerdo con el nivel de riesgo de inversión que se busque. En este trabajo se proponen tentativas sobre los mecanismos de intervención para enfrentar distintos escenarios en que podrían posicionarse. La primera etapa y la más evidente, sería comprobar con sondajes la extensión de la mineralización al Sur de Pampita. Otra alternativa sería negociar opciones con los dueños de Rulita, de tal forma que se presente en esta primera etapa un proyecto de un valor de 2 a 3 veces con mejores proyecciones de flujo de caja. Se estima que esta etapa debiera costar del orden de 3 a 4 MUSD para ejecutar una campaña de sondajes de 5.000 metros diamantinos.
- 3) De acuerdo con las propuestas analizadas en esta tesis, otra alternativa sería revisar otros sectores con dueños diferentes, dónde la calidad de la información permita realizar mejores proyecciones, así como visualizar mejor los actores para desarrollar el distrito. En vías de ofrecer un proyecto general, sería recomendable unificar la propiedad minera relevante en un solo controlador o sociedad de explotación de las minas. El capital para negociar esto, evidentemente debe realizarse valorizando

adecuadamente la información de cada propiedad, así como profesionales competentes den su opinión sobre las posibilidades y consecuentes costes de cada punto de explotación de acuerdo con la estrategia que se busque desarrollar. En el trabajo se explican algunos indicadores que podrían servir de referencias para el desarrollo de los tonelajes de los inventarios en cuanto a las expectativas que deberían satisfacer para posicionar un proyecto más atractivo, en vías de desarrollar una economía distrital.

7. BIBLIOGRAFÍA

Cochilco, 2016. Monitoreo de variables e indicadores relevantes de la mediana y pequeña minería chilena.

Cochilco, 2019. Inversión en la minería chilena – Cartera de proyectos 2019 – 2018.

EMI-S.A. Informe técnico " Estimación de Recursos Yacimiento Pampita. Modelo 2017", agosto 2017.

Fréaut, Roberto (2002). Recursos mineros y rol de la Gran empresa del cobre en el desarrollo de un Cluster Minero en el Norte de Chile. Curtin University of Technology.

Fréaut, Roberto (2007). Impacto of The Distrital Exploration on Codelco Norte Bussiness Plan. Curtin University of Technology.

Fréaut, Roberto (2009). Plan de delineamiento de yacimientos y exploración geológica del distrito Chuquicamata Codelco Norte.

Herrera, Verónica (2014). El distrito minero Tuina: geología y perspectivas de exploración. Informe interno. Mindenor.

Maksaev y Zentilli (2002). Chilean Strata-Bound Cu- (Ag) deposits: An overview. PGC publishing, The Americas.

Northern Star Resources, Anual Report (2019). <https://www.nsrltd.com/wp-content/uploads/2019/09/2-2019-Annual-Report-27-08-2019.pdf>

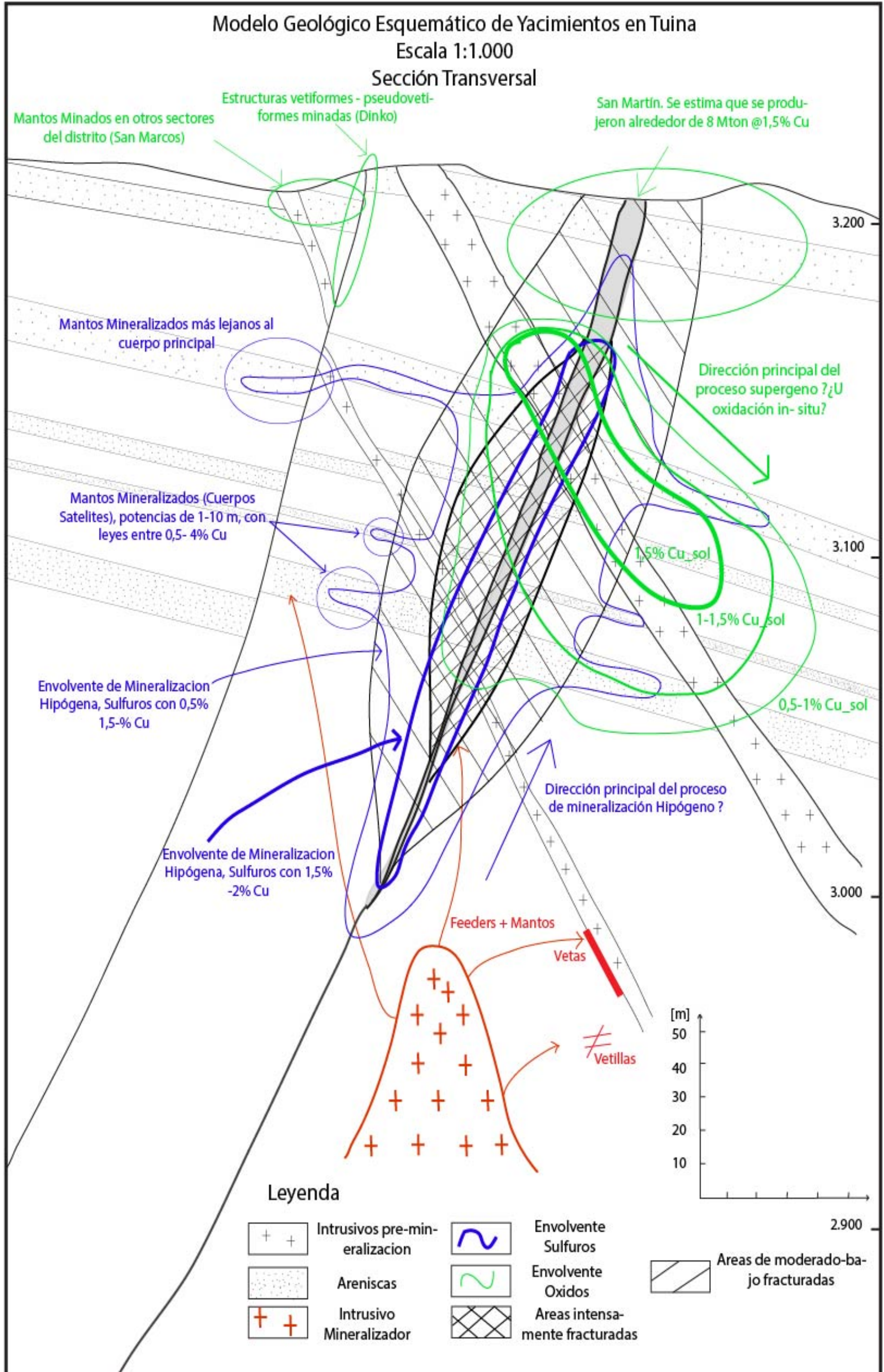
Sánchez, Nazario (2019). Informe de ingeniería del proyecto Mina Pampita Subterráneo. Metodología de explotación, Plan minero. Informe interno. Mindenor.

SGA (2007). Declaración de impacto ambiental, Proyecto “Ampliación y desarrollos de faenas mineras en Tuina”. Explomindec S.A. https://seia.sea.gob.cl/expediente/ficha/fichaPrincipal.php?modo=normal&id_expediente=2500357.

Yearbook, Cochilco (2019). Estadísticas de la minería chilena.

Yearbook, Cochilco (2020). Estadísticas de la minería chilena.

8. ANEXOS



8.1 Sobre la Geología, discusiones varias

El modelo expuesto refleja una simplificación esquemática de los yacimientos, tomando como referencia los datos y antecedentes que se tienen en el Proyecto Pampita. El modelo considera los siguientes elementos geológicos:

- 1) Litologías: 1 unidad intrusiva mineralizadora hipotética (rojo), como fuente precursora de metales, 5 unidades estratigráficas (mantos de arenisca de espesores entre 1 a 10 m, algunos más porosos y receptivos como conductos mineralizadores, otros no tanto), 2 unidades intrusivas preminerales (diques, andesíticos y dioritas).

- 2) Estructuras: dentro del marco de las estructuras se pueden considerar las unidades de diques y otras como fallas. El modelo considera ilustrativamente que la temporalidad de ocurrencia es: Primero los estratos, luego los diques cortan los estratos, luego las fallas cortan los diques. El modelo estructural, aunque preliminar y básico, constituye uno de los elementos críticos para el éxito del levantamiento de información del yacimiento. Como puede esperarse de algunas zonas, la complejidad estructural se manifiesta en zonas donde se superponen distintos eventos geológicos (la toma de datos y la interpretación estructural tiende a ser más compleja). La parametrización de este problema geológico se hace necesario para entender las relaciones entre las estructuras y los eventos de mineralización primarios (sulfuros) y secundarios (óxidos). Pudiendo responder inclusive a preguntas sobre la persistencia de mena en profundidad, así como también como la penetración de la intensidad de mineralización en otros cuerpos satélites, o sea, la componente horizontal. Como modelo preliminar, se plantea una falla de mayor importancia que produjo una envolvente de fracturamiento importante, dicho macizo fracturado (similar a los modelos de vetas o bonanza rich ore shoot) sirvió como conducto principal para el evento de mineralización hipógeno, generalmente las geometrías tienden a ser elipsoidales, elongadas en sus distintos ejes coordenados. La sección actual tiene la limitante de ser una representación en 2D del cuerpo geológico, pudiendo este representar en su tercer eje variaciones notables tanto el cuerpo principal, como los cuerpos satélites adosados.

- 3) Mineralización: Para este modelo se consideran 2 eventos de mineralización:
- a. El primero hipógeno, con mineralogía de Qz (ganga) -Cpy-Bo-Cc (menas), que gradada hacia los bordes hacia Ep-Clh-Cal (modelo mineralización propuesto por Geólogos de Mindenor) basado en observaciones petrográficas y calcográficas. Se considera que la mineralización de mayor ley de sulfuros es acotada (¿menor potencia, 10-20 m?), gradando hacia los bordes en su envolvente hacia zonas de menor ley, mineralizando las zonas de fracturamiento anteriores. Como componente adicional se considera que en algunos sectores se mineralizaron mantos, donde los sondajes evidencian tramos de algunos metros con valores en que las leyes de cobre incrementan, así como las de plata (2-4 % Cu, leyes de Ag alcanzan los 40 g/t). Si bien los estratos mineralizados constituyen cuerpos satélites acotados, las extensiones y las potencias mineralizadas son variables, así como las leyes.
 - b. Evento Supérgeno: el fenómeno de oxidación está estudiado por sondajes, aunque no en toda su extensión, ni direcciones. Como bien plantea el modelo, no se reconoce si la oxidación pudiera ser in-situ, o pudiera haber alguna removilización del cobre en el yacimiento, que de ser así plantea la interrogante sobre la posible dirección en la que se pudo haber localizado la masa de óxidos. La evidencia empírica demuestra un importante volumen de óxidos/sulfuros, aunque el modelo no da cuenta específicamente de las envolventes minerales, por leyes de cobre soluble. Se hace necesario resolver esta interrogante para dar cuenta de la caracterización de las masas de menas de óxidos, sus leyes, mineralogías. Con especial cuidado, dando el punto de enfoque principal del proyecto a los óxidos, es caracterizar este horizonte mineral, tanto en continuidad vertical, potencia y en horizontal, de tal forma de contribuir al plan de negocios en cuanto a la cantidad y la calidad de estos recursos.

8.2 Modelo Económico – financiero

8.2.1 Variable de trabajo utilizadas para flujo de caja

Variables de trabajo		
Sulfuros	750	kt
Ley Cu Total	1,75%	Cu_T
Ley Cu soluble	0,20%	Cu_Sol
Ley de plata Ag	15	g/t Ag
Mixtos	750	kt
Ley Cu Total	1,68%	Cu_T
Ley Cu soluble	0,80%	Cu_Sol
Ley de plata Ag	12	g/t Ag
Óxidos	660	kt
Ley Cu Total	1,76%	Cu_T
Ley Cu soluble	1,30%	Cu_sol
Ley de plata Ag	12	g/t Ag
Costo Mina	24,7	US/t
Costo Planta Concentradora	10	US/t
Costo LIX	14	US/t
Razón Estéril/Mineral	3	N/A
Tasa recursos/reservas	100%	tonelaje
	100%	leyes
Capacidad Concentradora	40	ktpm
Capacidad LIX	40	ktpm
Disponibilidad	95%	
CAPEX	10	MUS
Recuperación Concentrad.	90%	Cu
	90%	Ag
Recuperación LIX	80%	Cu
CALCULOS		
Reservas Sulfuros	750	kt
Ley de cobre	1,75%	Cu
Ley de Plata	15	g/t Ag
Reservas Mixtos	750	kt
Ley de cobre	0,80%	Cu
Ley de Plata	12,000	g/t Ag
Reservas Óxidos	660	kt
Ley de cobre LIX	1,30%	Cu
Ley de Plata	10	g/t Ag

Flujo de Caja sin cuotas	\$ -19.500.000	\$ 805.676	\$ 3.260.956	\$ 17.824.532	\$ 28.121.642	\$ 28.103.481	\$ 28.084.592	\$ 28.064.949	\$ 28.044.519	\$ 28.023.273	\$ 28.001.176	\$ 23.724.175	\$ 10.314.573	\$ 10.314.573
Inversión propiedad minera	\$ -500.000	\$ -1.500.000	\$ -2.000.000	\$ -2.000.000	\$ -2.000.000	\$ -2.000.000								
Flujo de Caja con cuota pampita	\$ -20.000.000	\$ -694.324	\$ 1.260.956	\$ 15.824.532	\$ 26.121.642	\$ 26.103.481	\$ 28.084.592	\$ 28.064.949	\$ 28.044.519	\$ 28.023.273	\$ 28.001.176	\$ 23.724.175	\$ 10.314.573	\$ 10.314.573
Inversión otra propiedad minera														
Inversión Capital de riesgo (exploración)														
Inversión Desarrollo túneles minas														
Inversión Gasto prospección in-mine		\$ -6.000.000												
Flujo de Caja con todas las inversiones	\$ -20.000.000	\$ -6.694.324	\$ 1.260.956	\$ 15.824.532	\$ 26.121.642	\$ 26.103.481	\$ 28.084.592	\$ 28.064.949	\$ 28.044.519	\$ 28.023.273	\$ 28.001.176			
VAN(10%)	\$79.012.027													
TIR	55%													
IVAN	4,05													

Financiamiento deuda

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<i>Deuda inicial</i>		\$ 30.000.000	\$ 27.501.272	\$ 24.902.594	\$ 22.199.970	\$ 19.389.240	\$ 16.466.081	\$ 13.425.996	\$ 10.264.308	\$ 6.976.152	\$ 3.556.470
<i>Cuota anual</i>		-\$ 3.698.728	-\$ 3.698.728	-\$ 3.698.728	-\$ 3.698.728	-\$ 3.698.728	-\$ 3.698.728	-\$ 3.698.728	-\$ 3.698.728	-\$ 3.698.728	-\$ 3.698.728
<i>Interés</i>		-\$ 1.200.000	-\$ 1.100.051	-\$ 996.104	-\$ 887.999	-\$ 775.570	-\$ 658.643	-\$ 537.040	-\$ 410.572	-\$ 279.046	-\$ 142.259
<i>Amortización</i>		-\$ 2.498.728	-\$ 2.598.677	-\$ 2.702.625	-\$ 2.810.730	-\$ 2.923.159	-\$ 3.040.085	-\$ 3.161.688	-\$ 3.288.156	-\$ 3.419.682	-\$ 3.556.470
<i>Deuda Final</i>	\$ 30.000.000	\$ 27.501.272	\$ 24.902.594	\$ 22.199.970	\$ 19.389.240	\$ 16.466.081	\$ 13.425.996	\$ 10.264.308	\$ 6.976.152	\$ 3.556.470	\$ 0
<i>Tasa</i>	4%										