



Identificación de insumos críticos para el desarrollo de la minería en Chile

DE/21/2014

Resumen Ejecutivo

El objetivo general del estudio es identificar aquellos insumos críticos que afectan la sustentabilidad de la industria minera en Chile, para lo cual los objetivos específicos que se plantean son:

- Formular una metodología para identificar insumos críticos en la minería.
- Probar la metodología en base a información de un conjunto de proyectos y operaciones de la minería del cobre.

En base a una adaptación de las definiciones contenidas en el “Report on critical raw materials for the EU” de Mayo, 2014, se define a un Insumo Crítico como aquel cuya situación de abastecimiento podría resultar ser crítica para el proyecto/operación en el mediano y largo plazo. A la criticidad contribuyen principalmente los riesgos de desabastecimiento, como la alta dependencia de las importaciones o un monopolio de los insumos en pocos oferentes, como también la importancia o peso relativo del insumo en la estructura de costos.

El análisis se centró en la minería del cobre ya que representa el 11% del PIB nacional y el resto de la minería sólo contribuye con un 1% (datos 2013).

Para cumplir con el primer objetivo y basado en la definición de insumo crítico, el estudio propone una metodología que consta de las siguientes etapas:

- i. Seleccionar muestra de proyectos/ operaciones mineras
- ii. Identificar insumos relevantes dentro de la estructura OPEX/ CAPEX
- iii. Identificar riesgos de abastecimiento de insumos mineros
- iv. Medición de riesgos en el abastecimiento de insumos
- v. Identificar Insumos Críticos

Una ventaja que ofrece la metodología es que puede aplicar cualquier tipo de actividad minera, independiente del mineral explotado y proceso.

En relación con la formulación metodológica es necesario relevar que la identificación del riesgo de abastecimiento se centró en los principales drivers que lo gatillan (análisis de causalidad). De estos, se eligieron los más relevantes para la industria minera (aumentos de precios y tiempo de



entrega de los insumos), para que posteriormente las propias empresas mineras determinaran mediante una encuesta, la severidad del riesgo asociado a dichos drivers.

Para cumplir con el segundo objetivo del estudio se recurrió a información de las ingenierías de proyectos de inversión con las que cuenta Cochilco. Dicha fuente de información se utilizó para determinar la relevancia de los costos de los insumos en el CAPEX y OPEX, relacionados con la gran minería del cobre. Esta situación constituye otra ventaja de la metodología, ya que no se requiere información de primera fuente, es decir, costos de operación reales y detallados de las empresas mineras (información considerada estratégica por las empresas y de difícil acceso).

La metodología identifica los Insumos Críticos a partir de su relevancia dentro de la estructura de costos del proyecto u operación y su riesgo de abastecimiento.

La metodología identificó como insumos críticos para el OPEX:

- _ Energía Eléctrica Chancado y Molienda (Concentradora)
- _ Energía Eléctrica Sistema de Impulsión (Imp. Desaladora)
- _ Combustible (Petróleo y lubricantes) (Mina a Cielo Abierto)
- _ M&R (Infraestructura, LHD, Camiones, Jumbo, Martillo, Chancador, Correas) (Mina Subterránea)
- _ Requerimiento Agua Fresca (Desalada) (Concentradora)
- _ Acido Sulfúrico (Sx-Lix-Ew)
- _ Mantenimiento y Reparación (M&R) (Mina a Cielo Abierto)
- _ Servicios de M&R Chancado y Molienda (Mec-Elec) (Concentradora)
- _ Servicios de M&R Espesamiento Concentrado (Mec-Elec) (Concentradora)
- _ Bolas y Barras de Molino (Concentradora)
- _ Servicios de M&R Flotación (Concentradora)
- _ Depresante Cobre (Concentradora)

La metodología identificó como insumos críticos para el CAPEX:

- _ Pala de Cable (Mina Rajo)



- Camiones (CAEX) (Mina Rajo)
- Molino de Bolas y Barras (Pta. Concentradora)
- Molino SAG (Pta. Concentradora)
- Geomembrana (Lix)
- Correas transportadoras (Lix)
- Edificio Molienda (Pta. Concentradora)

Existe un segundo grupo de insumos (CAPEX y OPEX), percibidos con un alto riesgo de abastecimiento, pero con baja participación en los costos. Estos insumos fueron categorizados como “Insumos críticos de segunda línea”.

Se debe tener en consideración que hay insumos sobre los que existe coincidencia sobre su criticidad, como lo son la mano de obra y el hormigón, pero que no fueron analizados con la presente metodología debido a la falta de información con un adecuado nivel de desagregación.

En relación con la recurrencia en la aplicación de la metodología, se recomienda una periodicidad de 3 años.

La línea de trabajo a seguir exige hacer el seguimiento de aquellos insumos identificados como críticos para la minería, con el objeto de identificar, conocer y monitorear las principales determinantes de sus mercados. Al respecto, desde hace un tiempo, Cochilco ya le hace seguimiento permanente a los insumos críticos de alto impacto en la minería como son la energía eléctrica y el agua.

Sin embargo, la aplicación de la metodología deja en evidencia que existen otros insumos que presentan un alto nivel de criticidad y a los que se les debe hacer seguimiento. Se propone organizar el estudio de los insumos críticos en las siguientes líneas de trabajo: Reactivos Químicos, Servicios y Repuestos e Insumos relevantes para el CAPEX. La elección de los nuevos insumos que serán incorporados al seguimiento permanente que hace Cochilco debe tomar en consideración la disponibilidad de información.



Índice

1	Introducción	1
1.1	Objetivo y metodología	1
1.2	Insumo crítico y estratégico.....	1
2	Metodología para determinar la criticidad de un insumo	4
2.1	Paso 1: Seleccionar muestra de proyectos / operaciones mineras.....	5
2.2	Paso 2: Identificar insumos relevantes dentro de la estructura OPEX / CAPEX	7
2.3	Paso 3: Identificar riesgos de abastecimiento de insumos mineros.....	8
2.4	Paso 4: Medición de riesgos en el abastecimiento de insumos	11
2.5	Paso 5: Identificar Insumos críticos	14
3	Aplicación de la metodología	15
3.1	Selección de la muestra	15
3.2	OPEX (Identificación de principales insumos)	16
3.2.1	OPEX Mina Cielo Abierto.....	16
3.2.2	OPEX Mina Subterránea.....	17
3.2.3	OPEX Concentradora.....	19
3.2.4	OPEX Planta Desaladora	26
3.2.5	OPEX Lix-Sx-Ew.....	29
3.3	CAPEX (Identificación de principales insumos).....	30
3.3.1	CAPEX Mina Cielo Abierto.....	30
3.3.2	CAPEX Mina Subterránea.....	31
3.3.3	CAPEX Concentradora.....	33
3.3.4	CAPEX Planta Desaladora.....	35
3.3.5	CAPEX Lixiviación	36
3.4	Determinación de la severidad del riesgo	38
3.4.1	Riesgo de Alza de Precio del Insumo	38
3.4.2	Riesgo de retraso en la entrega del insumo	43
3.5	Identificación de Insumos críticos	47
3.6	Recomendaciones para aplicación de la metodología y seguimiento.....	53
3.6.1	Aplicación de la metodología.....	53
3.6.2	Seguimiento de los insumos	53



4	Conclusiones.....	55
5	Bibliografía.....	58
6	Anexos	59

Índice de figuras

Fig. 1:	Esquema general del concepto criticidad de un insumo.....	2
Fig. 2:	Aporte de la Minería al PIB Nacional.....	4
Fig. 3:	Metodología para identificar insumos críticos.....	5
Fig. 4:	Procesos incluidos dentro del alcance de la metodología	6
Fig. 5:	Clasificación logística de los principales países mineros	10
Fig. 6:	Insumos críticos para la minería.....	14
Fig. 7:	Desglose OPEX Mina Cielo Abierto	16
Fig. 8:	Desglose OPEX Mina Subterránea	18
Fig. 9:	Desglose Costo OPEX por Sub Proceso Concentradora.....	19
Fig. 10:	OPEX Sub Proceso Chancado.....	20
Fig. 11:	OPEX Sub Proceso Molienda	21
Fig. 12:	OPEX Sub Proceso Flotación Colectiva	21
Fig. 13:	OPEX Sub Proceso Espesamiento de Concentrado	22
Fig. 14:	OPEX Sub Proceso Flotación Selectiva.....	23
Fig. 15:	OPEX Sub Proceso Espesamiento de Relevés.....	24
Fig. 16:	OPEX Sub Proceso Manejo de Concentrados	25
Fig. 17:	OPEX Sub Proceso Generales Concentradora	25
Fig. 18:	OPEX Planta Desaladora	27
Fig. 19:	OPEX Impulsiones y Obras Marinas.....	28
Fig. 20:	OPEX Lix-Sx-Ew	29
Fig. 21:	CAPEX Mina Cielo Abierto	30
Fig. 22:	Desglose CAPEX Mina Subterránea	31
Fig. 23:	Principales Insumos CAPEX Infraestructura y Equipos Mina.....	32
Fig. 24:	Desglose CAPEX Concentradora por disciplina.....	33
Fig. 25:	Principales Insumos CAPEX Concentradora.....	34
Fig. 26:	Desglose Áreas CAPEX Planta Desaladora	35
Fig. 27:	Principales Insumos CAPEX Planta Desaladora	36
Fig. 28:	Desglose CAPEX Lixiviación.....	37
Fig. 29:	Severidad del riesgo por aumento de precios Insumos OPEX.....	40
Fig. 30:	Severidad del riesgo por aumento de precios Insumos CAPEX.....	42
Fig. 31:	Severidad del riesgo por retrasos en la entrega de los insumos OPEX	44
Fig. 32:	Severidad del riesgo por retrasos en la entrega de los insumos CAPEX	46
Fig. 33:	Insumos Críticos OPEX.....	48
Fig. 34:	Insumos Críticos CAPEX	49

Índice de tablas

Tabla 1: Riesgos de Abastecimiento..... 8

Tabla 2: Categorías de Probabilidad..... 12

Tabla 3: Categorías de Impacto..... 12

Tabla 4: Matriz de Severidad del Riesgo 13

Tabla 5: Proyectos seleccionados para análisis de insumos a nivel de OPEX y CAPEX 15

Tabla 6: Categorización de la criticidad de los Insumos OPEX 50

Tabla 7: Categorización de la criticidad de los Insumos CAPEX 51

Tabla 8: Agrupación de Insumos Críticos por líneas de trabajo..... 54



1 Introducción

1.1 Objetivo y metodología

Existen factores que evidentemente resultan estratégicos para la industria como son los depósitos minerales y las condiciones institucionales para su explotación y otros sobre los que existe un consenso al menos a nivel país que se deben monitorear como la energía y el agua. Existen otros sobre los que se han hecho esfuerzos aislados o no sistemáticos como son el capital humano o algunos más específicos como el ácido sulfúrico o el cianuro. Sin embargo, no se ha establecido una metodología que permita identificar cuáles son aquellos factores críticos pero que no resultan tan evidentes o con tan alto nivel de consenso sobre su impacto en la industria.

Dado esto, se establece como objetivo general de este trabajo el identificar aquellos insumos críticos que afectan la operación de las faenas mineras y la ejecución de nuevos proyectos, en un contexto de alzas de costos que pueden afectar la sustentabilidad de la industria. Para cumplir con este objetivo general se plantea como objetivo específico establecer una metodología de identificación de estos insumos y posteriormente aplicarla para definir aquellos insumos sobre los cuales la Comisión Chilena del Cobre deba realizar un monitoreo periódico. Este objetivo nos lleva hacer una propuesta metodológica que implica definir ciertos criterios, no obstante que en el futuro se puedan hacer los cambios y ajuste que requiera para su perfeccionamiento

1.2 Insumo crítico y estratégico

Producto de la diversidad de definiciones, surge la necesidad de establecer la diferencia entre insumos críticos y estratégicos. Para tal efecto, se toman las definiciones contenidas en el “Report on critical raw materials for the EU”, de mayo de 2014, cuyo foco son las materias primas críticas. Las definiciones ahí contenidas se adaptaron al campo de los insumos mineros, que son el foco del presente estudio.

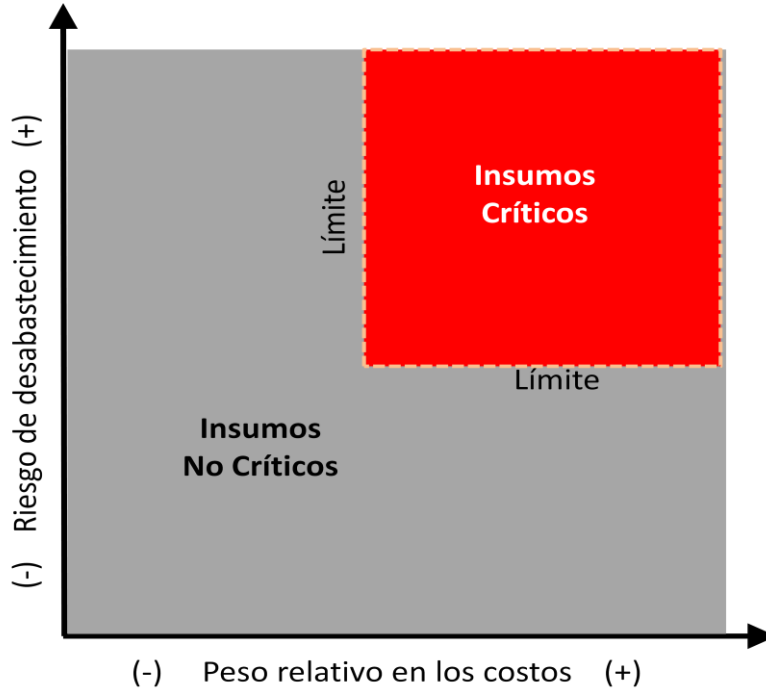
Insumo crítico

Son aquellos insumos cuya situación de abastecimiento podría resultar ser crítica para el proyecto/operación en el mediano y largo plazo. A la criticidad contribuyen principalmente los riesgos de desabastecimiento, como la alta dependencia de las importaciones o un monopolio de los insumos en pocos oferentes, como también la importancia o peso relativo del insumo en la estructura de costos.

Una adaptación del esquema contenido en el reporte antes citado y que se ajusta a la definición de insumo crítico es el siguiente:



Fig. 1: Esquema general del concepto criticidad de un insumo.



Fuente: Elaboración Cochilco

Insumo estratégico

Son aquellos insumos cuya disponibilidad para la ejecución/operación futura de proyectos debe garantizarse y ejercen un efecto de apalancamiento para estos.

La diferencia entre insumo crítico y estratégico es que para los segundos se requiere una mirada de largo plazo, pensando en la concreción de potenciales proyectos para los cuales es fundamental contar con dicho insumo. Por lo anterior, es probable que un insumo sea crítico y estratégico a la vez.

Por ejemplo, el agua es un insumo que es crítico y estratégico por las siguientes razones:

- a) Es crítico porque, por un lado existe baja disponibilidad (especialmente en el norte del país) y, por otro, dicha escasez ha hecho que algunas operaciones opten por la instalación de plantas de desalación de agua de mar, lo que aumenta notablemente el costo de dicho insumo.



- b) Además es estratégico para la minería porque que la baja disponibilidad de agua en las regiones del norte del país se mantendrá en el futuro y genera un problema que deben sortear las compañías mineras para el desarrollo y materialización de nuevos proyectos mineros de la industria del cobre.

Por otro lado, existen insumos que sólo son críticos como, por ejemplo, los camiones CAEX, debido a que su costo de adquisición representa una fracción importante de los costos mina y, además, en periodos de auge de la minería, el abastecimiento de dichos insumos se ve dificultada por la sobrecarga a la cual se ven enfrentados los fabricantes. Sin embargo, en el largo plazo es improbable que el mercado no de abasto a la demanda que generará la entrada en operación de nuevos proyectos.

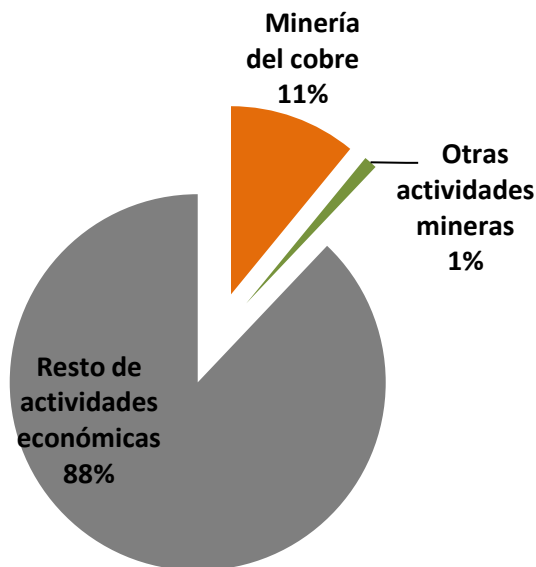


2 Metodología para determinar la criticidad de un insumo

Teniendo clara la definición de insumo crítico, surge la necesidad de formular una metodología para identificarlos.

Si bien la magnitud del negocio minero es amplio, el análisis se centrará en la identificación de los insumos críticos en la minería del cobre debido a la alta contribución de esta al PIB Nacional. Al respecto, la contribución de la minería al PIB Nacional, a junio del 2014, fue de un 12%.

Fig. 2: Aporte de la Minería al PIB Nacional

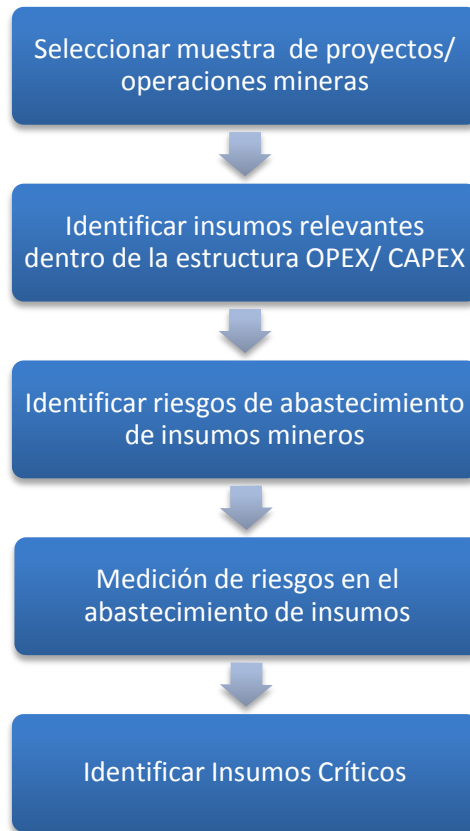


Fuente: Elaboración Cochilco en base a información del Banco Central (2do semestre 2014)

Dentro la actividad Minería, la contribución de la minería del cobre equivale a un 91% del total. Por tal razón el foco del análisis de los insumos críticos se centrará en la minería del cobre y específicamente en la Gran Minería.

La metodología propuesta para la identificación de los insumos críticos consta de las siguientes etapas:



Fig. 3: Metodología para identificar insumos críticos

Fuente: Cochilco

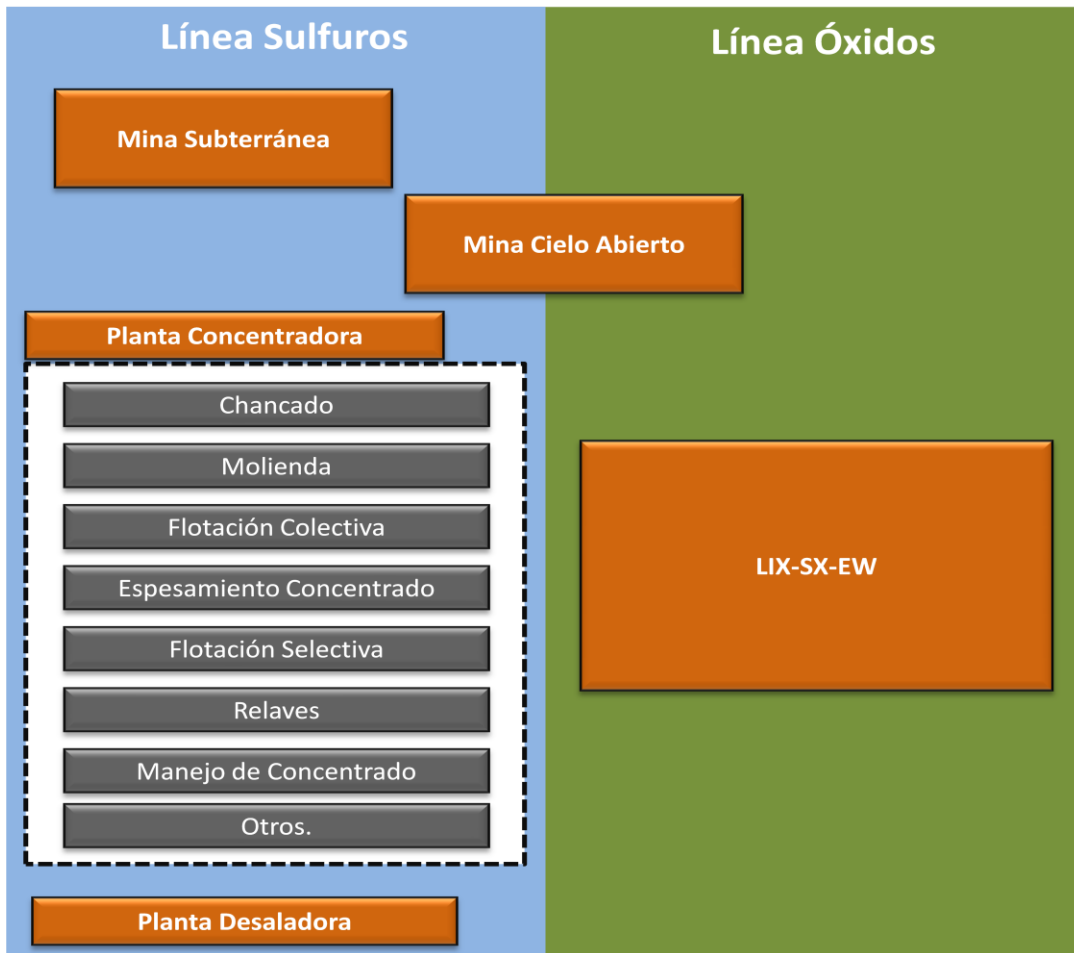
2.1 Paso 1: Seleccionar muestra de proyectos / operaciones mineras

Consideraciones:

Alcance la muestra: El alcance la muestra considera, para el caso de los minerales sulfurados, las etapas de extracción y procesamiento del mineral hasta la etapa de concentración. Para los minerales oxidados se considera la etapa de extracción, lixiviación, extracción por solvente y electro obtención, tal como se muestra en el siguiente esquema:



Fig. 4: Procesos incluidos dentro del alcance de la metodología



Fuente: Cochilco

Representatividad de la muestra: Se debe velar por la representatividad de los procesos de extracción y procesamiento de minerales en la muestra de proyectos y operaciones seleccionadas. Por tal razón, la muestra incluye operaciones con extracción subterránea, cielo abierto, como también incluye las líneas de procesos de hidrometalurgia y sulfuros.

Información actualizada: El análisis debe considerar el uso de procesos, tecnologías, insumos y costos que sean un reflejo de la realidad del mercado minero nacional y del ciclo económico en el cual se encuentra. Por tal razón, es recomendable que el origen de la información de la muestra de proyectos y operaciones tenga una antigüedad superior a los 5 años.

Máximo nivel desglose de costos: El CAPEX y OPEX de la muestra de proyectos /operaciones debe contener un nivel de desagregación que permita identificar y determinar el peso relativo de los

costos de los principales insumos (bienes y servicios), requeridos para cumplir con el nivel de producción objetivo en la estructura de costos totales.

Problemas por confidencialidad de la información: Es difícil contar con información detallada de los costos de operación (OPEX) de una faena en operación y menos aún tener acceso a un nivel de desagregación que permita identificar los principales insumos utilizados. Para salvar dicho punto, el análisis de los costos de operación se realiza en base a la información contenida en las ingenierías de proyectos de inversión a los cuales tiene acceso Cochilco.

2.2 Paso 2: Identificar insumos relevantes dentro de la estructura OPEX / CAPEX

Consideraciones:

Relevancia de insumos a nivel de subproceso: El análisis identifica insumos relevantes OPEX /CAPEX a nivel de subproceso. Esta consideración es particularmente importante al analizar los costos de los procesos de molienda y concentración en una Planta Concentradora, ya que con ello se evita dejar fuera del análisis a insumos importantes.

Los insumos candidatos a ser críticos son aquellos relevantes dentro de la estructura de costos del proceso analizado. El criterio para definir si un insumo es relevante dependerá de cada caso particular. Esto se explica por el hecho de que existen costos relevantes que no son objeto de análisis de este estudio por lo complejo de su análisis (ejemplo: remuneraciones) y además, porque existen insumos (servicios) asociados al tamaño y condiciones particulares del proyecto analizado cuyos procesos no tienen un nivel de desagregación que permita identificar insumos relevantes (por ejemplo, el shotcrete como parte de los desarrollos verticales y horizontales en mina subterránea).

La determinación de la relevancia de cada insumo (A, B ... ,N), en la muestra de proyectos y operaciones mineras se hace a través del siguiente cálculo:

$$Relevancia\ insumo\ A = \frac{\sum_{i=1}^n \left(\frac{Costo\ insumo\ A\ P_i}{Costo\ Total\ P_i} \times Prod\ P_i \right)}{\sum_{i=1}^n Prod\ P_i}$$

Donde:



n	= Número de proyectos y operaciones de la muestra.
Costo Insumo A P_i	= Costo del insumo A (MUS\$) en el proyecto i.
Costo Total P_i	= Costo total del proyecto i (MUS\$).
Prod P_i	= Producción del proyecto i (ktmf) (o mineral procesado (tm)).

Para cada insumo se determina su relevancia (%) en los costos y luego se ordena en forma decreciente.

2.3 Paso 3: Identificar riesgos de abastecimiento de insumos mineros

El presente paso identifica los riesgos que podrían afectar el abastecimiento de insumos en la minería.

La literatura que aborda el tema de los riesgos de abastecimiento, específicamente de la cadena de suministros, es variada. Sin embargo, el presente estudio se apoya en un documento citado en varias publicaciones (Chopra (2004)), el cual agrupa los riesgos de la cadena de suministros en 9 categorías y, a su vez, para cada una de ellas define los gatilladores o drivers que los generan.

Tabla 1: Riesgos de Abastecimiento

Categoría de Riesgo	Drivers de Riesgo
Interrupciones	- Desastre natural
	- Conflicto laboral
	- Quiebra del proveedor
	- Guerra y terrorismo
	- Dependencia de una única fuente de suministro, así como la baja capacidad de respuesta de proveedores alternativos
Retrasos	- Elevada capacidad de utilización de las instalaciones del proveedor (colapso)
	- Falta de flexibilidad del proveedor
	- Mala calidad o bajo rendimiento del proveedor
	- Excesiva manipulación / burocracia al cruzar fronteras o cambio de modos de transporte
Sistemas	- Caída de los sistemas de información
	- Falta de una integración efectiva de los sistemas o de un sistema

Categoría de Riesgo	Drivers de Riesgo
	de redes extensivo - Falta de compatibilidad de las plataformas TI con los socios de la cadena de suministros.
Pronóstico	- Pronósticos inexactos debido a largos tiempos de entrega, estacionalidad, variedad de productos, ciclos de vida cortos, pequeña base de clientes - Distorsión de la información (efecto látigo) debido a promociones de las ventas, incentivos, falta de visibilidad de la cadena de suministro y exageración de la demanda en tiempos de escasez de productos
Propiedad Intelectual	- Integración vertical de la cadena de suministro - Subcontratación y mercados globales
Compra	- Riesgo de tipo de cambio - Componente o materia prima crítica adquirida de una sola fuente - Utilización de la capacidad en toda la industria - Contratos de largo plazo versus de corto plazo
Créditos	- Número de clientes - Fortaleza financiera de los clientes
Inventario	- Alta tasa de obsolescencia del producto - Costo de almacenamiento de inventario - Cumplimiento del proveedor - Incertidumbre de demanda y oferta
Capacidad	- Costo por aumento de capacidad - Falta de flexibilidad de la capacidad

Fuente: Managing risk to avoid supply-chain breakdown (2004)

Gestionar el riesgo de la cadena de abastecimiento es difícil porque los riesgos a menudo están interconectados. Como resultado las acciones que mitigan un riesgo pueden terminar exacerbando otro.

Basado en lo anterior, la determinación del riesgo de abastecimiento se efectuará en base a un análisis de causalidad, focalizándose en los drivers relevantes en la minería.

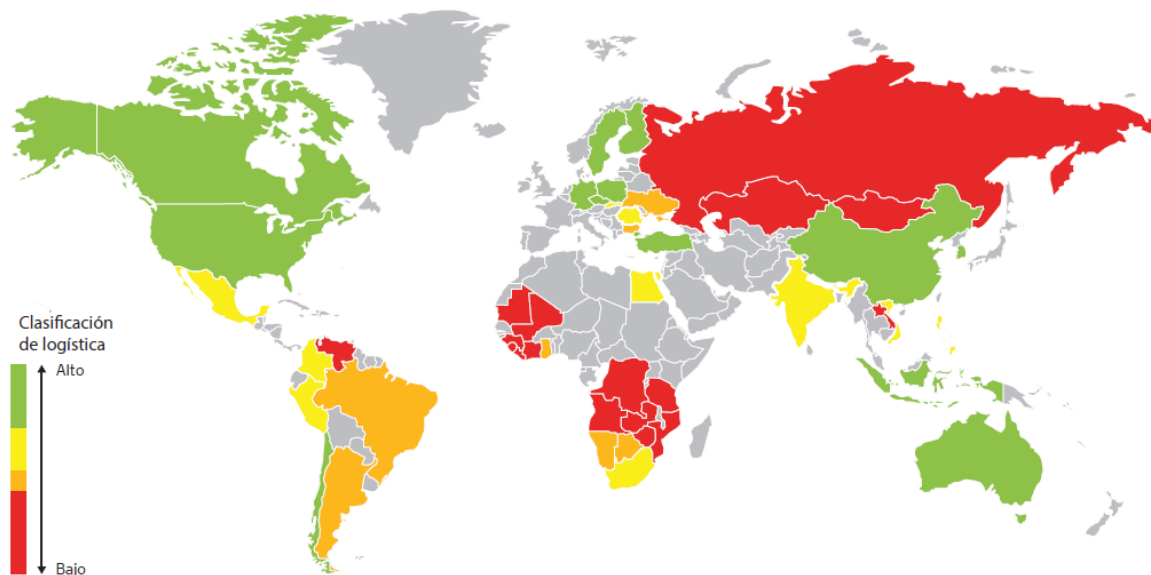
Otro trabajo consultado es el de Krishnan et Al (2007), el que se centra en los riesgos de la cadena de suministros en América Latina y que a su vez generan la mayor preocupación en las empresas. Según dicho documento, los principales gatilladores son:

- Fluctuaciones en la tasa de cambio
- Escasez de commodities / fluctuaciones de precios
- Problemas con la infraestructura de la cadena de suministro
- Confiabilidad de los proveedores
- Disponibilidad general, costo y calidad de la mano de obra

Cabe señalar que la lista anterior sólo incluye aquellos riesgos que tienen relación con el alcance de este trabajo (insumos críticos). La importancia del listado de Krishnan es que toma en consideración riesgos propios de la realidad de nuestra región y que, de una u otra forma, afectan a la minería.

Sin embargo, se debe tener en consideración que existe un aspecto que diferencia a nuestro país del resto de los países de la región. Al respecto, Ernst & Young ubica el “Acceso a Infraestructura” en el séptimo lugar de los 10 principales riesgos que enfrenta el sector de la minería y metales en el 2014-2015, pero hace una buena evaluación de Chile en este aspecto, tal como se muestra en la siguiente figura:

Fig. 5: Clasificación logística de los principales países mineros



Fuente: EY (2014)

El desarrollo de la infraestructura tiene especial importancia para el CAPEX de un proyecto, ya que representa una parte significativa de cualquier desarrollo de mina y representa la mayoría de los

costos de desarrollo de mina. A nivel global, la logística de abastecimiento es un tema importante para la minería.

En resumen, según lo expuesto en los trabajos analizados es razonable aseverar que las fluctuaciones de la tasa de cambio y de los precios de los insumos son riesgos que afectan la cadena de suministro en la minería.

Por otro lado, los problemas de infraestructura de la cadena de suministros y de confiabilidad de proveedores no parecieran ser riesgos que afecten de manera dramática a la minería del cobre en Chile (específicamente a la Gran Minería), ya que a diferencia de otras industrias y por el volumen de recursos que involucra, sus proveedores cuentan con un mayor nivel de coordinación que lo observado en otras áreas de la economía. Por lo tanto, de existir algún riesgo relacionado con esta línea, tiene que ver con la oportunidad de entrega de los insumos y no con un el riesgo asociado a desabastecimiento por confiabilidad del proveedor o de la cadena de suministros. Esta situación se intensifica en tiempos de auge de inversiones mineras, periodo en que la demanda de equipos y materiales presiona la oferta y genera retrasos en las entregas.

2.4 Paso 4: Medición de riesgos en el abastecimiento de insumos

Tal como se señaló en punto anterior, para evaluar los riesgos de abastecimiento del conjunto de insumos seleccionados en el paso 2, se analizarán 3 drivers (riesgos):

- Fluctuaciones en la tasa de cambio
- Fluctuaciones de precios (demanda /oferta)
- Largos tiempos de entrega de los insumos

Para cada insumo se cuantifica la probabilidad (posibilidad de la ocurrencia del riesgo potencial) y el impacto (consecuencia que puede ocasionar a la organización la materialización del riesgo), que cada driver genera sobre el riesgo de desabastecimiento.

Las categorías de probabilidad e impacto propuestas son las siguientes:



Tabla 2: Categorías de Probabilidad

Categoría	Valor	Descripción
Casi certeza	5	Riesgo cuya probabilidad de ocurrencia es muy alta (90% a 100%)
Probable	4	Riesgo cuya probabilidad de ocurrencia es alta (entre 66% a 89%)
Moderado	3	Riesgo cuya probabilidad de ocurrencia es media (entre 31% a 65%)
Improbable	2	Riesgo cuya probabilidad de ocurrencia es baja (entre 11% a 30%)
Muy improbable	1	Riesgo cuya probabilidad de ocurrencia es muy baja (entre 1% a 10%)

Fuente: Consejo de Auditoría Interna (2014)

Tabla 3: Categorías de Impacto

Categoría	Valor	Descripción
Catastróficas	5	Riesgo cuya materialización puede generar desabastecimiento que tendrá un impacto catastrófico en la operación /ejecución del proyecto. Su materialización dañaría gravemente a la operación /proyecto y el cumplimiento de los objetivos, impidiendo finalmente que estos se logren en el año en curso.
Mayores	4	Riesgo cuya materialización puede generar desabastecimiento que tendrán un impacto importante en la operación /ejecución del proyecto. Su materialización dañaría significativamente la operación /proyecto y el cumplimiento de los objetivos, impidiendo que se desarrollen total o parcialmente en forma normal en el año en curso.
Moderadas	3	Riesgo cuya materialización puede generar desabastecimiento que tendrán un impacto moderado en la operación /ejecución del proyecto. Su materialización causaría un deterioro en la operación /proyecto dificultando o retrasando el cumplimiento de sus objetivos, impidiendo que éste se desarrolle parcialmente en forma normal en el año en curso.
Menores	2	Riesgo cuya materialización puede generar desabastecimiento que tendrán un impacto menor en la operación /ejecución del proyecto. Su materialización causaría un bajo daño en la operación /proyecto y no afectaría el cumplimiento de los objetivos del año en curso.
Insignificantes	1	Riesgo cuya materialización no genera desabastecimiento ni compromete de ninguna forma a la operación /ejecución del proyecto. Su materialización puede tener un pequeño o nulo efecto en la operación /proyecto y no afectaría el cumplimiento de los objetivos del año en curso.

Fuente: Cochilco en base a Consejo de Auditoría Interna (2014)

Al multiplicar el impacto de la materialización del riesgo por la probabilidad de ocurrencia se obtiene la severidad del riesgo, el cual se clasifica de acuerdo con la siguiente matriz:



Tabla 4: Matriz de Severidad del Riesgo

Nivel de Impacto	Catastróficas	5	10	15	20	25
	Mayores	4	8	12	16	20
	Moderadas	3	6	9	12	15
	Menores	2	4	6	8	10
	Insignificantes	1	2	3	4	5
		Muy improbable	Improbable	Moderado	Probable	Casi certeza
Nivel de Probabilidad						

Fuente: Cochilco en base a Consejo de Auditoría Interna (2014)

Donde:

Color	Clasificación del Riesgo
	Extremo
	Alto
	Moderado
	Bajo

Fuente: Cochilco en base a Consejo de Auditoría Interna (2014)

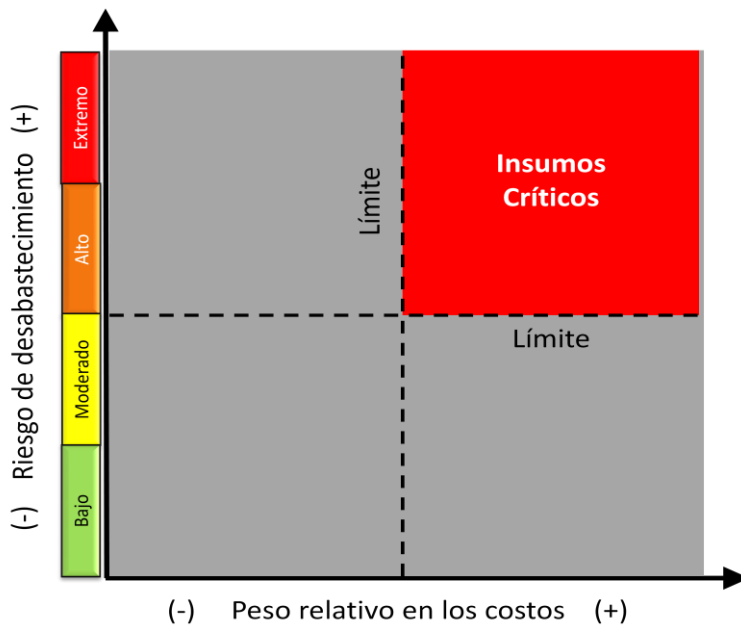


2.5 Paso 5: Identificar Insumos críticos

Insumo crítico será aquel que cumpla con las siguientes características:

1. Tenga un peso relativo significativo dentro de la estructura de costos del proceso analizado (OPEX/ CAPEX). El nivel (%) límite dependerá los resultados obtenidos y serán definidos una vez que se aplique la metodología.
2. Presente un riesgo de desabastecimiento con una severidad calificada como alta o extrema.

Fig. 6: Insumos críticos para la minería



Fuente: Elaboración Cochilco



3 Aplicación de la metodología

En el siguiente capítulo se aplica la metodología propuesta a un conjunto de proyectos mineros pertenecientes a la minería del cobre y que contienen los procesos más representativos de dicha actividad.

3.1 Selección de la muestra

El objetivo es seleccionar un conjunto de proyectos cuya información de costos tenga un alto nivel de detalle para poder identificar los principales insumos (bienes y servicios) utilizados. Para cumplir con dicho requisito se consultaron las ingenierías de proyectos de inversión mineros que en su gran mayoría corresponde a la etapa de prefactibilidad. De igual forma, se tuvo especial cuidado en seleccionar proyectos representativos de los principales procesos de extracción y procesamiento de minerales de cobre hasta la etapa de concentración (para OPEX y CAPEX de la línea sulfuros), lixiviación (para CAPEX línea óxidos) y electro obtención (para el OPEX la línea óxidos).

La muestra de proyectos seleccionada para análisis y que íntegramente pertenecen a CODELCO, fue la siguiente:

Tabla 5: Proyectos seleccionados para análisis de insumos a nivel de OPEX y CAPEX

ETAPA	OXIDOS	SULFUROS
Mina Subterránea	Nuevo Nivel Mina (OPEX y CAPEX)	---
Mina Cielo Abierto	---	RT Fase II (OPEX y CAPEX)
Concentradora	---	RT Fase II (OPEX y CAPEX)
Planta Desaladora y Conducciones	---	RT Fase II (OPEX y CAPEX)
Lixiviación (Lix) Extracción por solvente (Sx) Electro obtención (Ew)	Gaby (OPEX), Recursos Remanentes ENMS (CAPEX) Lixiviación Secundaria de Ripios Gaby (CAPEX)	---

Nota: No se tuvo acceso a información detallada del CAPEX de proyectos que contaran con las etapas de Sx y Ew. Sólo se obtuvo dicha información a nivel de OPEX.

3.2 OPEX (Identificación de principales insumos)

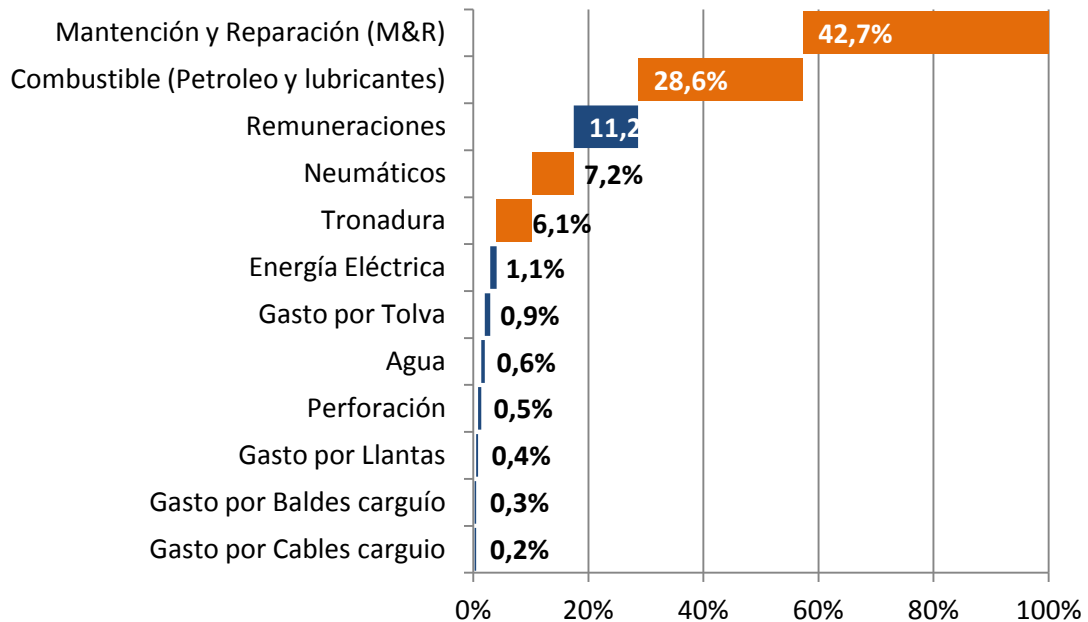
Tal como se comentó, es difícil acceder a información detallada de los costos de operación de una faena minera. Si bien existe información consolidada de los costos de operación, esta no es útil para los objetivos de este trabajo.

Para el caso de los OPEX, la información de insumos se obtuvo de las evaluaciones económicas de la muestra de proyectos seleccionados para el análisis, señaladas en el punto anterior. El ejercicio consistió en identificar aquellas partidas e insumos con alta participación dentro de la estructura de costos de operación a nivel de subproceso. Estos insumos se muestran a continuación y se han destacado con color anaranjado:

3.2.1 OPEX Mina Cielo Abierto

El análisis del OPEX de una mina a cielo abierto muestra los siguientes resultados:

Fig. 7: Desglose OPEX Mina Cielo Abierto



Fuente: Elaboración Cochilco en base a muestra de proyectos analizada

Existen 5 ítems que totalizan el 96% de los costos de operación del proyecto analizado. Dentro de estos, fueron agrupados dentro del ítem tronadura (6%):



- Explosivos (Emulsión, Anfo y Blendex 950).
- Gasto Banco de prueba tronaduras.
- Accesorios tronadura.
- Servicio de Terceros (tronadura).

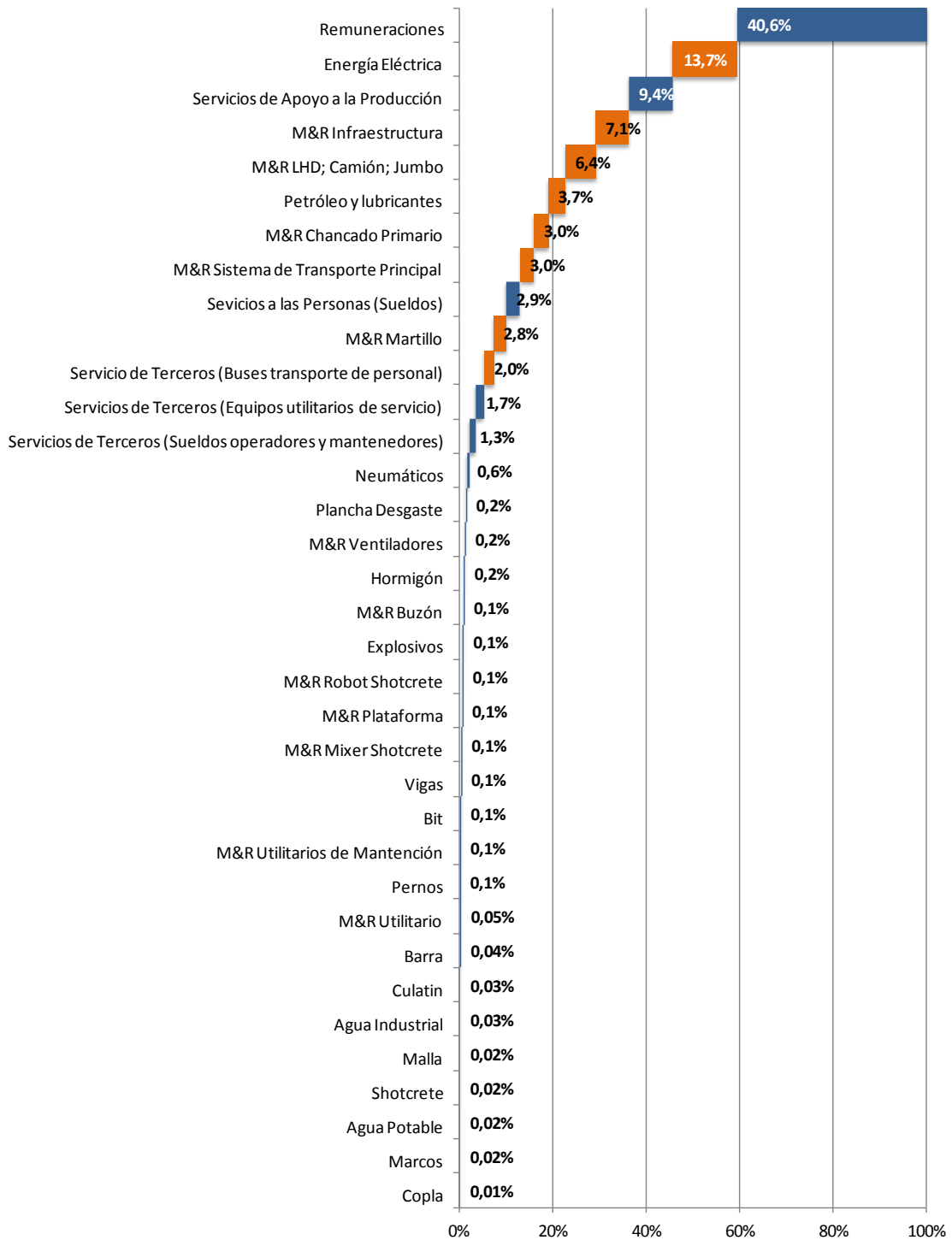
El análisis del ítem remuneraciones, tanto en este proceso como en el resto del trabajo, quedó fuera del estudio debido a que se trata de un ítem que sólo considera las dotaciones propias de la operación minera. Producto que las empresas mineras aplican distintas políticas de externalización de personal, es difícil hacer un análisis que se base sólo en la cuenta remuneraciones.

3.2.2 OPEX Mina Subterránea

El análisis del OPEX de una mina subterránea muestra los siguientes resultados:



Fig. 8: Desglose OPEX Mina Subterránea



Fuente: Elaboración Cochilco en base a muestra de proyectos analizada



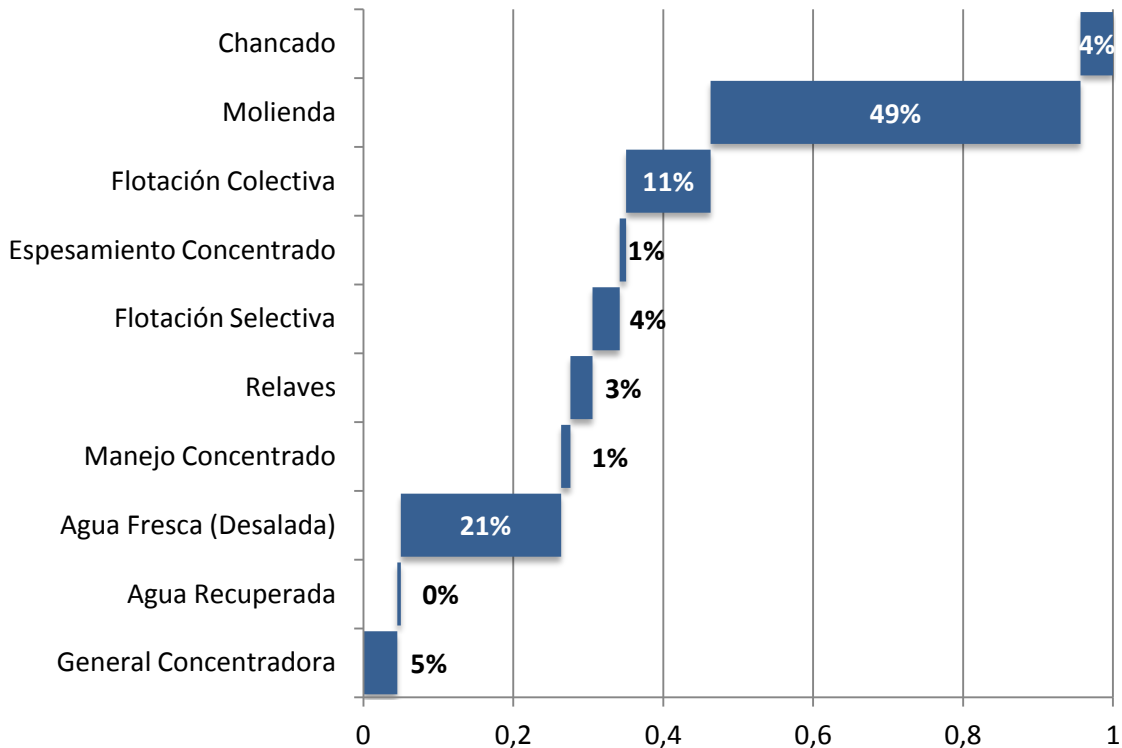
Las mantenencias y reparaciones (M&R) son relevantes dentro de la estructura de costos. Al consolidar todas las partidas de M&R estas totalizan el 23% de los costos de operación, constituyéndose en un servicio (insumo) relevante.

Los Servicios de Apoyo a la Producción son otro ítem relevante dentro de la estructura de costos de operación de la mina subterránea. Sin embargo, quedó fuera del análisis por tratarse de una partida que agrupa diversos servicios, difíciles de identificar por separado.

3.2.3 OPEX Concentradora

A diferencia de las etapas de extracción (Mina Cielo Abierto y Subterránea), el análisis de la relevancia de los insumos del OPEX en la Planta Concentradora se hizo por sub proceso:

Fig. 9: Desglose Costo OPEX por Sub Proceso Concentradora



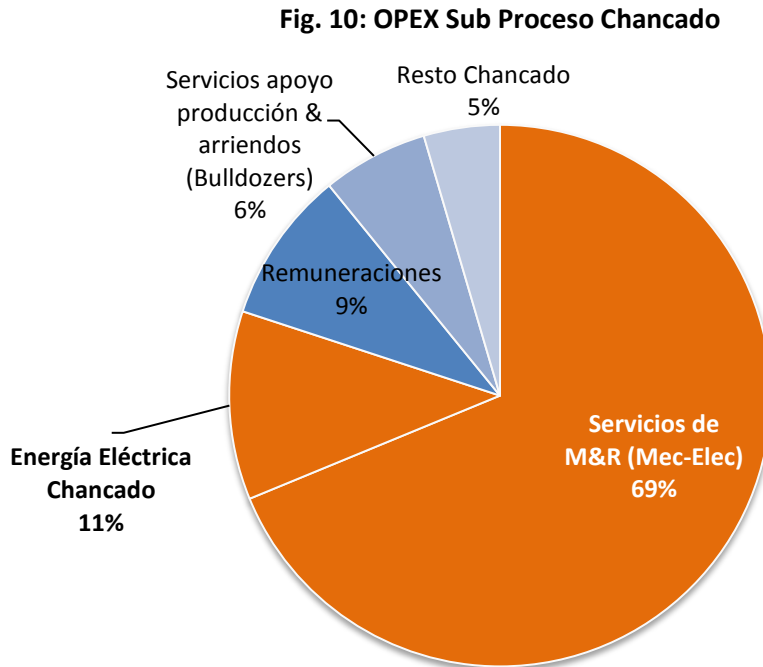
Fuente: Elaboración Cochilco en base a muestra de proyectos analizada

El subproceso de molienda es el que concentra los mayores costos de la planta concentradora (49%), seguida del suministro de agua desalada (21%) y por los subprocesos de flotación colectiva y selectiva (15%). Para el caso del proyecto analizado el suministro de agua de mar desalada es operado por terceros.



En la concentradora, los servicios de mantención y reparación (M&R) concentran el 19% de los costos de los costos de operación. Sin embargo, los costos de M&R de los equipos de molienda representan el 12% de los costos totales.

Para cada subproceso, la participación porcentual de los costos de los insumos es la siguiente:



Fuente: Elaboración Cochilco en base a muestra de proyectos analizada

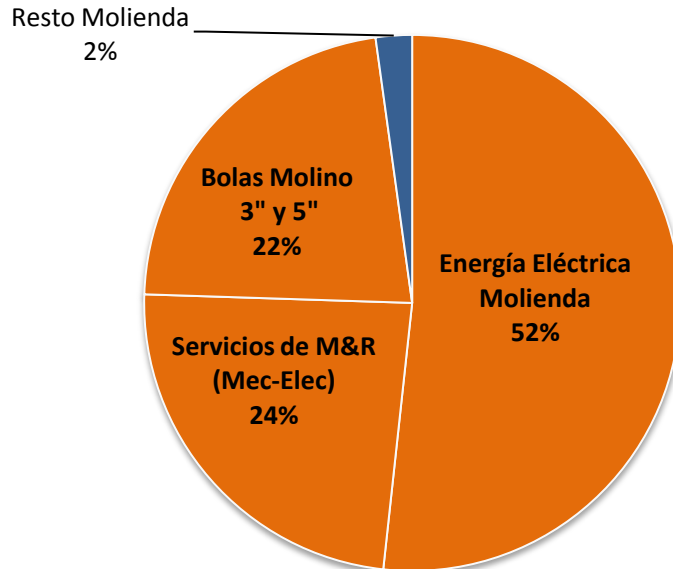
Los costos del sub proceso de chancado son bajos en relación al total de costos de la planta concentradora. Dentro de estos, los servicios de mantención y reparación (M&R) y la energía eléctrica totalizan el 80% de los costos.

Como todos los procesos de conminución, la trituración requiere de un alto consumo de energía eléctrica, lo que su vez impacta en los costos. De ahí la elevada participación del ítem energía eléctrica.

Por otro lado, los servicios de mantención son importantes para el aumento de la vida operativa de los equipos, donde se busca privilegiar una estrategia de mantenimiento proactivo que disminuya los costos de mantenimiento e incrementando la productividad de los equipos.



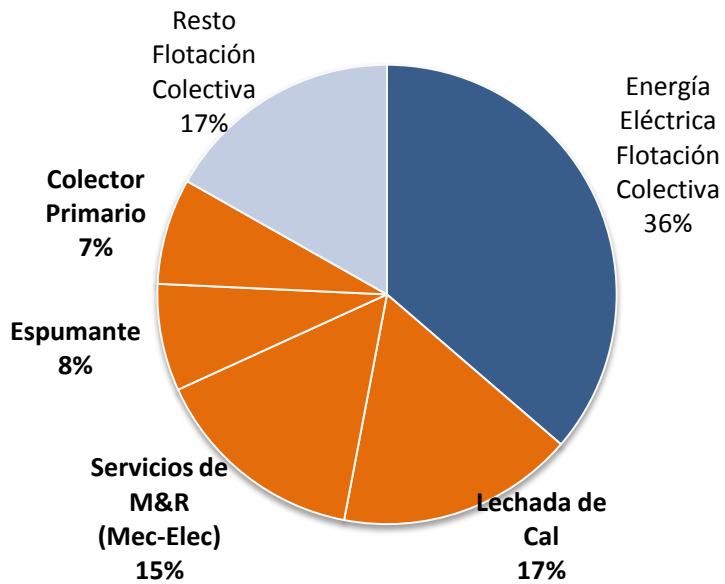
Fig. 11: OPEX Sub Proceso Molienda



Fuente: Elaboración Cochilco en base a muestra de proyectos analizada

Por su relevancia en los costos de la planta concentradora, el proceso de molienda es por lejos el más importante. Dentro de él, los costos asociados al consumo de la energía eléctrica representan el 52% de los costos totales.

Fig. 12: OPEX Sub Proceso Flotación Colectiva



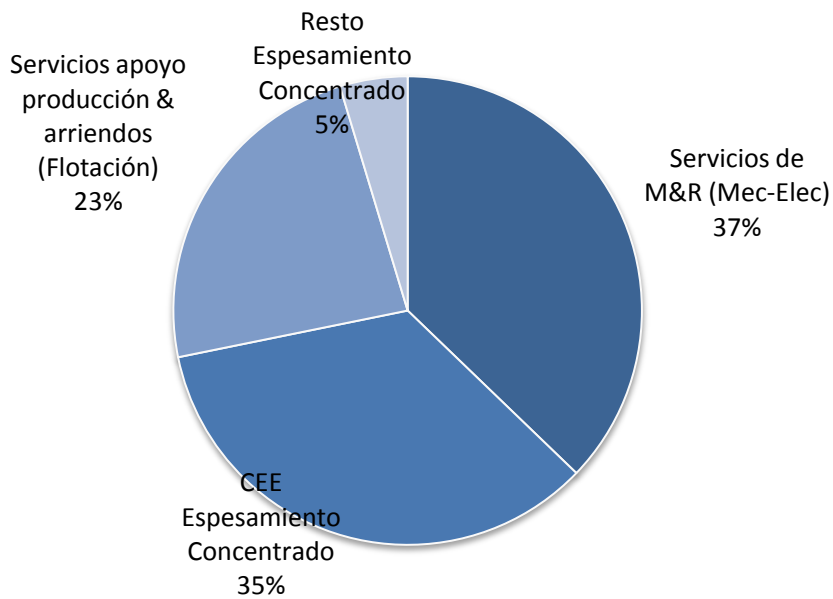
Fuente: Elaboración Cochilco en base a muestra de proyectos analizada



La flotación es un proceso físico químico que permite la separación de los minerales sulfurados del resto de los minerales que comparten la mayor parte de la especie mineral original. La flotación se realiza utilizando la pulpa proveniente de la molienda que tiene incorporada los reactivos necesarios para la flotación.

La flotación colectiva corresponde al proceso en que se obtiene concentrado con dos o más componentes. Para facilitar la recuperación de los elementos de interés, se adicionan reactivos de flotación, los que son básicamente colectores, espumantes y cal, que en conjunto representan el 32% de los costos del proceso de flotación colectiva. Nuevamente, la energía eléctrica es otro insumo importante con más del 30% de participación en los costos del subproceso.

Fig. 13: OPEX Sub Proceso Espesamiento de Concentrado



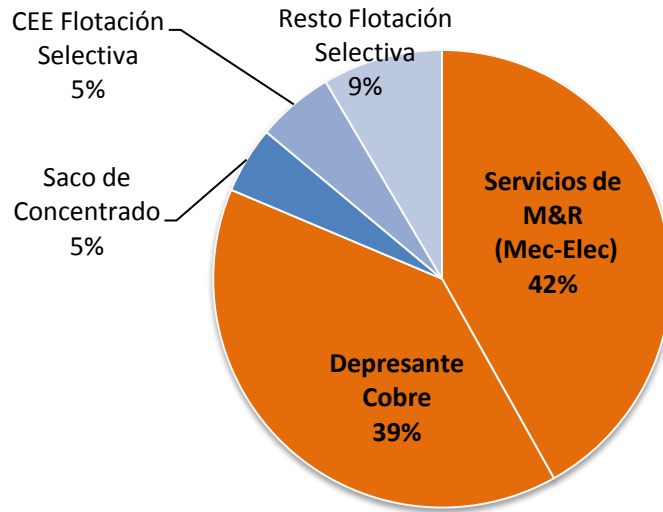
Fuente: Elaboración Cochilco en base a muestra de proyectos analizada

Nota: CEE=Consumo Energía Eléctrica

El espesamiento de concentrado tiene como función aumentar la concentración de la pulpa a nivel de 70% (p/p) previo a la operación de filtración. Los costos del sub proceso de espesamiento de concentrado son poco relevantes en la planta concentradora (1% de los costos totales), por lo que los insumos utilizados para su operación (mayoritariamente servicios), no fueron analizados.



Fig. 14: OPEX Sub Proceso Flotación Selectiva



Fuente: Elaboración Cochilco en base a muestra de proyectos analizada

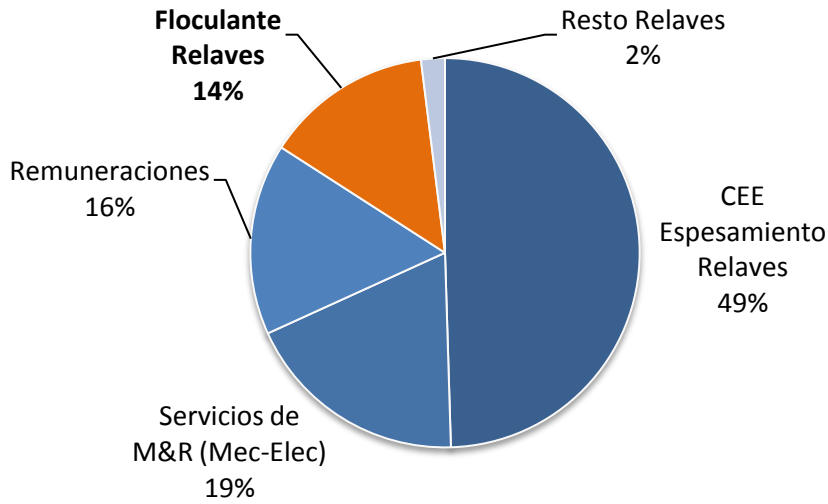
Nota: CEE=Consumo Energía Eléctrica

Flotación selectiva o diferencial, es aquella en la cual por la acción selectiva de los reactivos se obtienen un concentrado con un sólo mineral valioso, es decir, en mayor concentración.

Los costos de la flotación selectiva representan aprox. el 4% de los costos de la planta concentradora. Dentro de estos costos, la mantención y reparación (M&R) junto con el depresante cobre concentran el 81% de los costos del subproceso. En la flotación de minerales, el depresante es un reactivo que actúa de manera opuesta al activador y contrarresta la acción del colector que hace hidrofílica la superficie del mineral.



Fig. 15: OPEX Sub Proceso Espesamiento de Relaves



Fuente: Elaboración Cochilco en base a muestra de proyectos analizada

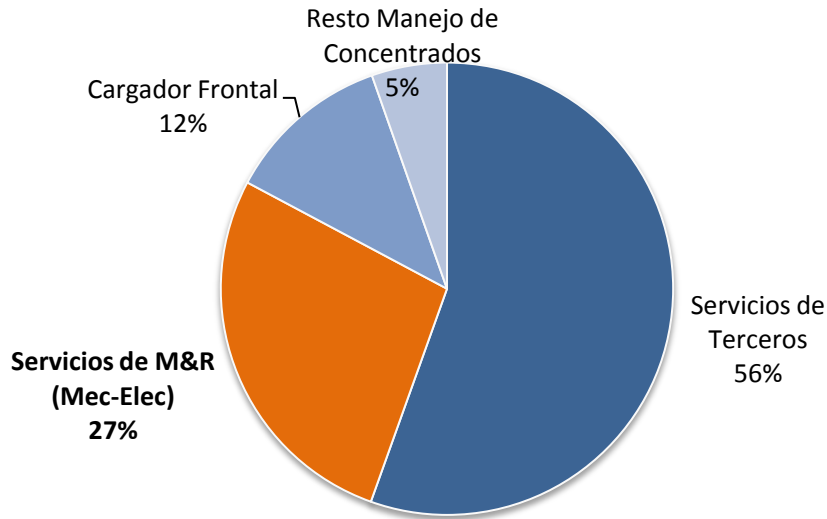
Nota: CEE=Consumo Energía Eléctrica

El espesamiento de relaves permite recuperar una parte del agua utilizada en las operaciones de molienda y flotación. Su impacto en los costos de la concentradora es menor, con una participación de aproximadamente 3%. Si bien la energía eléctrica y la mantención concentran la mayor parte de los costos del subproceso, se seleccionó a los floculantes para analizar su criticidad, debido a que se trata de un insumo con alta demanda en el subproceso relaves.

Los floculantes son polímeros orgánicos solubles en agua que se usan solos o en combinación con coagulantes inorgánicos, como sales de aluminio o de hierro, con el objeto de aglutinar los sólidos pequeños presentes en la pulpa de relaves y formar partículas grandes y densas de flóculo que sedimentan rápidamente.



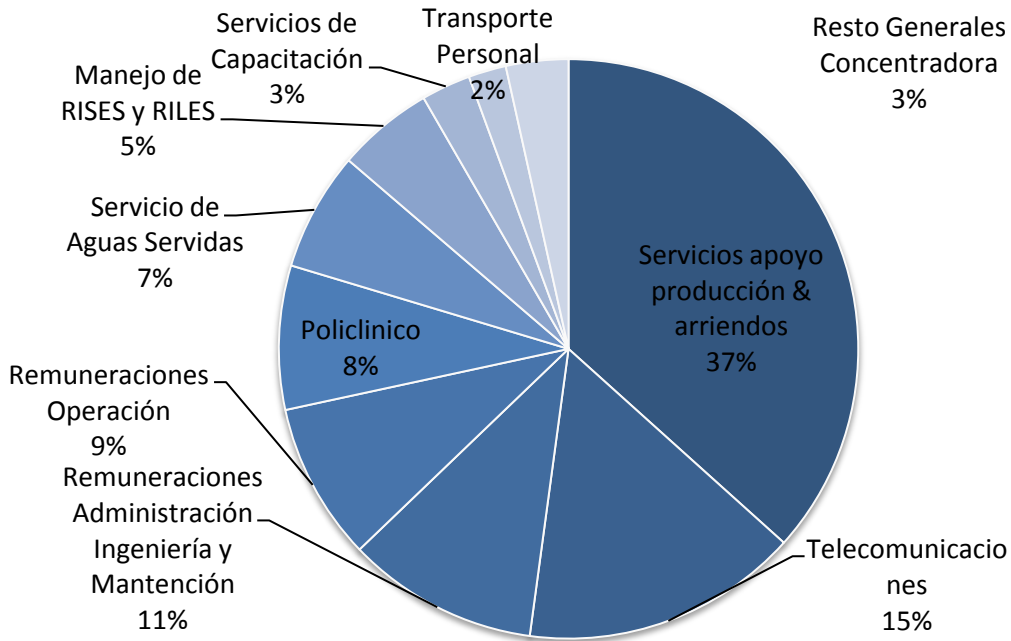
Fig. 16: OPEX Sub Proceso Manejo de Concentrados



Fuente: Elaboración Cochilco en base a muestra de proyectos analizada

El manejo de concentrados es poco relevante dentro de los costos de la planta concentradora y sólo representa el 1% de los costos. Para efectos de análisis sólo se considerará como insumo los servicios de mantención y reparación (M&R).

Fig. 17: OPEX Sub Proceso Generales Concentradora



Fuente: Elaboración Cochilco en base a muestra de proyectos analizada



No se identificaron insumos relevantes en el subproceso “Generales Concentradora” ya que está compuesto, casi mayoritariamente, por servicios de apoyo a las actividades de la Planta.

Al igual que en los casos anteriores, se destacaron con color anaranjado aquellos insumos (bienes y servicios), que son relevantes dentro de la estructura de costos de operación de cada subproceso y cuya criticidad será analizada en este estudio.

En relación con los consumos de reactivos, estos están asociados con las operaciones de flotación colectiva, flotación selectiva, espesamiento y recuperación de agua. Los principales reactivos a usar y cuya criticidad será analizada son: colector primario (14,9%), espumante (15%), lechada de cal (33,2%) y depresante de cobre (NaSH) (19,9%). En conjunto, representan el 83% del costo por consumo de reactivos.

3.2.4 OPEX Planta Desaladora

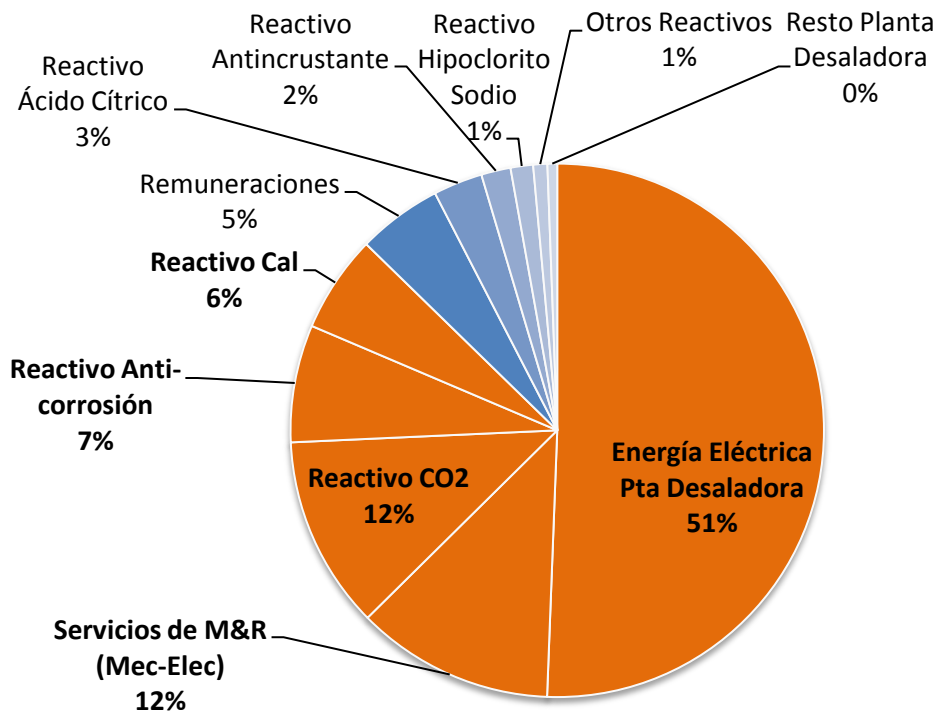
Para la minería, la disponibilidad y gestión adecuada del agua es clave para su sustentabilidad, por lo que se requiere explorar nuevas formas colaborativas para resolver el problema de la escasez hídrica. La actividad minera nacional se desarrolla en condiciones particulares, ya que la mayor parte de los yacimientos están emplazados en la zona norte del país, la cual enfrenta una limitada disponibilidad del recurso hídrico, lo que ha llevado al agua a convertirse en un insumo crítico, estratégico y de alto costo.

La escasez de agua ha empujado al sector minero a seguir aumentando los niveles de eficiencia, a partir de soluciones tecnológicas y a generar nuevos mecanismos para enfrentar los desafíos en cuanto al abastecimiento del recurso hídrico en el norte del país como, por ejemplo, el uso de nuevas fuentes de agua, como el mar. Al respecto, las Plantas Desaladoras son necesarias para satisfacer los requerimientos de agua de los procesos productivos mineros.

Para el análisis OPEX se han separado los costos de la Planta Desaladora y, aparte, las impulsiones y obras marinas.



Fig. 18: OPEX Planta Desaladora



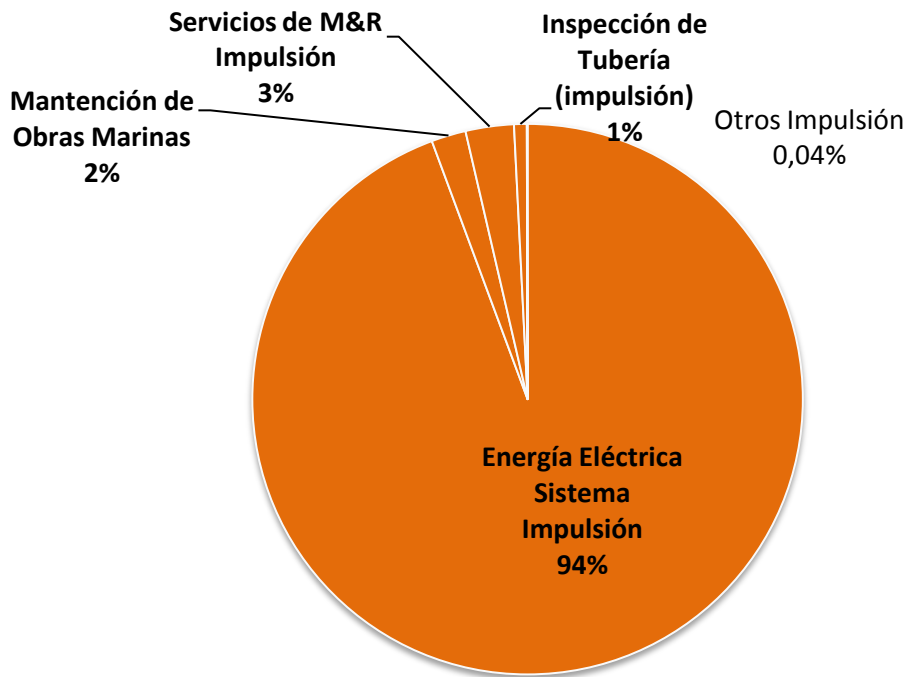
Fuente: Elaboración Cochilco en base a muestra de proyectos analizada

La tecnología de desalación más usada (Osmosis Inversa), es intensiva en energía eléctrica lo que se ve reflejado en los altos costos de dicho ítem (aprox. 50%). El resto de los costos se reparten entre la mantención y reparación (12%) y los reactivos (32%).

Dentro de los reactivos, los más relevantes desde el punto de vista de los costos y cuya criticidad será analiza en este estudio son: reactivo CO2, reactivo anticorrosión y reactivo Cal.



Fig. 19: OPEX Impulsiones y Obras Marinas



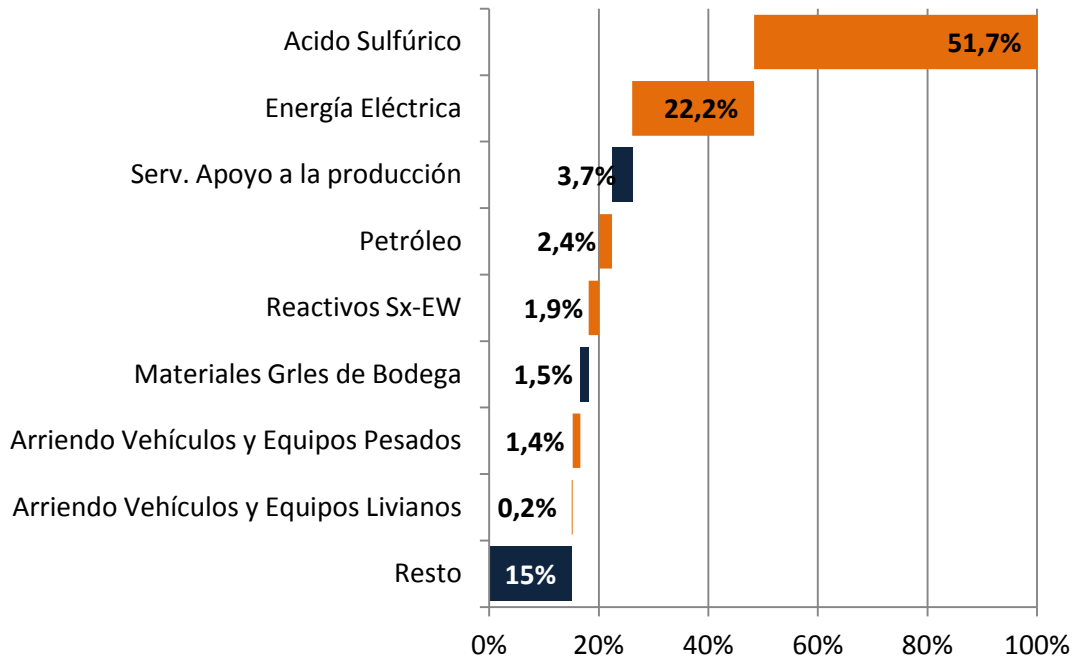
Fuente: Elaboración Cochilco en base a muestra de proyectos analizada

Las impulsiones y obras marinas pertenecen al sub proceso de desalado de agua. Sin embargo, se analizarán por separado debido a que el costo de operación de las impulsiones depende principalmente del consumo de energía eléctrica necesaria para bombear el agua desde la planta desaladora hasta la operación minera (principalmente la planta concentradora). De ahí que los costos de energía eléctrica representen más del 90% de los costos del subprocesos considerado.



3.2.5 OPEX Lix-Sx-Ew

Fig. 20: OPEX Lix-Sx-Ew



Fuente: Elaboración Cochilco en base a muestra de proyectos analizada

La lixiviación (Lix) es un proceso hidrometalúrgico donde se produce la disolución de un elemento desde el mineral que lo contiene, para ser recuperado en etapas posteriores mediante electrólisis. Le sigue la extracción por solvente (Sx), que es el método de separación de una o más sustancias de una mezcla, mediante el uso de solventes. Finalmente la electroobtención (Ew), es un proceso electrometalúrgico que se realiza en celdas electrolíticas, donde se disponen alternadamente un ánodo (placa de plomo o acero inoxidable) y un cátodo (placa de acero inoxidable), dentro de la solución electrolítica previamente concentrada. El proceso se realiza mediante la aplicación de una corriente eléctrica de baja intensidad.

Para el subproceso analizado, el ácido sulfúrico y la energía eléctrica concentran una participación del 74% del OPEX Lix-Sx-Ew. El resto de los ítems presentan una participación marginal.



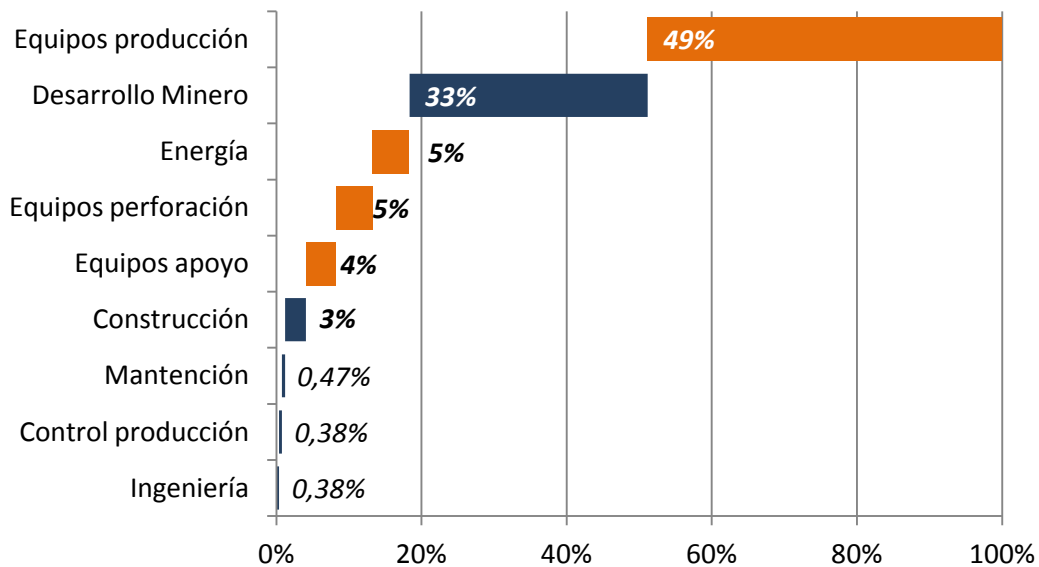
3.3 CAPEX (Identificación de principales insumos)

La información de insumos relevantes fue obtenida de la muestra de proyectos analizada, específicamente de la información contenida en los Work Breakdown Structure (WBS) de las ingenierías.

3.3.1 CAPEX Mina Cielo Abierto

Los principales componentes del CAPEX de una mina a cielo abierto se concentran en los equipos de producción (camiones y palas) y en el desarrollo minero.

Fig. 21: CAPEX Mina Cielo Abierto



Fuente: Elaboración Cochilco en base a muestra de proyectos analizada

Las “obras de desarrollo” de una mina a cielo abierto no fueron incluidas en el análisis de este estudio, debido a que se trata principalmente de movimientos de material hasta la etapa de tronadura y porque, además, no se contó con información detallada que permitiera identificar insumos relevantes.

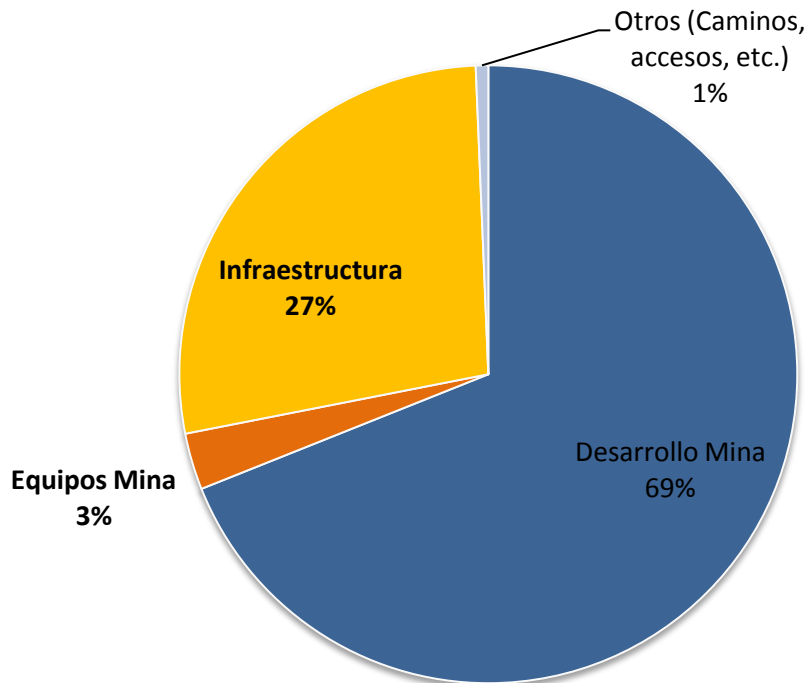


3.3.2 CAPEX Mina Subterránea

Según la fuente consultada, el 69% del CAPEX está constituido por el Programa de Construcción de Desarrollos (accesos, fracturamientos, perforaciones, socavamientos, desquiches, etc.). Se entiende por obras de desarrollo a las labores mineras encaminadas a crear los accesos y vías internas dentro del depósito con el fin de preparar la extracción y el transporte del mismo. Dichas obras consideran el uso intensivo de hormigón proyectado (shotcrete), el cual cobra relevancia en la estructura de costos. Sin embargo, el cálculo de los costos de desarrollo, al que se tuvo acceso, utiliza factores de cálculo que impiden dimensionar el uso de hormigón, por lo que no fue incluido dentro del análisis de este estudio.

Por lo tanto, el análisis se concentra en los insumos de los ítems Infraestructura y Equipos Mina, que concentran el 30% del CAPEX de la Mina Subterránea.

Fig. 22: Desglose CAPEX Mina Subterránea

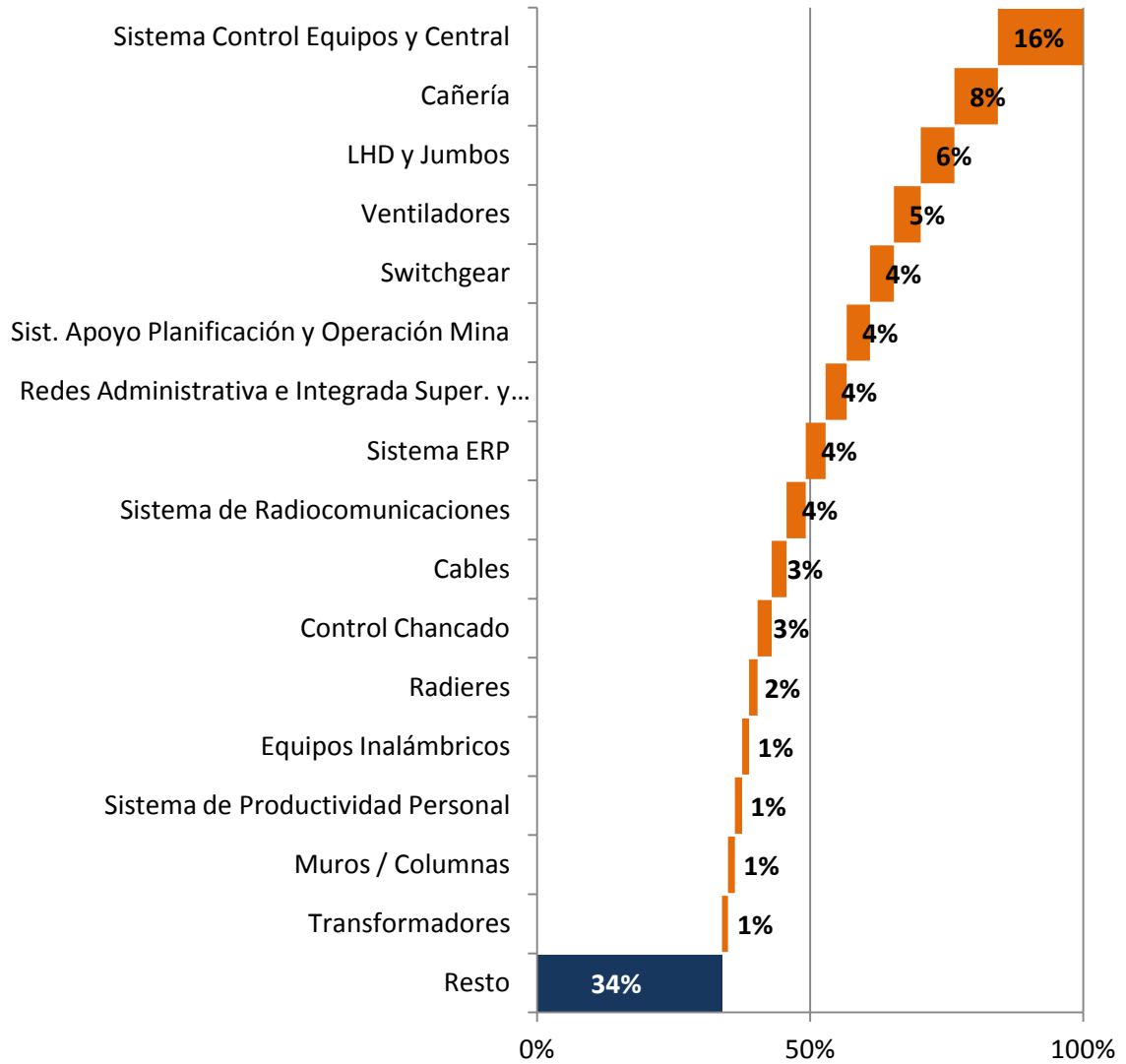


Fuente: Elaboración Cochilco en base a muestra de proyectos analizada

Dentro Infraestructura y Equipos Mina, los insumos con mayor participación en el CAPEX son los que se presentan a continuación en color anaranjado:



Fig. 23: Principales Insumos CAPEX Infraestructura y Equipos Mina (Mina Subterránea)



Fuente: Elaboración Cochilco en base a muestra de proyectos analizada

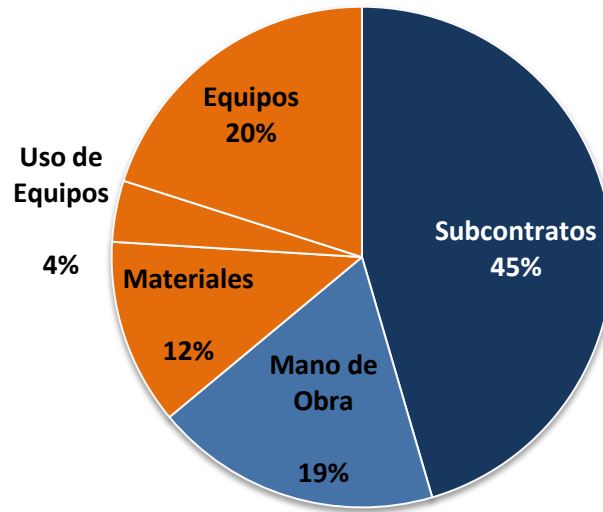
Del análisis se desprende que los sistemas de control, apoyo, radiocomunicaciones y equipos inalámbricos concentran una parte importante de las inversiones de los subprocesos Infraestructura y Equipos Mina, con una participación de aprox. 35% en los costos. Le siguen en importancia los LHD y Jumbos (6,2%), las cañerías (8,0%), Ventiladores (4,9%) y Switchgear (4,34%).



3.3.3 CAPEX Concentradora

En base al proyecto analizado, el desglose del CAPEX de la Concentradora por disciplina es el siguiente:

Fig. 24: Desglose CAPEX Concentradora por disciplina

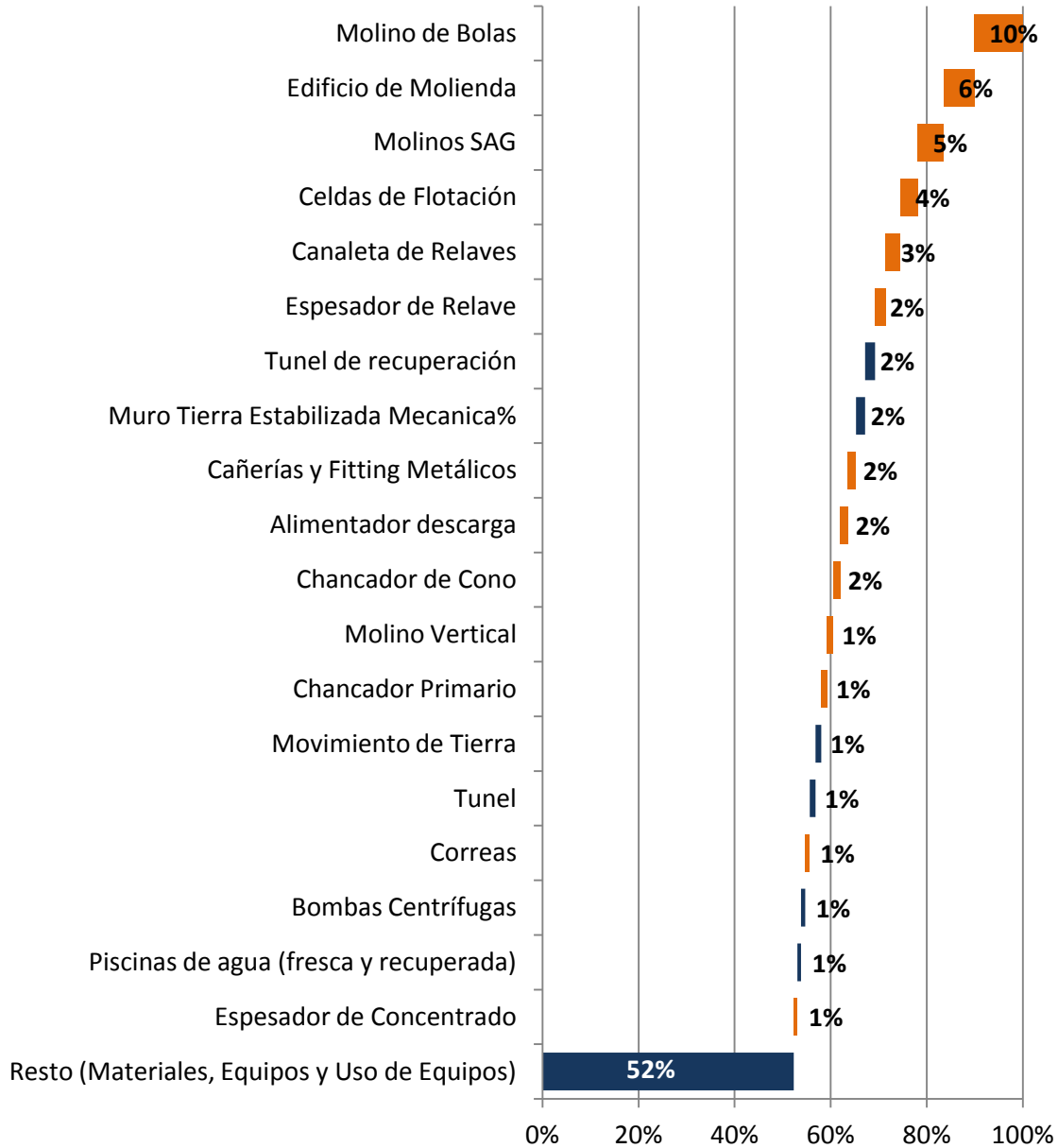


Fuente: Elaboración Cochilco en base a muestra de proyectos analizada

El desglose considera los requerimientos de cada disciplina para obtener los productos requeridos. Por tal razón, el análisis se centrará fundamentalmente en los activos necesarios para que pueda operar la planta concentradora, es decir, Equipos, Uso de Equipos y Materiales:



Fig. 25: Principales Insumos CAPEX Concentradora



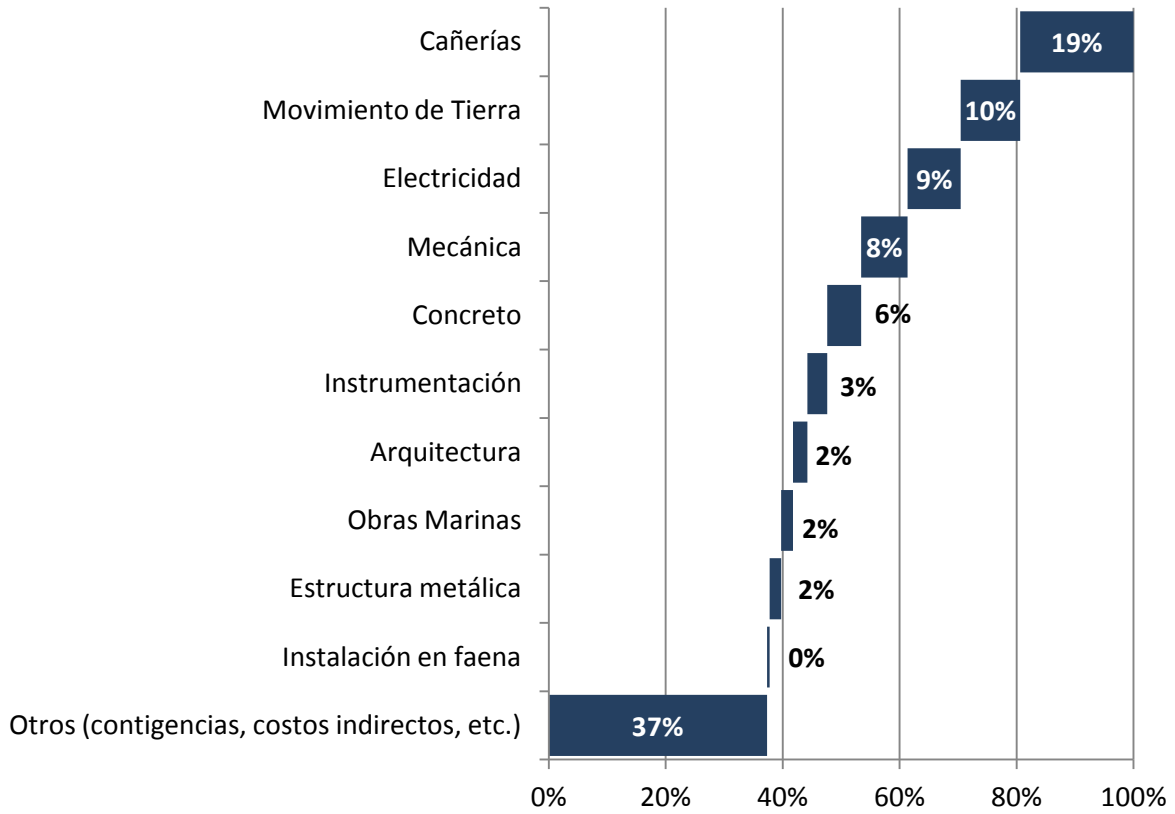
Fuente: Elaboración Cochilco en base a muestra de proyectos analizada

La suma de las participaciones de los ítems de chancado y molienda, totalizan el 26% de los costos del CAPEX de la planta concentradora (sin incluir subcontratos y mano de obra). También presentan una participación relevante las celdas de flotación y los equipos y obras asociados a los relaves.



3.3.4 CAPEX Planta Desaladora

Fig. 26: Desglose Áreas CAPEX Planta Desaladora

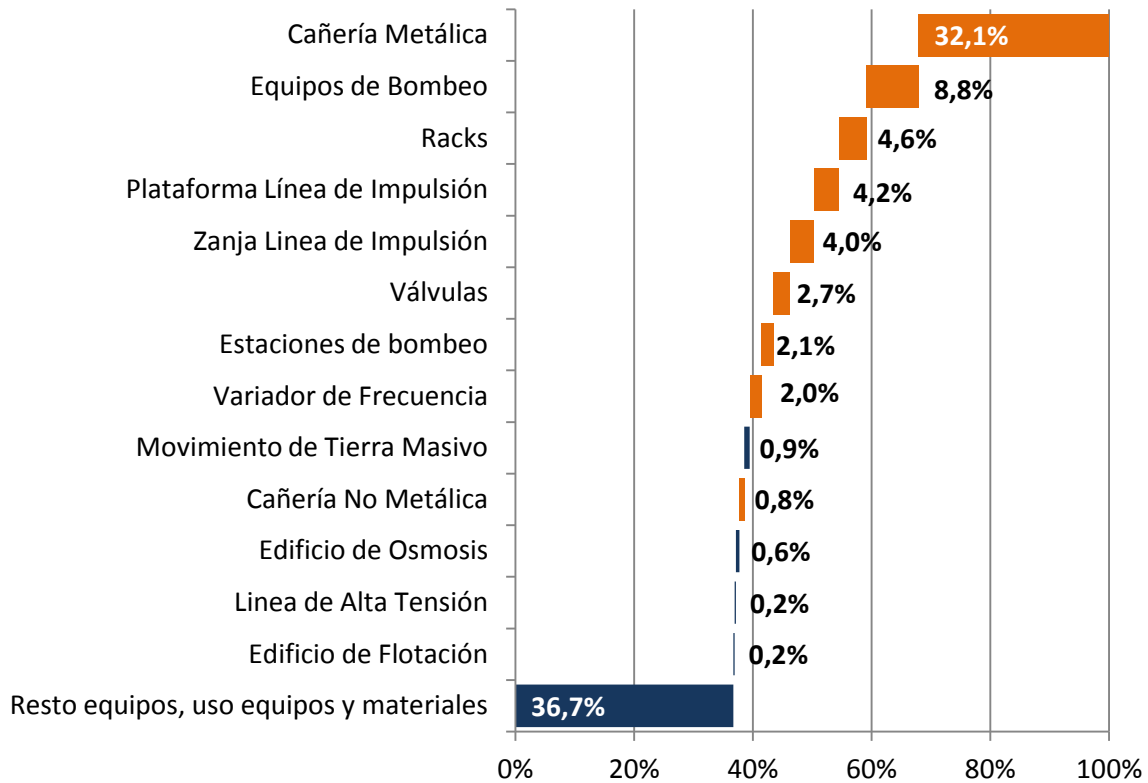


Fuente: Elaboración Cochilco en base a muestra de proyectos analizada

Cada una de las partidas del quiebre que se muestra en la figura anterior considera equipos, uso de equipos y materiales, que en conjunto representan el 32% del total del CAPEX de la Planta Desaladora. Dentro de dichos ítems los insumos que tienen la mayor participación en los costos se muestran en la siguiente figura:



Fig. 27: Principales Insumos CAPEX Planta Desaladora



Fuente: Elaboración Cochilco en base a muestra de proyectos analizada

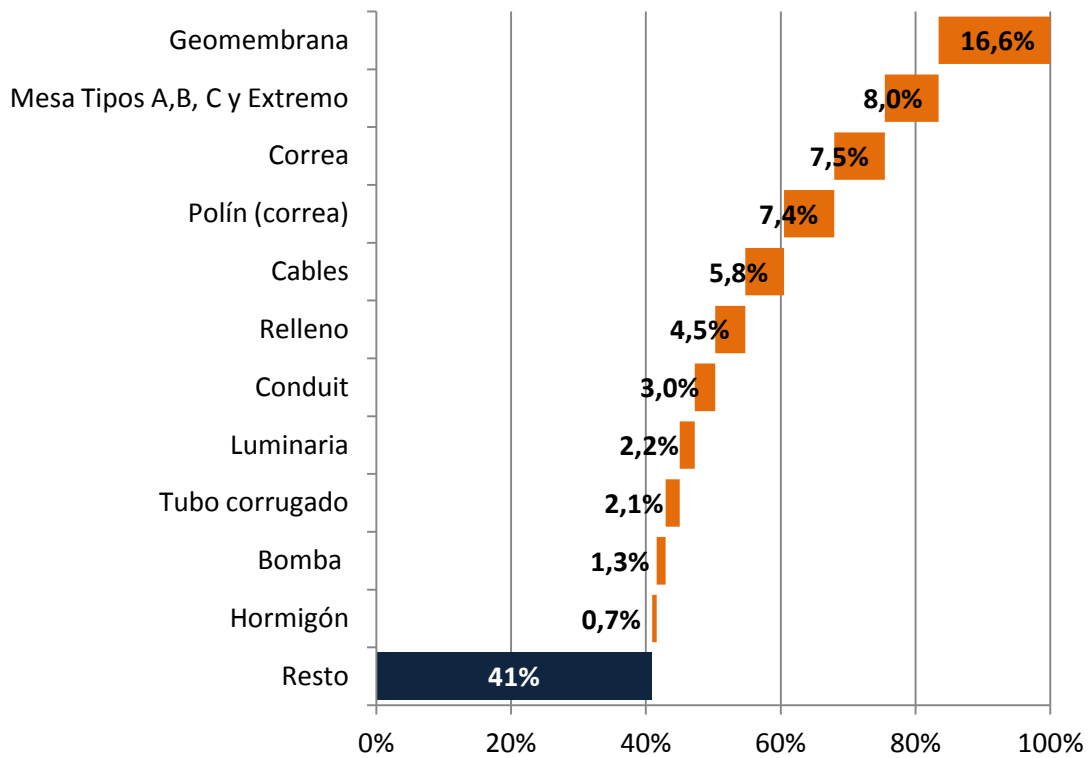
Las obras asociadas a la adquisición e instalación de las conducciones que transportan el agua desalada, desde la planta desaladora hasta la operación minera, concentran la mayor parte de las inversiones del proceso. Las cañerías metálicas, la plataforma y zanja de la línea de impulsión concentran el 40,3% del CAPEX (sólo incluye equipos, uso de equipos y materiales). Le siguen los equipos de bombeo que totalizan casi el 11% del CAPEX (equipos y estación de bombeo).

3.3.5 CAPEX Lixiviación

A diferencia del OPEX, el análisis del CAPEX considera el análisis de insumos relevantes hasta la etapa de lixiviación. Los insumos identificados como relevantes dentro de la estructura de costos son los siguientes:



Fig. 28: Desglose CAPEX Lixiviación



Fuente: Elaboración Cochilco en base a muestra de proyectos analizada

Para cumplir con el proceso de lixiviación, sobre el suelo de fundación y bajo el material drenante se instalan geomembranas, las cuales generan una barrera impermeable entre el depósito y el suelo de fundación. Éstas tienen como objetivo evitar que la solución ácida infiltre en el subsuelo, logrando no contaminar las napas subterráneas, no disolver las sales presentes en los suelos salinos (existentes en la zona en la cual se emplazan principalmente estos depósitos en Chile), y no perder solución ácida enriquecida con minerales. Las membranas concentran el 16,6% de los costos de CAPEX de lixiviación.



3.4 Determinación de la severidad del riesgo

Una vez identificados aquellos insumos que podrían adquirir la categoría de críticos por su relevancia dentro de la estructura de costos OPEX y CAPEX, se diseñó y aplicó una encuesta entre un grupo de empresas de la Gran Minería del Cobre. Específicamente, se solicitó evaluar la probabilidad de ocurrencia y el impacto de dos gatilladores del riesgo de desabastecimiento para aquellos insumos identificados como relevantes en la estructura de costos del OPEX y CAPEX (por proceso).

El modelo de encuesta que se aplicó se exhibe en el Anexo 1.

Una limitante para el análisis se relaciona con que ninguna de las empresas encuestadas evaluó la severidad del riesgo de los insumos que forman parte del CAPEX de la mina subterránea. Por tal razón, no fue posible evaluar el nivel de criticidad de aquellos insumos que se espera sean relevantes dentro de los próximos años, entendiéndose que muchas de las operaciones a cielo abierto pasarían a una etapa de explotación subterránea.

Los resultados de la aplicación de la encuesta fueron los siguientes:

3.4.1 Riesgo de Alza de Precio del Insumo

Tal como se indica en la propuesta metodológica, el riesgo de alza de precio del insumo es originado por variaciones en el tipo de cambio, escasez del insumo u otro factor que gatille el alza en su precio.

Por tratarse de insumos necesarios para la operación o concreción de un proyecto minero y que además no tienen sustitutos, puede parecer extraño que un aumento excesivo en el precio de estos derive en la no adquisición del bien o servicio. Sin embargo, se debe tener en consideración que el alto valor de estos insumos dentro de la estructura de costos de los procesos, trae como consecuencia que la materialización del riesgo termina por impactar en la rentabilidad de la operación /proyecto.

La severidad del riesgo asociado a aumentos de precios para cada insumo analizado, corresponde a un promedio ponderado de las respuestas de cada empresa minera multiplicada por su participación en la producción de cobre comercializable durante el año 2013. Las empresas que



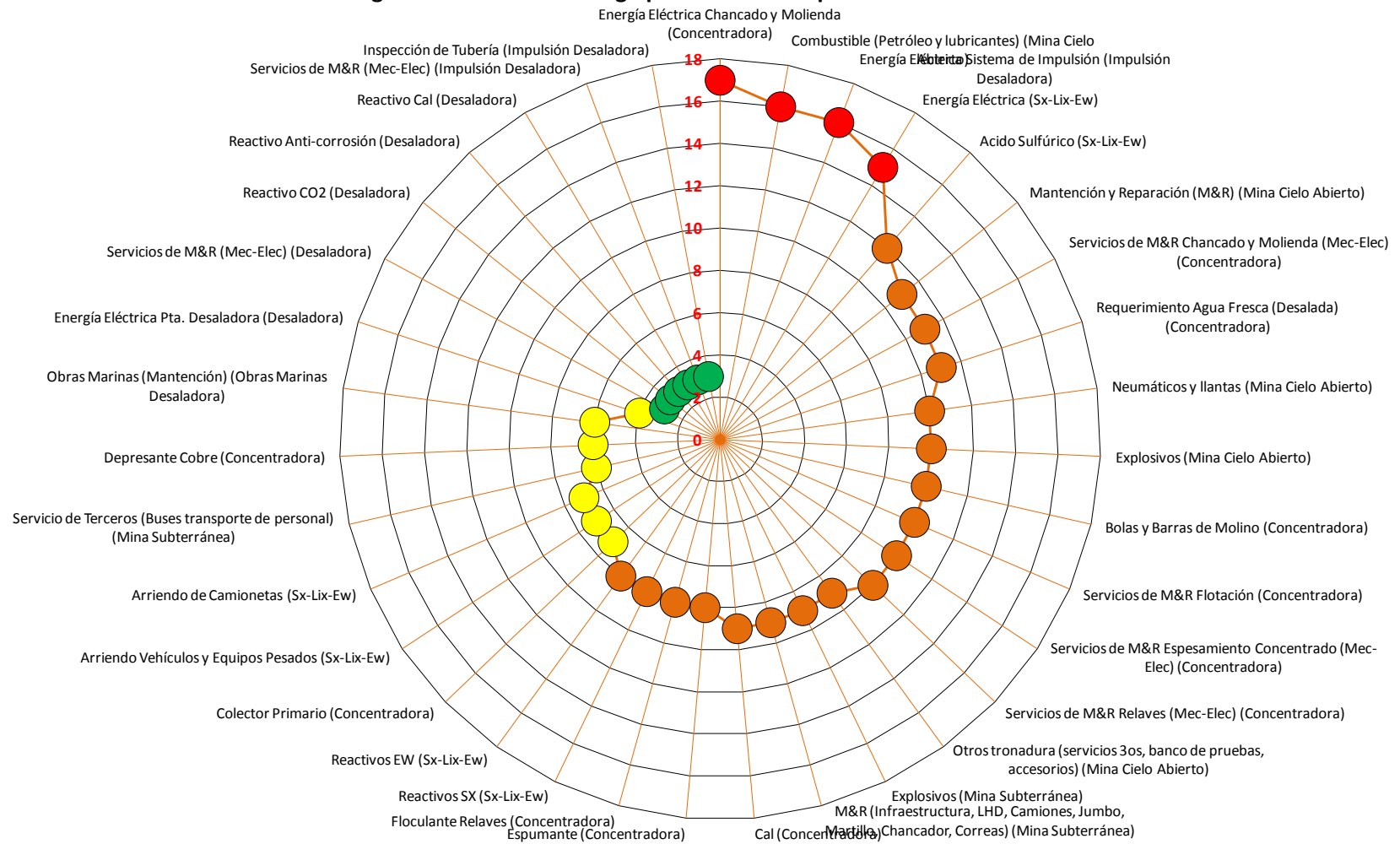
contestaron la encuesta¹ son responsables de aprox. el 68% de la producción de cobre comercializable de Chile, lo que en cierta forma valida la representatividad de los resultados obtenidos.

Las severidades del riesgo por aumento de precios exhibido por cada uno de los insumos y que impactan en el OPEX y CAPEX, son las siguientes:

¹ Codelco (Corporativo), Collahuasi, El Abra, Lomas Bayas, Anglo American (Norte y Sur) y Antofagasta Minerals y Caserones.



Fig. 29: Severidad del riesgo por aumento de precios Insumos OPEX



Fuente: Cochilco



Para el caso del OPEX se observa lo siguiente:

Con color rojo se han marcado aquellos insumos que exhiben un riesgo extremo en cuanto a aumento del precio y que podría repercutir en el abastecimiento. Estos son:

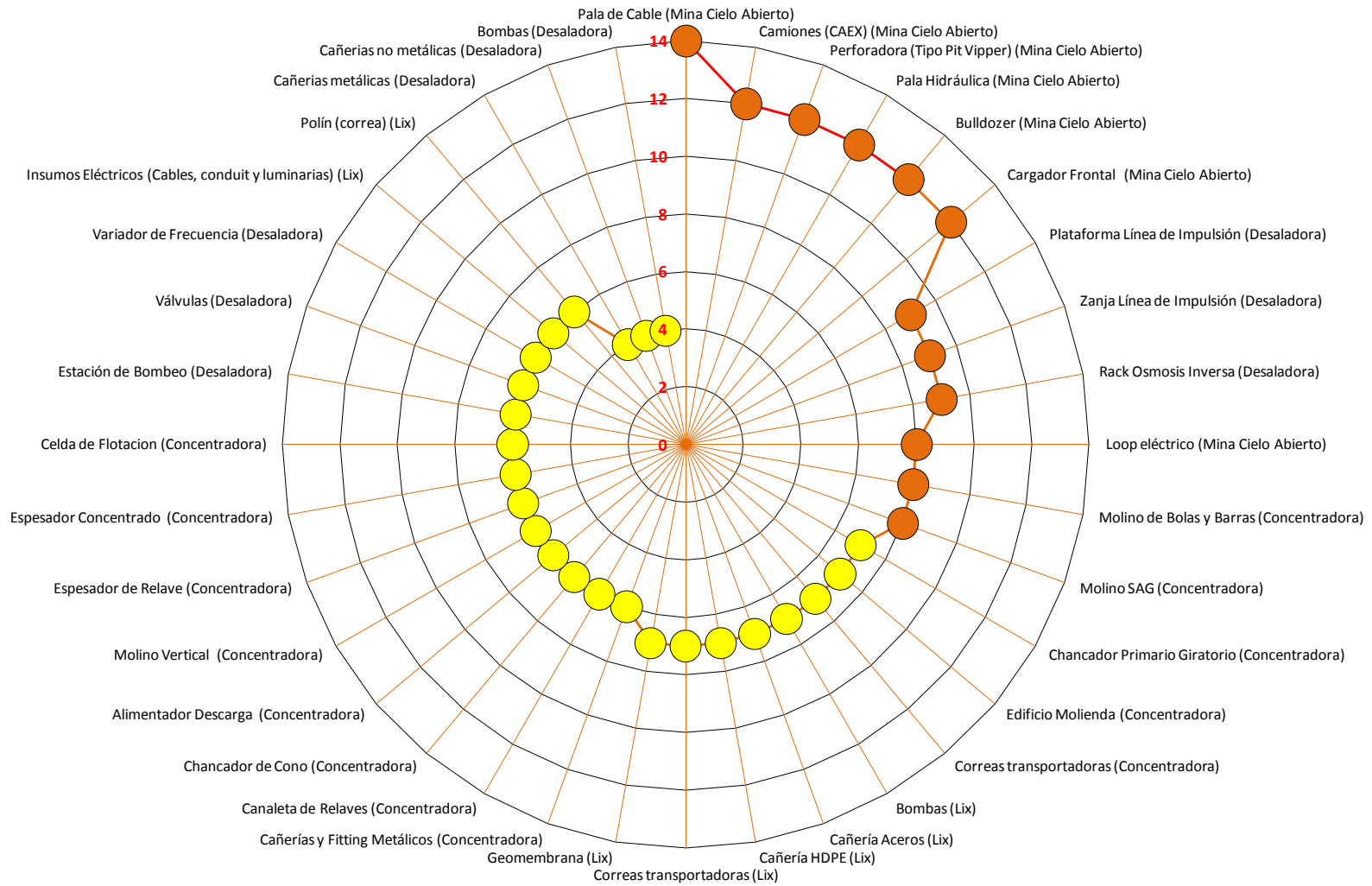
- Energía eléctrica en los procesos de: Chancado y Molienda en la Planta Concentradora, Lix-Sx-Ew y Sistema de impulsión de la Planta de Desaladora.
- Combustible en mina a cielo abierto.

Una gran parte los insumos (color anaranjado), presentan una severidad del riesgo por aumento de precios calificada como “alta”. Dentro de dicha categorización, el ácido sulfúrico, los servicios de mantención y reparación (M&R) en la Planta Concentradora y Mina a Cielo Abierto y los requerimientos de agua (desalada), están en límite de exhibir un nivel severidad “extremo”.

En general, los insumos percibidos con una bajo nivel de severidad (color verde), están en su mayoría asociados los procesos de la planta desaladora (reactivos, mantención y reparación, inspección de la impulsión y energía eléctrica de la planta desaladora (excluye la impulsión de aguas desalada)).



Fig. 30: Severidad del riesgo por aumento de precios Insumos CAPEX



Fuente: Cochilco



Para el caso del CAPEX se observa lo siguiente:

No hay insumos con un nivel de severidad “extremo”. Sin embargo, las Palas de Cables en minas a Cielo Abierto son percibidas con una severidad del riesgo que está en el límite de alcanzar el nivel “extremo” (en cuanto a aumentos de precios).

Aproximadamente el 50% de los insumos encuestados presenta un nivel de severidad del riesgo “alto” (color anaranjado). Dentro de dicha categoría llama la atención que todos los equipos de producción de la Mina a Cielo Abierto presentan una severidad alta dentro de su nivel. Le siguen los equipos de molienda (Molinos SAG, Barras y Bolas) y las zanjas y plataformas de las líneas de impulsión de la Planta Desaladora.

3.4.2 Riesgo de retraso en la entrega del insumo

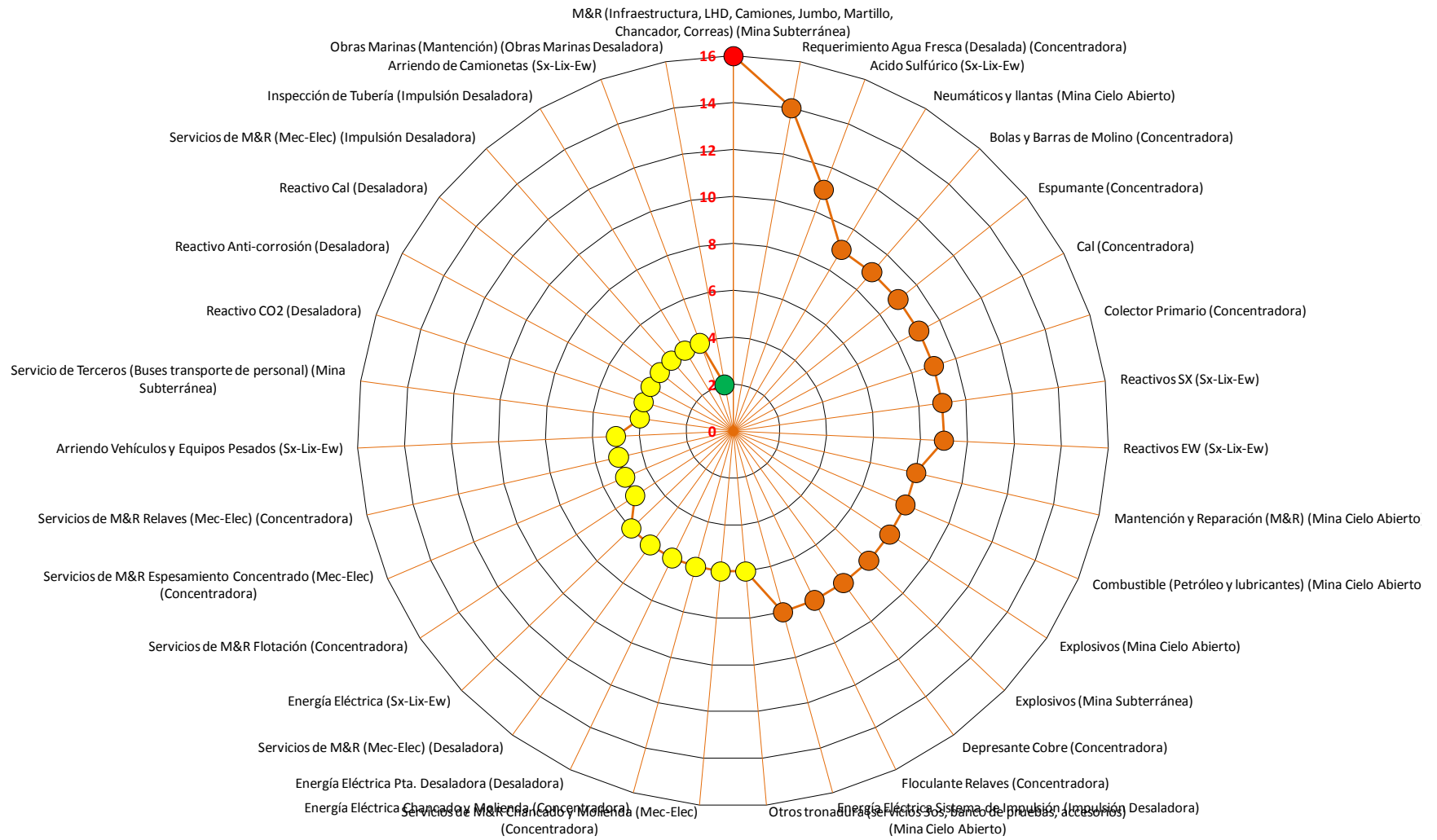
Los altos tiempos de espera para la entrega de un insumo (bien o servicio) adquieren relevancia en periodos de altos precios de los commodities, ya que existe un incentivo para que ingresen nuevos productores y se materialicen nuevos proyectos de inversión. La mayor actividad pone presión sobre las empresas proveedoras de bienes y servicios mineros, en el sentido que ven sobrepasada su capacidad instalada y generan retrasos en la entrega de los insumos.

Actualmente la actividad minera atraviesa por un periodo de bajos precios de los metales producto de la desaceleración de la actividad económica mundial. Dicha situación repercute en las empresas proveedoras de insumos mineros, ya que su capacidad instalada no está sobre exigida y es esperable que disminuyan las demoras por entrega de insumos. Esta situación se ve reflejada en las evaluaciones hechas por la empresas mineras, ya que las severidades exhibidas son menores que las asociadas a los aumentos de precios.

Las severidades del riesgo exhibidas por cada uno de los insumos que forman parte de OPEX y CAPEX, fueron las siguientes:



Fig. 31: Severidad del riesgo por retrasos en la entrega de los insumos OPEX



Fuente: Cochilco



Para el caso del OPEX se observa:

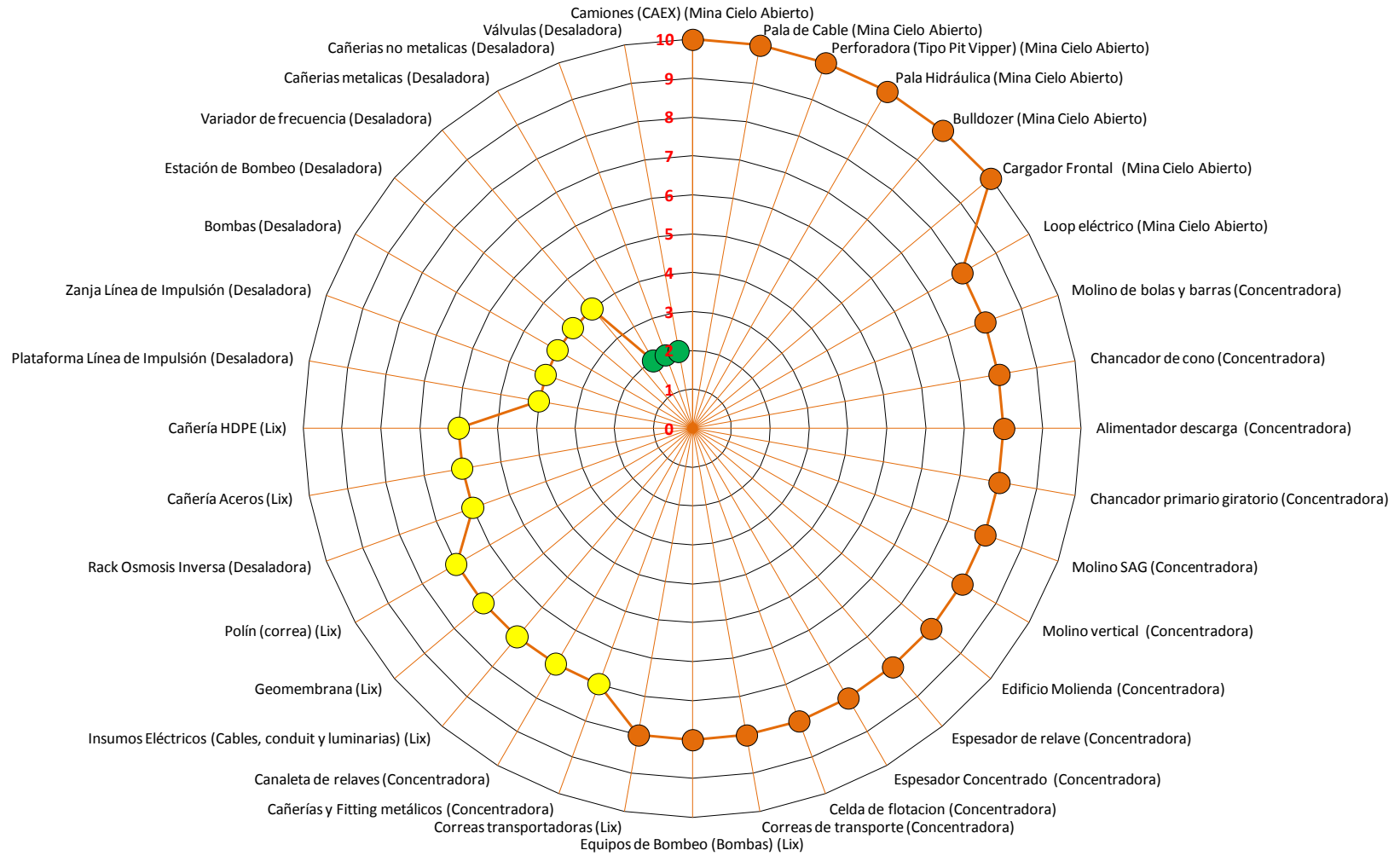
La oportunidad de las Mantenciones y Reparaciones (M&R) en la Mina Subterránea fue evaluada con un nivel de severidad del riesgo “extremo” (color rojo). De igual forma, la disponibilidad de Agua para el proceso de Concentración es percibida con una severidad “alta” pero que se acerca al nivel “extremo”.

El Ácido Sulfúrico para el proceso de lixiviación, es otro insumo que presenta un riesgo catalogado como “alto”, pero que se escapa del promedio exhibido por el resto de los insumos que presentan la misma severidad.

Varios insumos son percibidos con un nivel de riesgo moderado (color amarillo), es decir, no se visualizan mayores problemas para contar con ellos de manera oportuna.



Fig. 32: Severidad del riesgo por retrasos en la entrega de los insumos CAPEX



Fuente: Cochilco



Para el caso del CAPEX se observa:

Dentro del grupo de insumos que fue catalogado con un nivel de severidad del riesgo “alta”, destacan los equipos para mina a cielo abierto que exhiben un nivel de riesgo mayor que el resto de su grupo, pero que en ningún caso se acerca a un nivel extremo.

Tal como se señaló anteriormente, las empresas encuestadas no evaluaron la severidad del riesgo de los insumos que forman parte del CAPEX de la mina subterránea, lo que impide tener una evaluación de una actividad se espera sea relevante en los próximos años.

3.5 Identificación de Insumos críticos

Una vez que se han evaluado los drivers que impactan sobre el riesgo de abastecimiento de los principales insumos mineros, se está en condiciones de aplicar la última etapa de la metodología que identifica los insumos críticos.

Sin embargo, antes de identificar los insumos críticos, es necesario unificar la evaluación respecto del riesgo de abastecimiento, ya que para cada insumo se tienen dos mediciones de la severidad del riesgo de desabastecimiento (por un lado, los originados por el aumento en el precio del insumo y, por otro, el originado por las demoras en la entrega (lead time)).

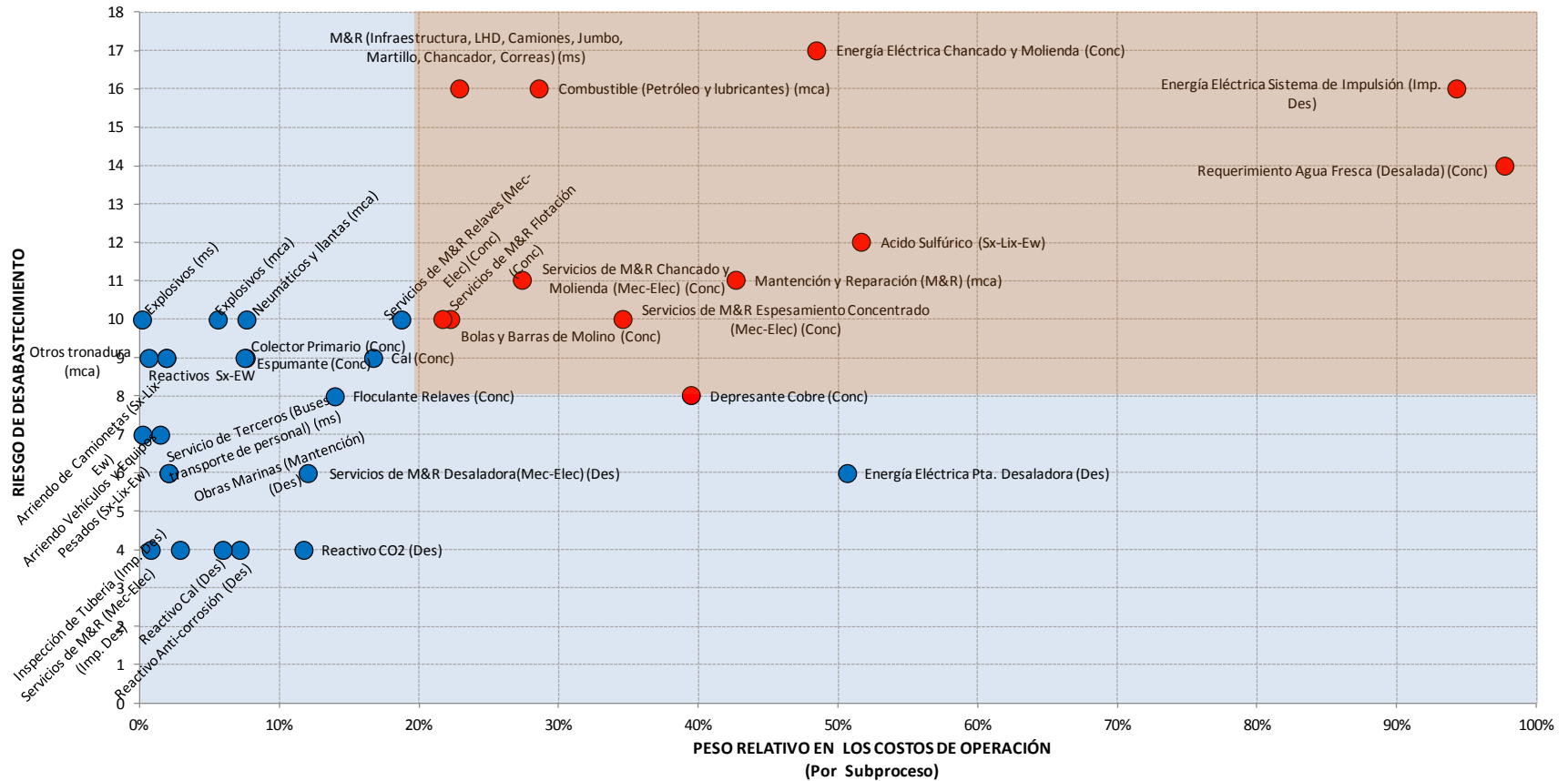
Desde el punto de vista de análisis de riesgo, interesa trabajar con el escenario más desfavorable, es decir, aquel en que el riesgo alcanza su mayor severidad. Por lo tanto, para cada insumo se asumirá que el riesgo de abastecimiento que mejor lo representa es el mayor valor entre la severidad por aumento de precios y la severidad por retrasos en la entrega.

Una vez hecho el ajuste, se está en condiciones de identificar los insumos críticos. Dichos insumos son los que presentan un alto peso relativo dentro de los costos (OPEX /CAPEX) y un alto riesgo de desabastecimiento.

Los insumos críticos para la minería del cobre se muestran a continuación y corresponden aquellos que se encuentran dentro del área de color rojo.



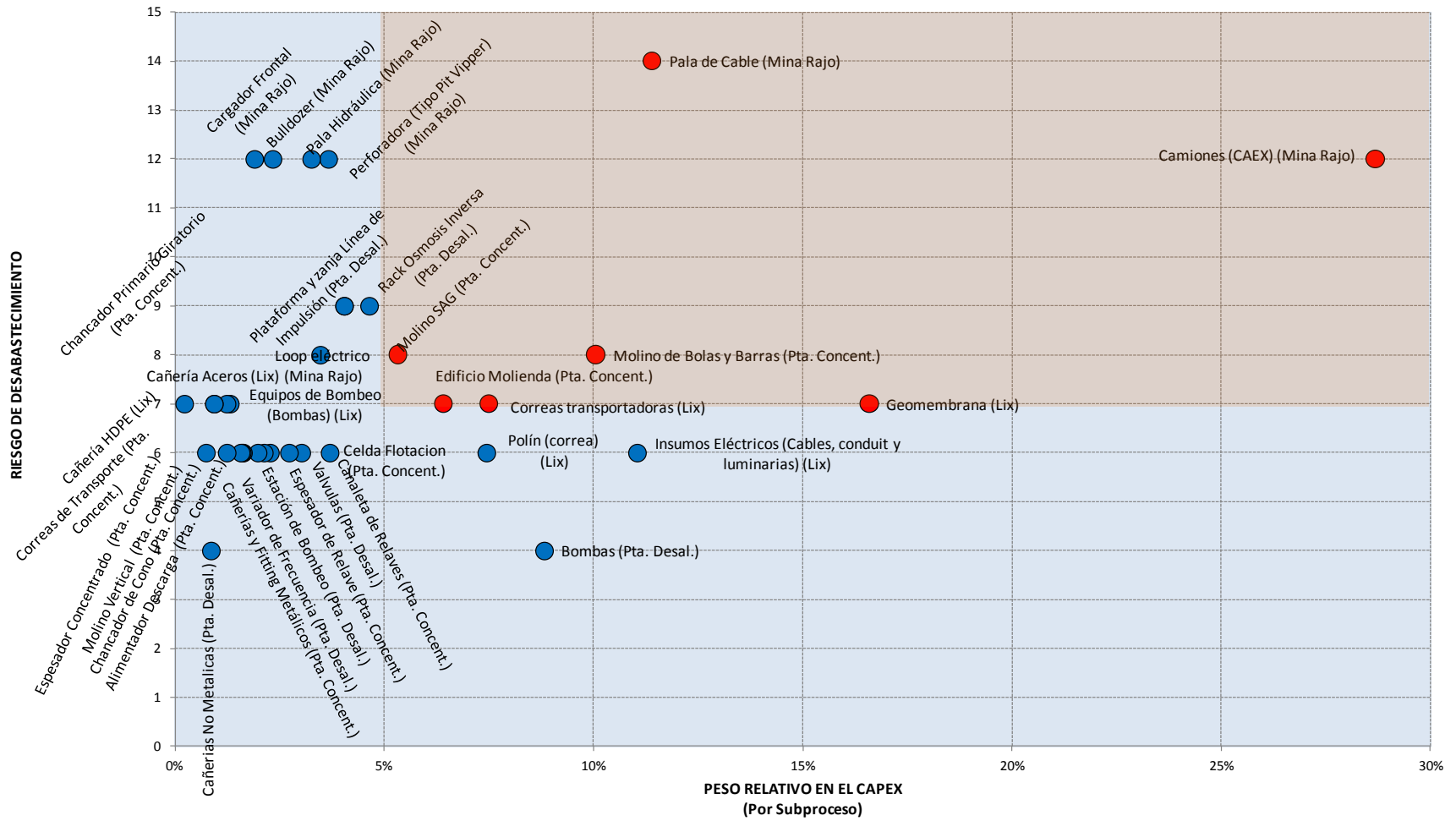
Fig. 33: Insumos Críticos OPEX



Fuente: Cochilco



Fig. 34: Insumos Críticos CAPEX



Fuente: Cochilco



Los criterios utilizados para establecer los límites del área que definen a un insumo crítico y que se deben cumplir en forma simultánea son:

- a. Presentar un nivel del riesgo de abastecimiento igual o superior a 8 (para OPEX) y 7 (para CAPEX), es decir, severidades percibidas como “altas” y “extremas”.
- b. Presentar una participación (%) dentro de los costos del proceso/subproceso igual o superior a 20% y 5% para OPEX y CAPEX, respectivamente.

Adicionalmente, se observa que existe una segunda línea de insumos que son percibidos con un alto riesgo de abastecimiento, pero con una relevancia menor desde el punto de vista de los costos. Por dicha razón han sido catalogados como “Insumos críticos de segunda línea”. Para el caso de los insumos OPEX se han seleccionado los insumos con una participación en los costos del subproceso mayor al 10% y para el CAPEX aquellos sobre el 3%.

En resumen y de acuerdo con lo anterior, la clasificación de los insumos analizados según su nivel de criticidad es la siguiente:

Tabla 6: Categorización de la criticidad de los Insumos OPEX

Insumo	Clasificación
Energía Eléctrica Chancado y Molienda (Concentradora)	Crítico
Energía Eléctrica Sistema de Impulsión (Imp. Desaladora)	Crítico
Combustible (Petróleo y lubricantes) (Mina cielo abierto)	Crítico
M&R (Infraestructura, LHD, Camiones, Jumbo, Martillo, Chancador, Correas) (Mina Subterránea)	Crítico
Requerimiento Agua Fresca (Desalada) (Concentradora)	Crítico
Acido Sulfúrico (Sx-Lix-Ew)	Crítico
Mantenimiento y Reparación (M&R) (Mina cielo abierto))	Crítico
Servicios de M&R Chancado y Molienda (Mec-Elec) (Concentradora)	Crítico
Servicios de M&R Espesamiento Concentrado (Mec-Elec) (Concentradora)	Crítico
Bolas y Barras de Molino (Concentradora)	Crítico
Servicios de M&R Flotación (Concentradora)	Crítico
Depresante Cobre (Concentradora)	Crítico
Servicios de M&R Relaves (Mec-Elec) (Concentradora)	Crítico Segundo Orden
Cal (Concentradora)	Crítico Segundo Orden



Insumo	Clasificación
Floculante Relaves (Concentradora)	Crítico Segundo Orden
Neumáticos y llantas (Mina cielo abierto)	No Crítico
Explosivos (Mina cielo abierto)	No Crítico
Explosivos (Mina Subterránea)	No Crítico
Espumante (Concentradora)	No Crítico
Colector Primario (Concentradora)	No Crítico
Reactivos SX (Sx-Lix-Ew)	No Crítico
Reactivos EW (Sx-Lix-Ew)	No Crítico
Otros tronadura (servicios 3os, banco de pruebas, accesorios) (Mina cielo abierto)	No Crítico
Arriendo Vehículos y Equipos Pesados (Sx-Lix-Ew)	No Crítico
Arriendo de Camionetas (Sx-Lix-Ew)	No Crítico
Energía Eléctrica Pta. Desaladora (Desaladora)	No Crítico
Servicios de M&R Desaladora (Mec-Elec) (Desaladora)	No Crítico
Obras Marinas (Mantenimiento) (Desaladora)	No Crítico
Servicio de Terceros (Buses transporte de personal) (Mina Subterránea)	No Crítico
Reactivo CO2 (Desaladora)	No Crítico
Reactivo Anti-corrosión (Desaladora)	No Crítico
Reactivo Cal (Desaladora)	No Crítico
Servicios de M&R (Mec-Elec) (Imp. Desaladora)	No Crítico
Inspección de Tubería (Imp. Desaladora)	No Crítico

Tabla 7: Categorización de la criticidad de los Insumos CAPEX

Insumo	Clasificación
Pala de Cable (Mina Rajo)	Crítico
Camiones (CAEX) (Mina Rajo)	Crítico
Molino de Bolas y Barras (Pta. Concentradora)	Crítico
Molino SAG (Pta. Concentradora)	Crítico
Geomembrana (Lix)	Crítico
Correas transportadoras (Lix)	Crítico
Edificio Molienda (Pta. Concentradora)	Crítico
Perforadora (Tipo Pit Vipper) (Mina Rajo)	Crítico Segundo Orden

Insumo	Clasificación
Pala Hidráulica (Mina Rajo)	Crítico Segundo Orden
Rack Osmosis Inversa (Pta. Desaladora)	Crítico Segundo Orden
Plataforma Línea de Impulsión (Pta. Desaladora)	Crítico Segundo Orden
Zanja Línea de Impulsión (Pta. Desaladora.)	Crítico Segundo Orden
Loop eléctrico (Mina Rajo)	Crítico Segundo Orden
Bulldozer (Mina Rajo)	No crítico
Cargador Frontal (Mina Rajo)	No crítico
Equipos de Bombeo (Bombas) (Lix)	No crítico
Chancador Primario Giratorio (Pta. Concentradora)	No crítico
Cañería Aceros (Lix)	No crítico
Correas de Transporte (Pta. Concentradora)	No crítico
Cañería HDPE (Lix)	No crítico
Insumos Eléctricos (Cables, conduit y luminarias) (Lix)	No crítico
Polín (correa) (Lix)	No crítico
Celda de Flotación (Pta. Concentradora)	No crítico
Canaleta de Relaves (Pta. Concentradora)	No crítico
Válvulas (Pta. Desaladora)	No crítico
Espesador de Relave Alta Capacidad (Pta. Concentradora)	No crítico
Estación de Bombeo (Pta. Desal.)	No crítico
Variador de Frecuencia (Pta. Desaladora)	No crítico
Cañerías y Fitting Metálicos (Pta. Concentradora)	No crítico
Alimentador Descarga (Pta. Concentradora)	No crítico
Chancador de Cono (Pta. Concentradora)	No crítico
Molino Vertical (Pta. Concentradora)	No crítico
Espesador Concentrado (Pta. Concentradora)	No crítico
Cañerías Metálicas (Pta. Desaladora)	No crítico
Bombas (Pta. Desaladora)	No crítico
Cañerías No Metálicas (Pta. Desaladora)	No crítico

3.6 Recomendaciones para aplicación de la metodología y seguimiento

3.6.1 Aplicación de la metodología

La periodicidad del seguimiento depende, entre otros, del acceso a la información necesaria para efectuar los análisis.

- Tal como se describió en la propuesta metodológica, para el análisis de costos de los insumos se requiere trabajar con las bases de cálculo de las ingenieras de proyectos cuyo alcance considere construir una operación completa, en las etapas de explotación (cielo abierto y subterránea), planta concentradora, lixiviación, extracción por solvente y electro obtención. Por la naturaleza de los mismos, no es fácil acceder a proyectos que se enmarquen dentro de dicha tipología.

- La medición del riesgo de abastecimiento se hizo en base una encuesta dirigida a los responsables de adquisiciones de las principales empresas de la Gran Minería del Cobre. Dicho ejercicio tuvo por objeto captar las percepciones de riesgo de aquellas personas con mayor conocimiento del negocio de abastecimiento minero. Salvo casos puntuales, es poco probable que la percepción que se tenga sobre el riesgo de abastecimiento de la mayor parte de los insumos cambie de un año a otro. Dicha percepción puede que este influenciada en mayor medida por el periodo del ciclo económico que atraviesa el negocio minero.

Por lo antes expuesto, es recomendable que la medición de la criticidad de los insumos se realice cada 3 años.

3.6.2 Seguimiento de los insumos

La línea de trabajo a seguir exige hacer seguimiento de los insumos críticos para la minería, con el objeto de identificar, conocer y monitorear las principales determinantes de sus mercados. Esto apoya la función de monitoreo de la Dirección de Estudios y Políticas Públicas de aquellos aspectos relevantes que podrían colocar en una situación de vulnerabilidad ciertas operaciones y proyectos mineros, en términos de los insumos que demandan.

Cochilco le hace seguimiento permanente a algunos insumos críticos, como la energía eléctrica y el agua. Al respecto se espera profundizar aún más en los aspectos relacionados con el precio. Por otro lado, también ha elaborado estudios que han indagado en el mercado de otros insumos como la mano de obra, combustibles y el cianuro.

Sin embargo, la aplicación de la metodología deja en evidencia que existen otros insumos que presentan un alto nivel de criticidad y a los que se les debe hacer seguimiento. Se propone



organizar el estudio de los insumos críticos en la siguientes líneas de trabajo: Reactivos Químicos, Servicios y Repuestos e Insumos relevantes para el CAPEX. Es decir:

Tabla 8: Agrupación de Insumos Críticos por líneas de trabajo

Línea de trabajo	Insumos Críticos
Reactivos Químicos	Ácido sulfúrico, cal, depresante cobre, floculante relaves
Servicios y Repuestos	Energía Eléctrica, Combustible, Agua Mano de Obra (*) Servicios de mantención y/o reparación (M&R) Bolas / barras de molienda
Insumos relevantes para el CAPEX	Pala de Cable, Camiones (CAEX), Molino de Bolas y Barras, Molino SAG, Geomembrana, Correas transportadoras, Edificio Molienda, Perforadora (Tipo Pit Vipper), Pala Hidráulica, Rack Osmosis Inversa, Plataforma, Zanja y Línea de Impulsión (Pta. Desaladora), Loop eléctrico (Mina Rajo) Hormigón (*)

(*) Nota: Dichos insumos no están incluidos en la aplicación metodológica pero existe consenso que presentan un alto nivel de criticidad.

La elección de los nuevos insumos que serán incorporados al seguimiento permanente que hace Cochilco debe tomar en consideración la disponibilidad de información.



4 Conclusiones

- a) La metodología propuesta identifica de manera razonable la mayoría de los insumos percibidos como críticos y toma en consideración el momento (periodo) del análisis. Sin embargo, esta metodología no identifica los insumos estratégicos ya que dicha categorización no forma parte del alcance de este estudio.
- b) La información aportada por los estudios a nivel prefactibilidad y factibilidad, que se sustentan en ingenierías conceptuales y básicas, constituyen una buena fuente de información para identificar insumos con alta relevancia en los costos OPEX y CAPEX.
- c) Las empresas mineras que respondieron la encuesta para evaluar la severidad del riesgo de abastecimiento de los principales insumos mineros (bienes y servicios), son responsables de aprox. el 68% de la producción de cobre comercializable de Chile. Dicha representatividad, en cierta forma valida los resultados obtenidos.
- d) Existen insumos sobre los cuales hay coincidencia sobre su criticidad, pero no fueron analizados con la presente metodología por falta de información. Entre esos insumos se encuentran:
 - **Mano de Obra:** Mucho se ha discutido acerca de la falta de especialistas (principalmente técnicos) en la Gran Minería del Cobre. Al respecto, al analizar el ítem remuneraciones se observa que presenta una alta participación dentro de la estructura de costos del OPEX, pero sólo está referido a las dotaciones propias (se excluyen los terceros). Por tal razón, no es posible concluir respecto de la criticidad de la mano de obra con la presente metodología. Sin embargo, como existe consenso respecto de la criticidad y, por su alto impacto en los costos, se podría catalogar directamente como crítico.
 - **Hormigón:** El hormigón es un insumo de alta demanda, especialmente en los proyectos de inversión mineros. Esta demanda se acentúa en la minería subterránea donde dicho insumo se ocupa para el fortalecimiento de las galerías de transporte (shotcrete). La información a la cual se tuvo acceso (ingenierías) para análisis, no permitió visualizar el porcentaje del costo de desarrollo minero atribuido al consumo de hormigón. Por lo antes expuesto, la metodología no se pronunció respecto a la criticidad de dicho insumo.
- e) La metodología identificó como insumos críticos para el OPEX:

- _ Energía Eléctrica Chancado y Molienda (Concentradora)
- _ Energía Eléctrica Sistema de Impulsión (Imp. Desaladora)
- _ Combustible (Petróleo y lubricantes) (Mina a Cielo Abierto)
- _ M&R (Infraestructura, LHD, Camiones, Jumbo, Martillo, Chancador, Correas) (Mina Subterránea)
- _ Requerimiento Agua Fresca (Desalada) (Concentradora)
- _ Acido Sulfúrico (Sx-Lix-Ew)
- _ Mantenimiento y Reparación (M&R) (Mina a Cielo Abierto)
- _ Servicios de M&R Chancado y Molienda (Mec-Elec) (Concentradora)
- _ Servicios de M&R Espesamiento Concentrado (Mec-Elec) (Concentradora)
- _ Bolas y Barras de Molino (Concentradora)
- _ Servicios de M&R Flotación (Concentradora)
- _ Depresante Cobre (Concentradora)

La metodología identificó como insumos críticos para el CAPEX:

- _ Pala de Cable (Mina Rajo)
- _ Camiones (CAEX) (Mina Rajo)
- _ Molino de Bolas y Barras (Pta. Concentradora)
- _ Molino SAG (Pta. Concentradora)
- _ Geomembrana (Lix)
- _ Correas transportadoras (Lix)
- _ Edificio Molienda (Pta. Concentradora)

Adicionalmente se identificó un segundo grupo de insumos (CAPEX y OPEX), que son percibidos con alto riesgo de abastecimiento, pero con baja participación en los costos. Estos insumos fueron categorizados como insumo críticos de segunda línea.

- f) Ninguna de las empresas mineras entregó una evaluación de la criticidad de los insumos del CAPEX de proyectos de Mina Subterránea. Tomando en consideración que muchas operaciones mineras cambiarán su método de explotación de mina a cielo abierto a subterránea, una nueva aplicación de la metodología debiera abordar dicho proceso.



- g) En relación con la recurrencia en la aplicación de la metodología, se recomienda una periodicidad de 3 años.

- h) La línea de trabajo a seguir exige hacer el seguimiento de aquellos insumos identificados como críticos para la minería, con el objeto de identificar, conocer y monitorear las principales determinantes de sus mercados. Al respecto, desde hace un tiempo, Cochilco ya le hace seguimiento permanente a los insumos críticos de alto impacto en la minería como son la energía eléctrica y el agua.

Sin embargo, la aplicación de la metodología deja en evidencia que existen otros insumos que presentan un alto nivel de criticidad y a los que se les debe hacer seguimiento. Se propone organizar el estudio de los insumos críticos en la siguientes líneas de trabajo: Reactivos Químicos, Servicios y Repuestos e Insumos relevantes para el CAPEX. La elección de los nuevos insumos que serán incorporados al seguimiento permanente que hace Cochilco debe tomar en consideración la disponibilidad de información.



5 Bibliografía

Ad hoc Working Group on defining critical raw materials. (2014). *Report on critical raw materials for the EU*. European Commission.

Chopra, S., & Sodhi, M. (2004). Managing risk to avoid supply-chain breakdown. *MITSloan Management Review*, 53-61.

Consejo de Auditoría Interna General de Gobierno. (2014). *Guía Técnica N° 59: Mantención y mejoramiento de las actividades asociadas al proceso de Gestión de Riesgos en el Estado*. Santiago.

Ernst & Young Global Limited. (2014). *Riesgos de minería y metales 2014-2015*. EYGM Limited.

Krishnan, M., Parente, E., & Shulman, J. (2007). *Comprendiendo los riesgos de la cadena de suministros en América Latina*. McKinsey & Company.

Tercero Espinoza, L. A., Buijs, B., & Sievers, H. (2012). *Limits to the critical raw materials approach*. United Kingdom: Institution of Civil Engineers (ICE).



6 Anexos

Anexo 1: Modelo de encuesta aplicada para medir riesgo de abastecimiento



ENCUESTA RIESGO DE ABASTECIMIENTO

EVALUACIÓN OPEX

(Si un proceso no aplica en su faena/proyecto o existe un insumo que no utiliza, deje en blanco su respuesta)

N°	INSUMO (Producto / Servicio)	RIESGO 1: ALZAS EN EL PRECIO DEL INSUMO		RIESGO 2: ELEVADOS TIEMPOS DE ENTREGA (LEAD TIMES)	
		Probabilidad de Ocurrencia	Impacto en el Negocio	Probabilidad de Ocurrencia	Impacto en el Negocio
OPEX MINA CIELO ABIERTO					
1	Mantenimiento y Reparación (M&R)				
2	Combustible (Petróleo y lubricantes)				
3	Neumáticos y llantas				
4	Explosivos				
5	Otros tronadura (servicios 3os, banco de pruebas, accesorios)				
OPEX MINA SUBTERRANEA					
1	Energía Eléctrica				
2	Explosivos				
3	Petróleo y lubricantes				
4	M&R (Infraestructura, LHD, Camiones, Jumbo, Martillo, Chancador, Correas)				
5	Servicio de Terceros (Buses transporte de personal)				
OPEX CONCENTRADORA					
1	Servicios de M&R Chancado y Molienda (Mec-Elec)				
2	Energía Eléctrica Chancado y Molienda				
3	Bolas y Barras de Molino				
4	Servicios de M&R Flotación				
5	Espumante				
6	Cal				
7	Colector Primario				
8	Depresante Cobre				
9	Servicios de M&R Espesamiento Concentrado (Mec-Elec)				
10	Servicios de M&R Relaves (Mec-Elec)				
11	Floculante Relaves				
12	Requerimiento Agua Fresca (Desalada)				
OPEX DESALADORA					
1	Energía Eléctrica Pta. Desaladora				
2	Servicios de M&R (Mec-Elec)				
3	Reactivo CO2				
4	Reactivo Anti-corrosión				
5	Reactivo Cal				
OPEX IMPULSIÓN DESALADORA					
1	Energía Eléctrica Sistema de Impulsión				
2	Servicios de M&R (Mec-Elec)				
3	Inspección de Tubería				
OPEX OBRAS MARINAS DESALADORA					
1	Obras Marinas (Mantenimiento)				
OPEX SX-LIX-EW					
1	Acido Sulfúrico				
2	Energía Eléctrica				
3	Reactivos SX				
4	Reactivos EW				
5	Arriendo Vehículos y Equipos Pesados				
6	Arriendo de Camionetas				

EVALUACIÓN CAPEX

(Si un proceso no aplica en su faena/proyecto o existe un insumo que no utiliza, deje en blanco su respuesta)

N°	INSUMO (Producto / Servicio)	RIESGO 1: ALZAS EN EL PRECIO DEL INSUMO		RIESGO 2: ELEVADOS TIEMPOS DE ENTREGA (LEAD TIMES)	
		Probabilidad de Ocurrencia	Impacto en el Negocio	Probabilidad de Ocurrencia	Impacto en el Negocio
CAPEX MINA CIELO ABIERTO					
1	Camiones (CAEX)				
2	Pala de Cable				
3	Perforadora (Tipo Pit Vipper)				
4	Pala Hidráulica				
5	Bulldozer				
6	Cargador Frontal				
7	Loop eléctrico				
CAPEX MINA SUBTERRÁNEA (infraestructura y equipos)					
1	LHD y Jumbos				
2	Cañerías				
3	Transformadores				
4	Ventiladores				
5	Switchgear				
6	Cables				
7	Radiers				
8	Muros / Columnas				
9	Sistema de Radiocomunicaciones /Equipos inalámbricos				
10	Sistemas de Control (LHD, camiones, martillos, control central, ERP, chancado)				
CAPEX CONCENTRADORA					
1	CAÑERÍAS Y FITTING METÁLICOS				
2	CANALETA DE RELAVES				
3	MOLINO DE BOLAS Y BARRAS				
4	CHANCADOR DE CONO				
5	ALIMENTADOR DESCARGA				
6	CHANCADOR PRIMARIO GIRATORIO				
7	MOLINO SAG				
8	MOLINO VERTICAL				
9	EDIFICIO MOLIENDA				
10	ESPESADOR DE RELAVE ALTA CAPACIDAD				
11	ESPESADOR CONCENTRADO				
12	CELDA DE FLOTACION				
13	CORREAS DE TRANSPORTE				
CAPEX DESALADORA					
1	CAÑERÍAS METÁLICAS				
2	CAÑERÍAS NO METÁLICAS				
3	PLATAFORMA LÍNEA DE IMPULSIÓN				
4	ZANJA LÍNEA DE IMPULSIÓN				
5	Bombas				
6	ESTACIÓN DE BOMBEO				
7	VALVULAS				
8	RACK OSMOSIS INVERSA				
9	VARIADOR DE FRECUENCIA				
CAPEX LIX					
1	Equipos de Bombeo (Bombas)				
2	Insumos Eléctricos (Cables, conduit y luminarias)				
3	Cañería Aceros				
4	Cañería HDPE				
5	Correas transportadoras				
6	Geomembrana				
7	Polín (correa)				



Este trabajo fue elaborado en la
Dirección de Estudios y Políticas Públicas por

Ronald Monsalve
Analista Mercado Minero

Jorge Cantallopis
Director de Estudios y Políticas Públicas (PyT)

Diciembre / 2014

