



Metodología para la identificación de insumos críticos para el desarrollo de la minería en Chile. Actualización 2023

DEPP 07/2023

Resumen Ejecutivo

El objetivo de este trabajo fue actualizar la metodología desarrollada en 2014 para identificar insumos críticos en la minería del cobre y dimensionar el riesgo de desabastecimiento de un grupo de insumos con alto potencial de impacto en la operación minera.

Los insumos críticos son aquellos esenciales para el funcionamiento normal de una empresa y cuya interrupción puede tener un impacto económico significativo. Los factores que determinan la criticidad de los insumos en la minería son la disponibilidad, costo, tiempo de entrega y alternativas de suministro. Se distingue entre insumos críticos y estratégicos; estos últimos con un enfoque a largo plazo.

La metodología se aplicó en un grupo de empresas de gran y mediana minería del cobre. Se seleccionaron proyectos mineros con información de costos desagregada en opex (gastos operativos) y capex (gastos de capital), lo cual es crucial para evaluar la importancia de los insumos en la estructura de costos. La muestra de proyectos incluye minas subterráneas, minas a cielo abierto, plantas concentradoras, plantas desaladoras y procesos de lixiviación con extracción por solvente y electroobtención.

La primera parte de la metodología consistió en identificar los insumos con alta participación en los costos operativos y de capital de los proyectos mineros. En la segunda parte, basándose en los resultados de una encuesta aplicada a un conjunto de empresas mineras, se dimensionó el impacto y la probabilidad de desabastecimiento de dichos insumos, para luego determinar el nivel del riesgo como indicador de criticidad. Los riesgos de desabastecimiento evaluados fueron la falta de disponibilidad del insumo en el mercado, escasas alternativas de suministro y mayores tiempos de entrega.

Según el análisis, de los 24 insumos operativos analizados, siete presentan un nivel de riesgo "extremo" y son considerados críticos. Estos incluyen combustibles (petróleo y lubricantes), explosivos, neumáticos y llantas, repuestos para chancado y molienda, reactivos químicos y ácido sulfúrico. Por otro lado, de los 32 insumos de capital analizados, doce se consideran críticos, como camiones (CAEX), palas (hidráulicas y/o cables), LHD, jumbos, sistemas de ventilación, chancadores, molinos, celdas de flotación, correas transportadoras, espesadores, baterías de hidrociclones y rack de osmosis inversa.

En general, la mediana minería muestra mayores riesgos en la adquisición de insumos en comparación con la gran minería, especialmente en los procesos operacionales. Sin embargo, esta situación cambia al analizar los insumos para proyectos de inversión, ya que tanto la gran minería como la mediana minería presentan niveles similares de riesgo de abastecimiento.

En la práctica, se observa que cuando surge el riesgo de escasez, las empresas mineras suelen buscar alternativas con otros proveedores o implementar medidas de contingencia para mitigar los efectos. No obstante, estas acciones



pueden generar aumentos en los costos operativos o de inversión, dependiendo de la situación.

En resumen, los resultados de este trabajo proporcionan a Cochilco las directrices necesarias para monitorear un conjunto de mercados de insumos que adquieren relevancia en la industria minera.



Executive Summary

This study aimed to update the methodology developed in 2014 to identify critical inputs in copper mining and assess the risk of supply shortage for a group of inputs with high potential impact on the sustainability of a mining operation.

Critical inputs are essential for the normal operation of a company, and their interruption can have a significant impact. The factors determining the criticality of inputs in mining include availability, cost, delivery time, and supply alternatives. A distinction is made between critical and strategic inputs, with the latter having a long-term focus.

The methodology was applied to a group of large and medium-sized copper mining companies. Mining projects with disaggregated cost information in terms of operating expenses (opex) and capital expenses (capex) were selected, as this is crucial for evaluating the importance of inputs in the cost structure. The sample of projects includes underground mines, open-pit mines, concentrator plants, desalination plants, and leaching processes with solvent extraction and electrowinning.

The first part of the methodology involved identifying inputs with a high share of operating and capital costs in mining projects. In the second part, based on the results of a survey conducted among a set of mining companies, the impact and probability of supply shortage for those inputs were assessed, followed by determining the intensity of risk as an indicator of criticality. The evaluated risks of supply shortage included lack of availability in the market, limited supply alternatives, and long delivery times.

According to the analysis, out of the 24 operational inputs analyzed, seven presented an "extreme" level of risk and were considered critical. These include fuels (oil and lubricants), explosives, tires, crushing and grinding spare parts, chemical reagents, and sulfuric acid. Additionally, out of the 32 capital inputs analyzed, twelve were considered critical, such as haul trucks (CAEX), shovels (hydraulic and/or cable), LHD, jumbos, ventilation systems, crushers, mills, flotation cells, conveyor belts, mining thickeners, hydrocyclone batteries, and reverse osmosis racks.

In general, medium-sized mining faces higher risks in input acquisition compared to large-scale mining, especially in operational processes. However, this situation changes when analyzing inputs for investment projects, as both large-scale and medium-sized mining exhibit similar levels of supply risk.

In practice, it is observed that when the risk of scarcity arises, mining companies tend to seek alternatives with other suppliers or implement contingency measures to mitigate the effects. However, these actions can lead to increases in operational or investment costs, depending on the situation.

In summary, the results of this study provide Cochilco with the necessary guidelines to monitor a set of input markets that are of critical relevance to the mining industry.



Contenido

1	Introducción.....	3
1.1	Objetivo y metodología.....	3
1.2	Insumo crítico	3
1.3	Factores que determinan la criticidad de un insumo.....	4
2	Metodología para determinar la criticidad de un insumo.....	6
2.1	Paso 1: Seleccionar una muestra de ingenierías de proyectos mineros.....	7
2.2	Paso 2: Identificar insumos relevantes dentro de la estructura opex / capex.....	8
2.3	Paso 3: Dimensionar los riesgos de abastecimiento de insumos mineros (Encuesta a empresas)	8
2.4	Paso 4: Identificar Insumos críticos.....	10
3	Aplicación de la metodología.....	12
3.1	Macropocesos analizados	12
3.2	Opex (Identificación de principales insumos)	12
3.2.1	Opex mina rajo	13
3.2.2	Opex mina subterránea.....	15
3.2.3	Opex planta concentradora.....	16
3.2.4	Opex planta desaladora.....	24
3.2.5	Opex aglomeración y lixiviación, extracción por solventes y electro obtención ..	26
3.3	Capex (identificación de principales insumos).....	29
3.3.1	Capex mina rajo.....	29
3.3.2	Capex mina subterránea	31
3.3.3	Capex planta concentradora	34
3.3.4	Capex planta desaladora	38
3.3.5	Capex lix-sx-ew.....	40
3.4	Determinación de la intensidad del riesgo.....	43
3.4.1	Intensidad del riesgo de desabastecimiento por factor	48
3.4.2	Intensidad del riesgo en la gran y mediana minería.....	54
3.5	Identificación de Insumos críticos.....	58
4	Comentarios finales	62
5	Bibliografía.....	63
6	Anexos	64

Índice de figuras

Fig. 1:	Aporte de la Minería al PIB nacional 2013-2022.....	6
Fig. 2:	Metodología para identificar insumos críticos.....	7
Fig. 4:	Distribución opex mina rajo por actividad	13
Fig. 5:	Distribución opex mina rajo por insumo.....	14
Fig. 6:	Distribución opex mina subterránea -extracción	15
Fig. 7:	Distribución opex por sub proceso concentradora	16
Fig. 8:	Distribución opex por insumo concentradora	17
Fig. 9:	Distribución opex sub proceso chancado	18
Fig. 10:	Distribución opex sub proceso molienda.....	19
Fig. 11:	Distribución opex sub proceso flotación colectiva.....	20



Fig. 12: Distribución opex sub proceso flotación selectiva	21
Fig. 13: Distribución opex sub proceso espesaje y filtrado de concentrado	22
Fig. 14: Distribución opex sub proceso espesamiento de relevés y planta de agua	22
Fig. 15: Distribución opex sub proceso gastos generales concentradora	23
Fig. 16: Distribución opex obras marinas y planta desaladora	24
Fig. 17: Distribución opex impulsiones	25
Fig. 18: Distribución opex sub procesos aglomeración-lix, sx, ew	26
Fig. 19: Distribución opex aglomeración y lixiviación	26
Fig. 20: Distribución opex extracción por solvente	27
Fig. 21: Distribución opex electroobtención	28
Fig. 22: Distribución capex mina rajo- construcción y montaje (excluye prestripping)	29
Fig. 23: Distribución capex mina rajo - suministros	30
Fig. 24: Distribución capex mina subterránea	31
Fig. 25: Distribución capex mina subterránea- desarrollos mina	32
Fig. 26: Distribución capex mina subterránea- infraestructura	33
Fig. 27: Distribución capex mina subterránea- equipos mina	34
Fig. 28: Distribución capex planta concentradora, por proceso	34
Fig. 29: Distribución capex suministro de chancado y molienda	36
Fig. 30: Distribución capex suministro flotación	37
Fig. 31: Distribución capex suministro tranque de relaves	38
Fig. 32: Distribución capex planta desaladora – construcción y montaje	39
Fig. 33: Distribución capex planta desaladora - equipos	40
Fig. 34: Distribución equipos capex lix-sx-ew	41
Fig. 35: Distribución construcción y montaje capex Lix-Sx-Ew	41
Fig. 36: Intensidad del riesgo en insumos para operación	50
Fig. 37: Intensidad del riesgo en insumos para inversión	52
Fig. 38: Intensidad del riesgo para insumos de operación, gran vs mediana minería	55
Fig. 39: Intensidad del riesgo para insumos de inversión, gran vs mediana minería	57

Índice de tablas

Tabla 1: Categorías de Impacto	9
Tabla 2: Categorías de Probabilidad	9
Tabla 3: Matriz de Intensidad del Riesgo	10
Tabla 4: Intensidad del riesgo de desabastecimiento para insumos de operación	45
Tabla 5: Intensidad del riesgo de desabastecimiento para insumos de inversión	47
Tabla 6: Categorización de la criticidad de los insumos para operación	60
Tabla 7: Categorización de la criticidad de los insumos para inversión	61



1 Introducción

1.1 Objetivo y metodología

La minería en Chile y el mundo se ve enfrentada a una serie de desafíos: algunos nuevos y otros que se mantienen con el paso de los años. Pero uno de los aspectos fundamentales que requiere especial atención es el abastecimiento de insumos, para lo cual es necesario tener identificados aquellos insumos que tienen un alto nivel de criticidad y podrían afectar el desempeño de un proceso u operación.

La criticidad de un producto o servicio se manifiesta cuando su escasez o interrupción en la cadena de suministro genera un impacto significativo en la capacidad de una empresa, específicamente en el caso de la minería, en la producción y entrega de bienes. Es decir, la disponibilidad y continuidad de estos insumos críticos se convierten en factores determinantes para el funcionamiento eficiente de las operaciones mineras.

En el año 2014 Cochilco formuló y aplicó una metodología que identificó un conjunto de insumos críticos en la minería del Cobre. Transcurridos más de nueve años, es imperativo realizar una revisión exhaustiva del panorama actual de los insumos requeridos por el sector. Esta revisión resulta especialmente necesaria debido a las cambiantes condiciones del entorno y de las propias operaciones mineras.

En este contexto dinámico y de constante evolución, es esencial revisar y actualizar la metodología utilizada en el año 2014, para evaluar la criticidad de un conjunto de bienes y servicios que forman parte de los insumos para operación y como bienes de capital en la industria minería del cobre.

1.2 Insumo crítico

Insumo crítico versus estratégico

Al igual que en la versión 2014 de este estudio, previo a cualquier análisis surge la necesidad de hacer la distinción entre insumo crítico y estratégico. Si bien ambas categorías de insumos son importantes para concretar la producción de un bien o servicio de una organización o empresa, las diferencias radican en la temporalidad y la forma como se les utiliza y gestiona.

Un insumo crítico es esencial para el funcionamiento normal de una empresa. Si se produce una interrupción en el suministro de este insumo, puede tener un impacto significativo en la capacidad de la organización para continuar operando (Chopra & Meindl, 2012). Por ejemplo, si en una operación minera hay un solo proveedor de un insumo esencial, la falta de suministro puede interrumpir la producción y afectar su capacidad para cumplir con la planificación anual.

Por otro lado, un insumo estratégico es aquel que es esencial para cumplir con los objetivos de largo plazo de una organización u empresa. Esto podría incluir recursos como tecnología de vanguardia, talento especializado o propiedades intelectuales valiosas. Un insumo estratégico puede no ser esencial para la



operación diaria de una organización, pero es crucial para el desarrollo futuro y la ventaja competitiva. Por ejemplo, en los últimos años ha cobrado relevancia la innovación y la aplicación de diversas herramientas tecnológicas para la optimización y mejora de los procesos productivos en la minería. Se sabe que la minería del futuro será distinta a lo que es en la actualidad y plantea un desafío a las compañías mineras que operan en el país, transformándose en una prioridad estratégica.

Por otro lado, el agua es otro insumo esencial para la operación del negocio minero. Más aún cuando es ampliamente conocido que la gran minería del país opera principalmente en zonas con estrechez hídrica y cuyo uso genera conflictos entre los distintos usuarios. Sin embargo, en este último caso, el agua es un caso especial ya que todo parece indicar que está sufriendo una transformación, pasando de ser insumo estratégico a uno crítico. Lo anterior se fundamenta en el hecho de que la industria minera y en especial la gran minería del cobre, está reemplazando el consumo del agua proveniente de fuentes continentales por el uso de agua de mar (desalada y sin desalar), para el uso principalmente en sus procesos de las plantas concentradoras. Por ejemplo, se espera que a partir del año 2023 entren operación al menos 11 proyectos de plantas desaladoras y uso de agua de mar para minería (no incluye proyectos hipotéticos y multiclientes).

1.3 Factores que determinan la criticidad de un insumo

Son varios los factores que determinan la criticidad de un insumo para la cadena de suministro de un producto. A continuación se distinguen al menos seis (6):

1. **Disponibilidad:** la capacidad de obtener un insumo cuando se necesita es esencial para la cadena de suministro. Si un insumo no está disponible en el momento requerido, puede tener un impacto significativo en la producción y plazos de entrega.
2. **Costo:** Si el insumo es muy costoso, puede ser difícil para una empresa mantener la rentabilidad, si hay interrupciones en la cadena de suministro.
3. **Tiempo de entrega (lead time):** Esto es especialmente relevante en industrias donde el tiempo es un factor importante, como la fabricación. Si el tiempo de entrega se retrasa, puede causar una interrupción en la producción y en la cadena de suministro en general.
4. **Nivel de dependencia:** Si un insumo es esencial para la producción de un producto, entonces su criticidad aumenta.
5. **Alternativas de suministro:** Si hay múltiples proveedores que pueden suministrar un insumo particular, entonces su criticidad disminuye. Lo opuesto ocurre cuando hay pocos proveedores oferentes.
6. **Impacto en la calidad:** Si el insumo es esencial para mantener la calidad del producto, entonces su criticidad aumenta. Hay industrias donde la calidad del insumo puede afectar aspectos como los estándares de calidad y seguridad, la reputación de la empresa y satisfacción del cliente.



Otros factores son los impactos en otros proveedores o clientes en la cadena suministro y en la rentabilidad y continuidad del negocio.

De lo expuesto anteriormente, se deduce que hay factores que tienen mayor vinculación con la industria minera que otros. Por esta razón, en los análisis que se llevarán a cabo, la criticidad de los insumos en la minería se circunscribe a cuatro factores:

- Costos
- Disponibilidad
- Tiempo de entrega.
- Alternativas de suministro.

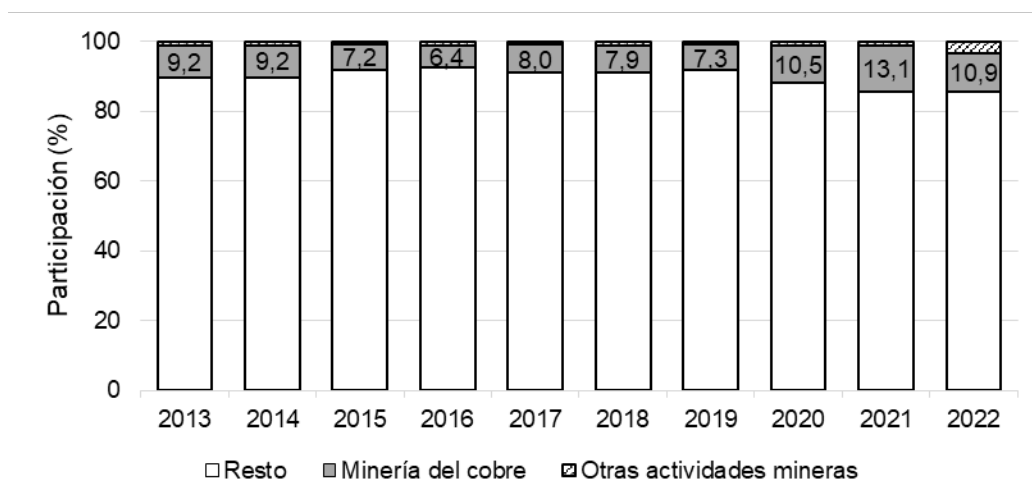


2 Metodología para determinar la criticidad de un insumo

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

En relación a la minería del cobre, su aporte al PIB nacional fue del 10,9% en el año 2022 y 76% del PIB minero en el mismo año.

Fig. 1: Aporte de la Minería al PIB nacional 2013-2022



Fuente: Elaboración Cochilco en base a información del Banco Central

Por tal razón y para cumplir con el objetivo de este trabajo, la metodología se focalizará en la minería del cobre y específicamente en la gran y mediana minería. Al respecto, Cochilco cuenta con información de ingenierías de proyectos, principalmente de la gran minería, que sirven de base para la formulación metodológica.

Al igual que en la primera entrega de este documento, la metodología propuesta para la identificar los insumos críticos consta de las siguientes etapas:



Fig. 2: Metodología para identificar insumos críticos



Fuente: Cochilco

2.1 Paso 1: Seleccionar una muestra de ingenierías de proyectos mineros

Consideraciones:

Alcance la muestra: El alcance la muestra considera el análisis de los insumos (bienes y servicios) incluidos en las inversiones y en la operación de los siguientes procesos:

- Mina Subterránea
- Mina Rajo
- Planta concentradora
- Planta desaladora
- Lixiviación, Extracción por Solvente y Electro Obtención

Cabe señalar que los procesos de fundición y electro refinación quedan fuera del alcance de este trabajo.



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 y en lo posible, se han seleccionado ingenierías de proyectos relativamente recientes.

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.

Confidencialidad de la información: Tal como se ha señalado, el análisis de los opex y capex se realiza en base a la información contenida en las ingenierías de proyectos a los cuales Cochilco tiene acceso y que no son públicas. Por tal razón, se mantiene la confidencialidad de los nombres de las ingenierías analizadas.

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 a nivel opex /capex a nivel de subproceso (no de macroproceso), para evitar dejar fuera del análisis eventuales insumos relevantes.

Tal como se menciona en la introducción, uno de los factores que incide en la criticidad de un insumo es la relevancia que tiene en la estructura de costos del subproceso analizado. Para cada insumo se determina su participación en los costos del subproceso analizado y luego se ordenan en forma decreciente.

El análisis excluye los costos operacionales de las remuneraciones, ya que el foco está puesto en los materiales, equipos e insumos físicos.

2.3 Paso 3: Dimensionar los riesgos de abastecimiento de insumos mineros (Encuesta a empresas)

En el paso 2 se identificaron los insumos críticos en base a uno de los cuatro factores que se serán evaluados: los costos. Sin embargo, falta evaluar la criticidad de un insumo en base a los 3 gatilladores restantes.

Para lo anterior, se elaboró una encuesta que fue enviada a las principales empresas mineras del país, productoras de cobre (ver formulario Anexo 1).

Específicamente se solicitó a cada empresa evaluar la probabilidad de ocurrencia y el impacto de tres gatilladores del riesgo de desabastecimiento para aquellos insumos identificados como relevantes en la estructura de costos del opex y capex (por sub proceso).

Los gatilladores de desabastecimiento evaluados en la encuesta fueron:

- No disponibilidad del insumo en el mercado.



- Pocas alternativas de suministro (concentración de la oferta).
- Elevados tiempos de entrega.

Para cada insumo, las categorías de impacto y probabilidades de ocurrencia de desabastecimiento fueron evaluadas de acuerdo a los criterios de las Tabla 1 y Tabla 3 siguientes:

Tabla 1: 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

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: Cochilco

2.4 Paso 4: Identificar Insumos críticos

El paso final es identificar los insumos críticos, teniendo en consideración que el factor costo ya fue incorporado en el paso anterior, debido a que los insumos evaluados en la encuesta tienen una participación relevante dentro de la estructura de los costos de operación e inversión mineros.

Al multiplicar las valoraciones del impacto de la materialización del riesgo por la probabilidad de ocurrencia se obtiene la intensidad del riesgo, que es calificado de acuerdo con la siguiente matriz:

Tabla 3: Matriz de Intensidad 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



Donde:

Color	Clasificación del Riesgo
Rojo	Extremo
Naranja	Alto
Amarillo	Moderado
Verde	Bajo

Fuente: Cochilco

Insumo crítico será aquel que cumpla simultáneamente con las siguientes características:

1. Tenga un peso relativo significativo dentro de la estructura de costos del proceso analizado (opex y capex).
2. El promedio de las intensidades de los riesgos de desabastecimiento por: no disponibilidad del insumo en el mercado, pocas alternativas de suministro (concentración de la oferta) y elevados tiempos de entrega; arroja un nivel de riesgo "extremo".



3 Aplicación de la metodología

En el presente acápite 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 Macropocesos analizados

Al igual que en la primera versión de este trabajo, se seleccionó un conjunto de ingenierías de proyectos mineros cuya información de costos se encuentra con un alto nivel de desagregación a nivel de capex¹ y opex². Esta es una condición esencial para evaluar el peso específico que tiene un insumo dentro de la estructura de costos de una operación/proyecto minero y que según lo indicado en el punto 1.2, constituye uno de los factores que determinan su criticidad.

La muestra de proyectos seleccionada considera los siguientes macroprocesos:

- Mina Subterránea
- Mina Rajo
- Concentradora
- Planta Desaladora
- Lixiviación, extracción por solvente y eletroobtención (Lix-Sx-Ew)

No se tuvo acceso a ingenierías con capex de proyectos para las etapas de Lix, Sx y Ew. Sólo se obtuvo dicha información a nivel de opex.

Un aspecto a tener en consideración es que los valores presentados son referenciales y están sujetos a las particularidades de los proyectos analizados.

3.2 Opex (Identificación de principales insumos)

La información de opex de insumos se obtuvo de evaluaciones económicas de un conjunto de ingenierías, tal como se mencionó 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.

Se excluyen los gastos de las remuneraciones debido a que dicho ítem no forma parte del alcance de este trabajo.

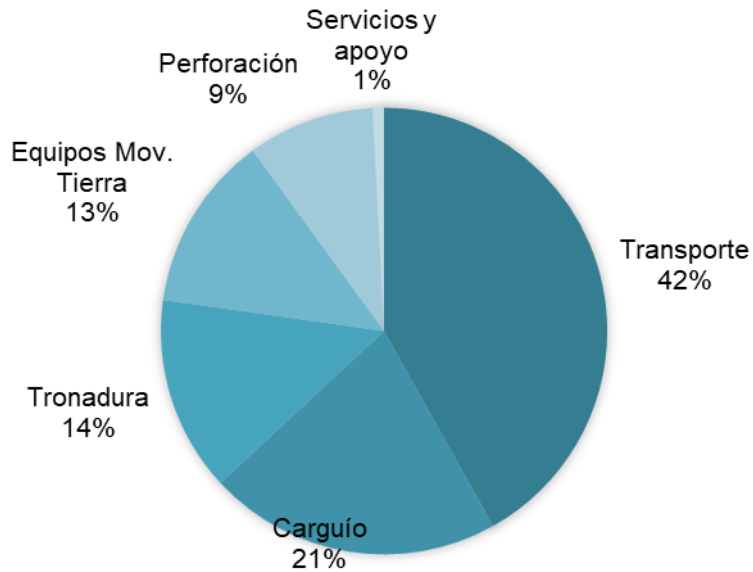
¹ Capex es el acrónimo de Capital Expenditures, es decir, gastos de capital o inversiones de capital.

² Opex es el acrónimo de Operating Expenses, que se traduce como gastos operativos.

3.2.1 Opex mina rajo

Para el análisis del opex se han agrupado las actividades de perforación, tronadura, carguío, transporte, movimiento de tierra y servicios de apoyo, cuyos costos operacionales se distribuyen de la siguiente forma:

Fig. 3: Distribución opex mina rajo por actividad



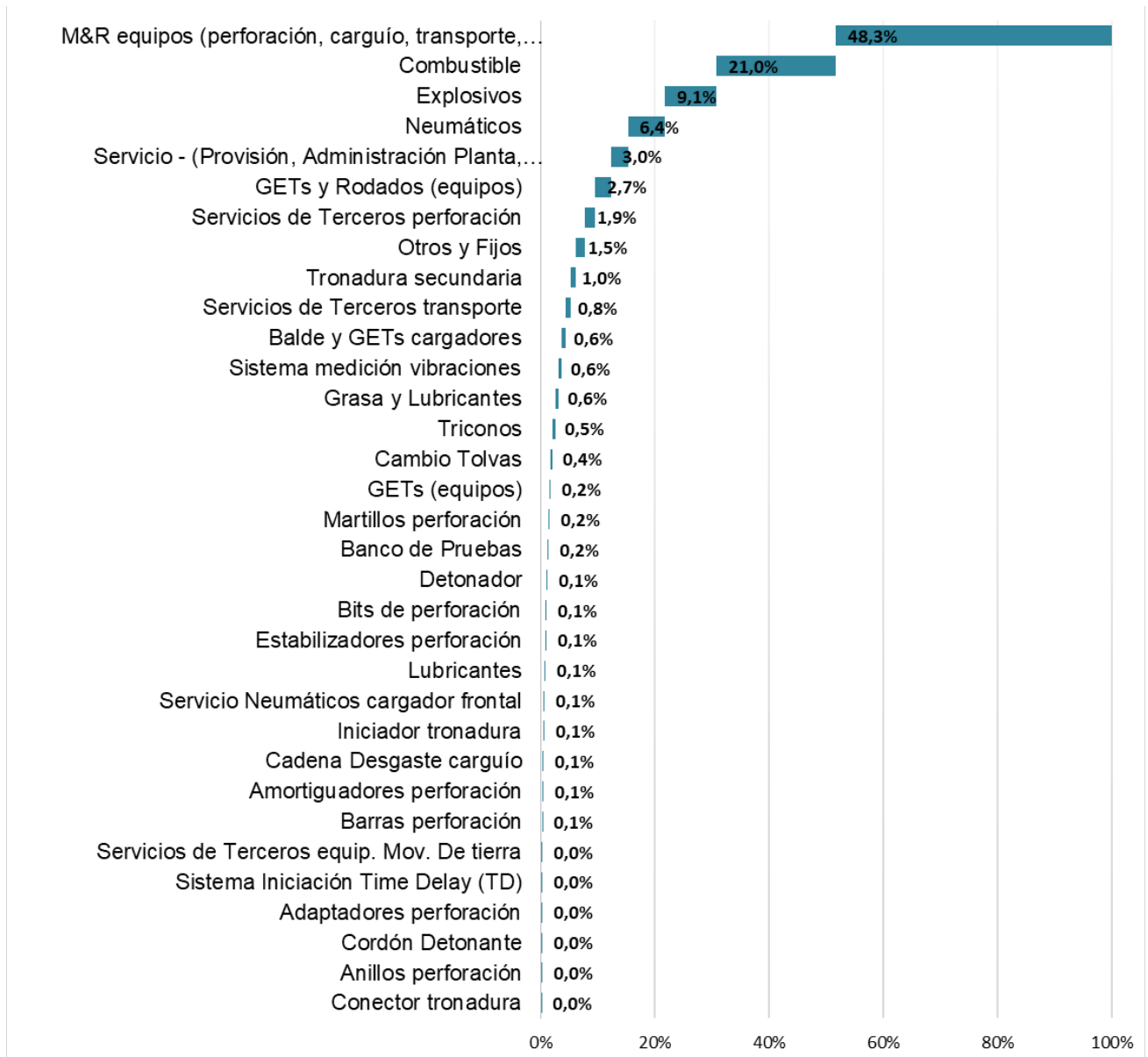
Fuente: Elaboración Cochilco en base a muestra de proyectos analizada

Las actividades de transporte y carguío concentran el 63% de los costos operacionales.

Por otro lado, el desglose del costo operacional por insumos (bienes y servicios), entrega los siguientes resultados.



Fig. 4: Distribución opex mina rajo por insumo



Fuente: Elaboración Cochilco en base a muestra de proyectos analizada

De un total de 33 grupos de insumos identificados, seis de ellos concentran el 90% de los costos de operación. Cabe señalar que en la figura anterior, GET (Ground Engaging Tools), se refiere a los componentes críticos de los equipos de excavación y carga, los cuales están diseñados para trabajar en entornos difíciles y extremadamente abrasivos. Por otro lado, "Otros y fijos", incluye gastos de despacho y servicios de muestreo y gastos adicionales.

Los servicios de mantención y reparación de los distintos equipos que participan en el macro proceso mina rajo (perforadoras, palas, cargadores, camiones, etc.), concentran casi el 50% del gasto operacional de los insumos. En un segundo lugar y con una participación en torno al 20%, se encuentra el ítem combustibles



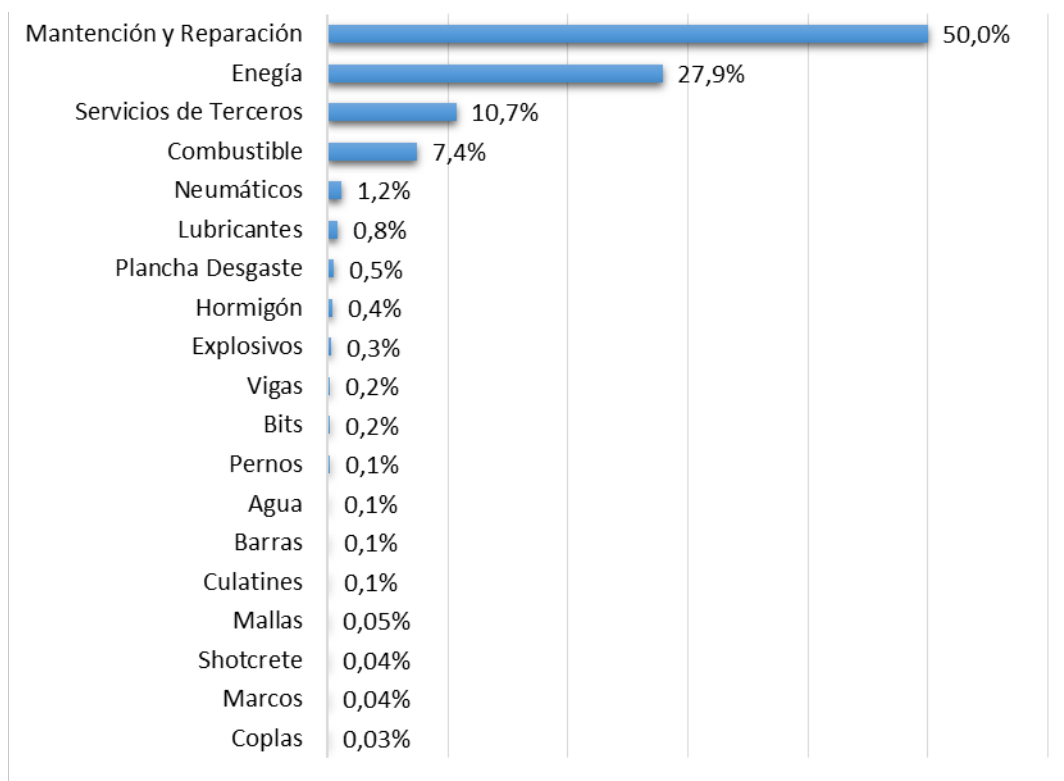
utilizados para la operación de los equipos. Finalmente, los explosivos (9,1%) y los neumáticos (6,4%) son los otros insumos que sobresalen por su preponderancia en los costos.

En cuanto a la preponderancia en los costos, el resto de los insumos analizados tiene una participación relativamente marginal; pero no menos importante.

3.2.2 Opex mina subterránea

El análisis del opex solo se centra las actividades de extracción de una mina subterránea. No se incluyen las labores de preparación debido a que la fuente consultada no permite desagregar los costos por materiales o insumos utilizados.

Fig. 5: Distribución opex mina subterránea -extracción



Fuente: Elaboración Cochilco en base a muestra de proyectos analizada

Las mantenciones y reparaciones (M&R) son los servicios más relevantes en cuanto a peso relativo dentro de la estructura de costos (sin incluir la remuneraciones). Le siguen la energía (27,9%) y los servicios de terceros (10,7%).

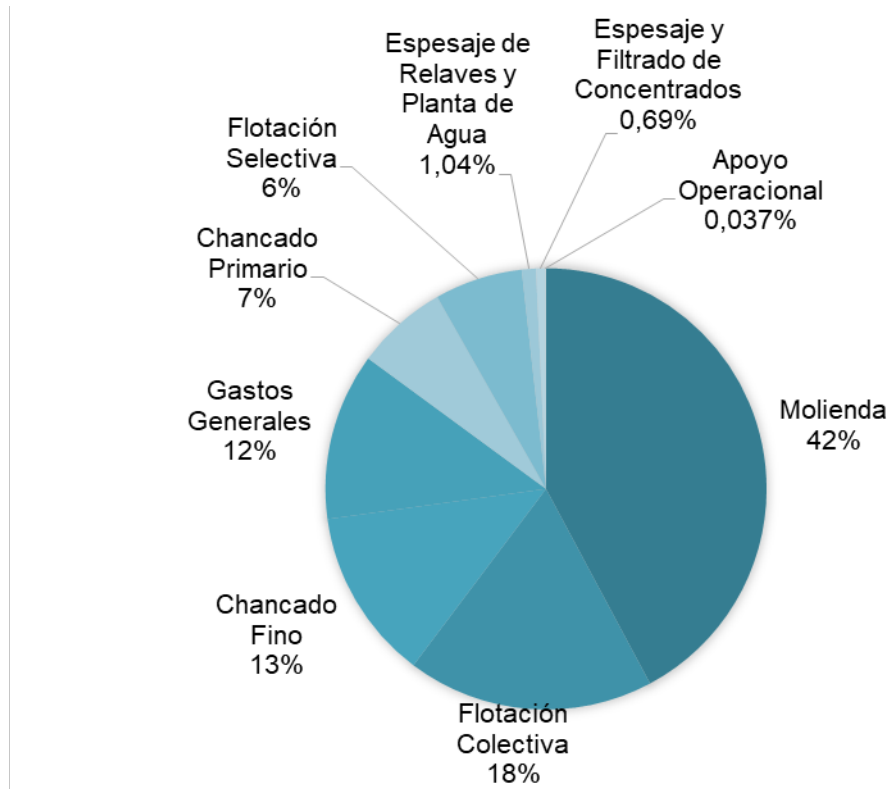
Quince insumos y materiales para la operación representan en conjunto el 4% de los costos. Dentro de dichos insumos, los neumáticos son los más relevantes con un 1,2% de los costos totales del proceso.



3.2.3 Opex planta concentradora

A diferencia de las etapas de extracción (mina rajo y subterránea), el análisis de la relevancia de los insumos del opex en la planta concentradora se hace por sub proceso:

Fig. 6: Distribución opex por sub proceso concentradora



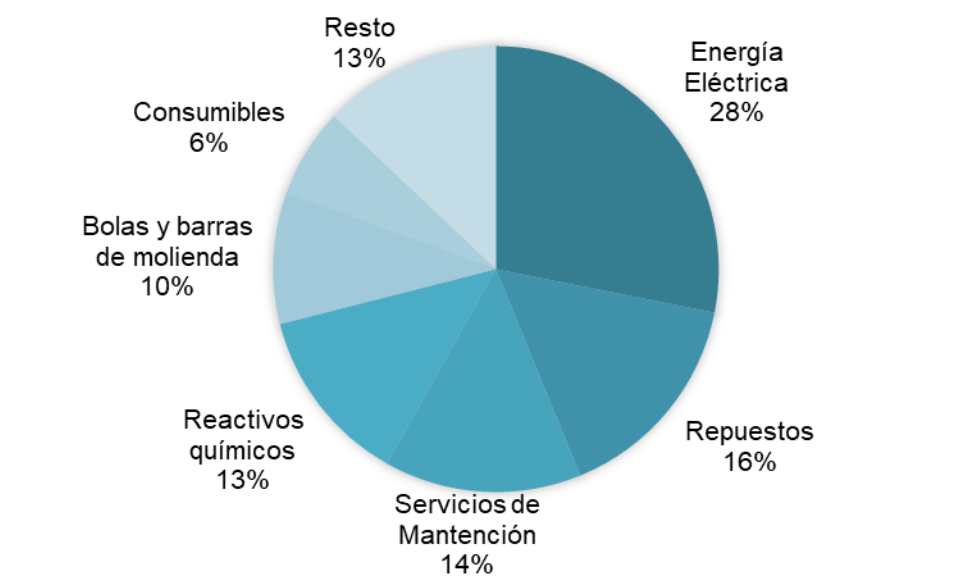
Fuente: Elaboración Cochilco en base a muestra de proyectos analizada

Cuatro subprocesos, acumulan el 85% de los gastos en insumos de la planta concentradora. El subproceso de molienda es el que concentra los mayores costos operacionales (42% para el proyecto analizado), seguida por los subprocesos de flotación colectiva (20%), chancado fino (12%) y gastos generales (11%). Cabe señalar que los gastos generales incluyen, entre otros, los servicios de aseo industrial y no industrial, control de calidad, servicios de transporte, laboratorio, etc.

En términos globales y excluyendo el gasto en remuneraciones y consumo de agua, se tiene la siguiente distribución del gasto operacional:



Fig. 7: Distribución opex por insumo concentradora



Fuente: Elaboración Cochilco en base a muestra de proyectos analizada

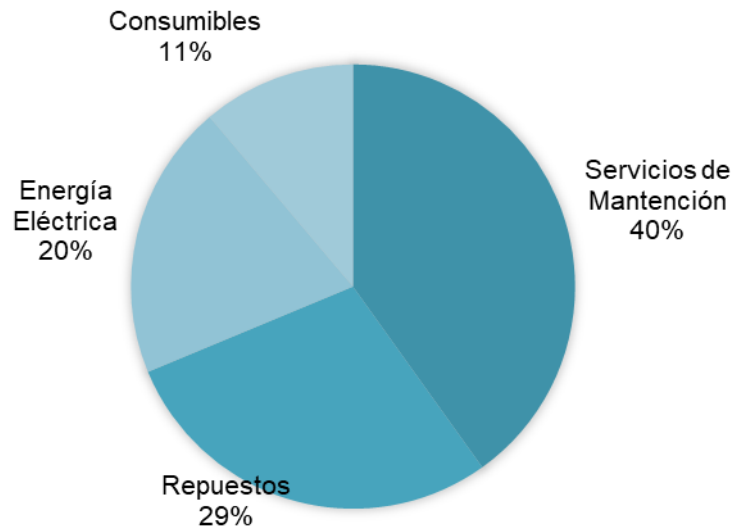
Los seis insumos más demandados en una planta concentradora concentran el 84% de los costos operacionales. Estos son la energía eléctrica, repuestos, servicios de mantenimiento, reactivos químicos (cal, colectores, espumantes, floculantes, NaSH, etc.), bolas y barras de molienda y los consumibles.

Cabe señalar que los repuestos son las piezas físicas de los equipos que se utilizan para reemplazar aquellas desgastadas o dañadas. Por otro lado, los consumibles son materiales que se utilizan en la operación diaria de los equipos mineros y deben reemplazarse con frecuencia debido a su desgaste o consumo.

El detalle de la participación porcentual de los costos operacionales por insumo en cada sub proceso es el siguiente:



Fig. 8: Distribución opex sub proceso chancado



Fuente: Elaboración Cochilco en base a muestra de proyectos analizada

Los costos del sub proceso de chancado considera los chancados primario y finos, los que en conjunto representan el 20% de la planta concentradora. Dentro de estos, los servicios de mantenimiento y reparación (M&R) y los repuestos totalizan el 69% de los costos.

Los servicios de mantenimiento 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 incrementar la productividad de los equipos.

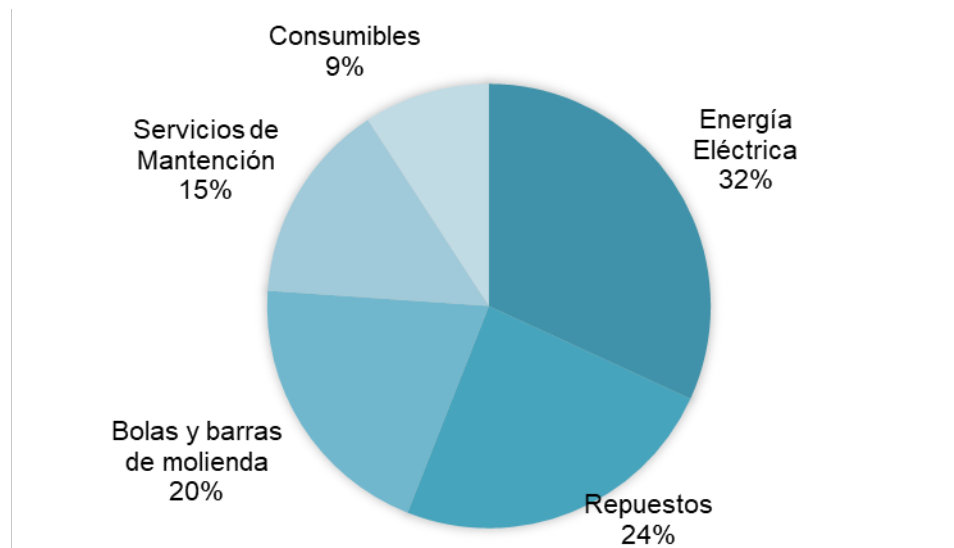
Entre los repuestos utilizados en esta etapa se encuentran los revestimientos, mandíbulas, conos, mallas y cribas, sellos y juntas.

La cantidad de energía eléctrica utilizada en el proceso de chancado de minerales depende del tamaño y dureza de la roca, así como del tipo de equipo utilizado y su eficiencia energética. Además, la disponibilidad y costo de la energía eléctrica también influye en el uso de energía en este proceso.

Los aceites y lubricantes son los consumibles más utilizados en el proceso de chancado.



Fig. 9: Distribución opex sub proceso molienda



Fuente: Elaboración Cochilco en base a muestra de proyectos analizada

Por su relevancia para los costos de la planta concentradora, el proceso de molienda es intensivo en el consumo de energía eléctrica. Para el proyecto analizado el consumo de electricidad representa el 32% de los costos operacionales. Sin embargo, dicho gasto depende de varios factores como las tarifas eléctricas, tipo de energía, eficiencia energética de los equipos, dureza del mineral, tamaño de la partícula, etc.

Si bien las bolas y barras de molienda se consideran consumibles, ya que se desgastan y pierden eficacia con el uso; sus costos se consideran por separado y representan el 20%.

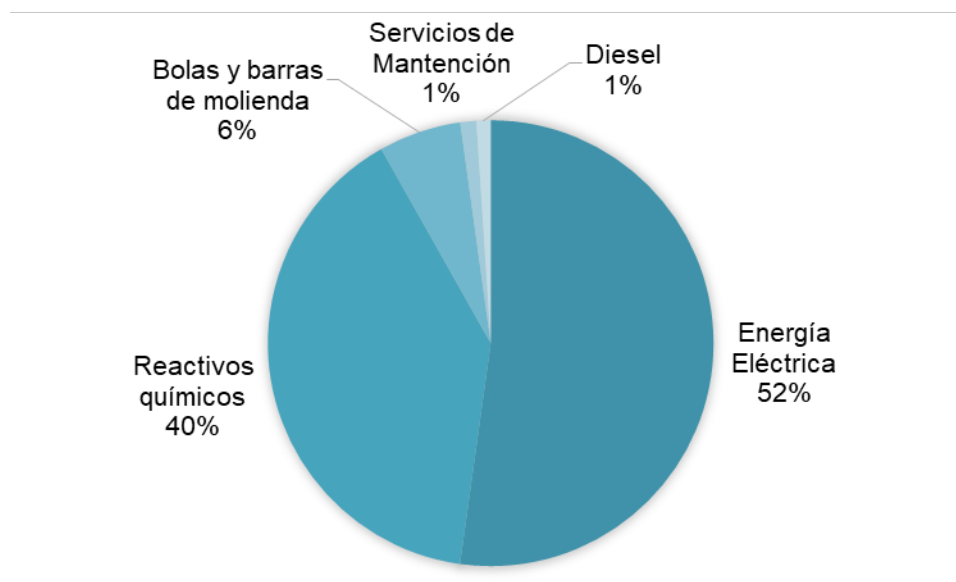
Entre los principales repuestos para los molinos encontramos los revestimientos y los filtros de aire y aceite.

Los servicios de mantenimiento y reparación mineros son esenciales para garantizar la eficiencia del proceso de molienda y la seguridad de los trabajadores. En la ingeniería analizada, representan el 15% de los costos operacionales.

La flotación colectiva se utiliza para separar los minerales de interés de aquellos no deseados. La distribución de los costos operacionales es como sigue:



Fig. 10: Distribución opex sub proceso flotación colectiva



Fuente: Elaboración Cochilco en base a muestra de proyectos analizada

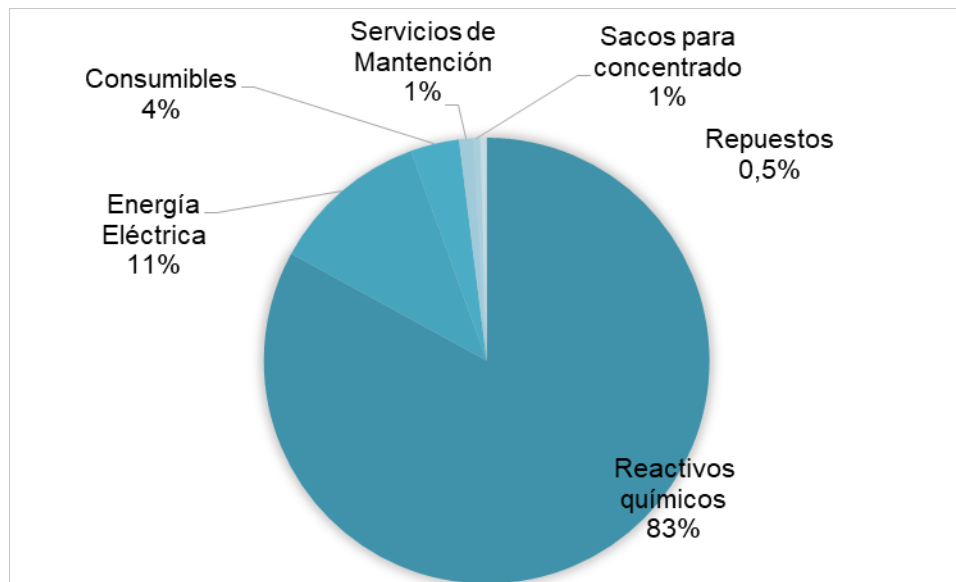
La flotación es un proceso físico químico que permite la separación de los minerales sulfurados del resto de los minerales que comparten la mayor parte de la especie mineral original. La flotación se realiza utilizando la pulpa proveniente de la molienda que tiene incorporada los reactivos necesarios 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 40% de los costos del proceso de flotación colectiva. La energía eléctrica también es otro insumo importante con más del 52% de participación en los costos del subproceso.

De igual forma se considera un proceso de remolienda, que es un paso importante en el proceso de flotación para mejorar la recuperación y la calidad de los minerales de interés. En este proceso, el uso de bolas y barras de molienda representan el 6% de los costos operacionales.



Fig. 11: Distribución opex sub proceso flotación selectiva



Fuente: Elaboración Cochilco en base a muestra de proyectos analizada

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.

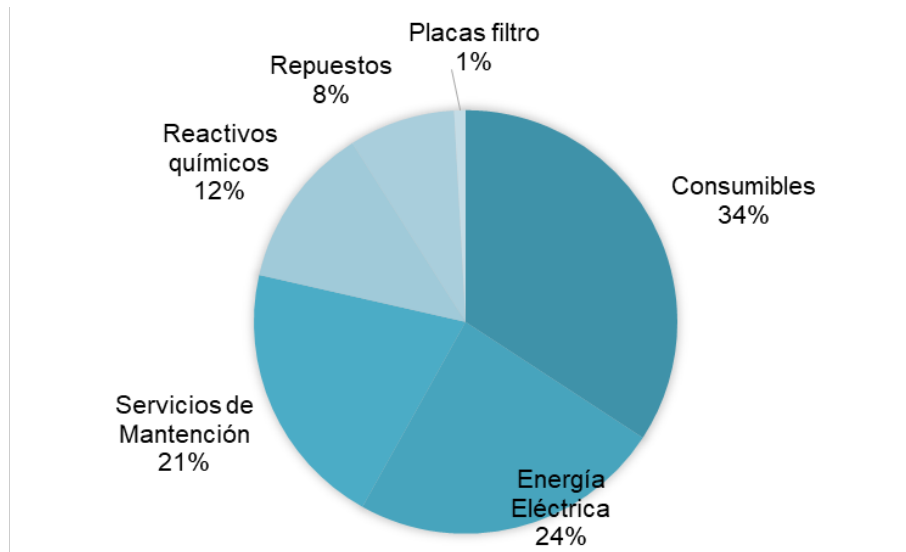
Los costos de la flotación selectiva representan aprox. el 6% de los costos de la planta concentradora.

En la ingeniería analizada, los reactivos químicos representan el 83% de los costos del subproceso. Sin embargo, se debe tener en consideración que el costo de los reactivos químicos varía de acuerdo al tipo de mineral y del proceso de flotación utilizado. Su uso es esencial para lograr una separación eficiente y efectiva de los minerales valiosos y no deseados.

En segundo lugar, los costos de la energía eléctrica representan el 11% del opex del subproceso.



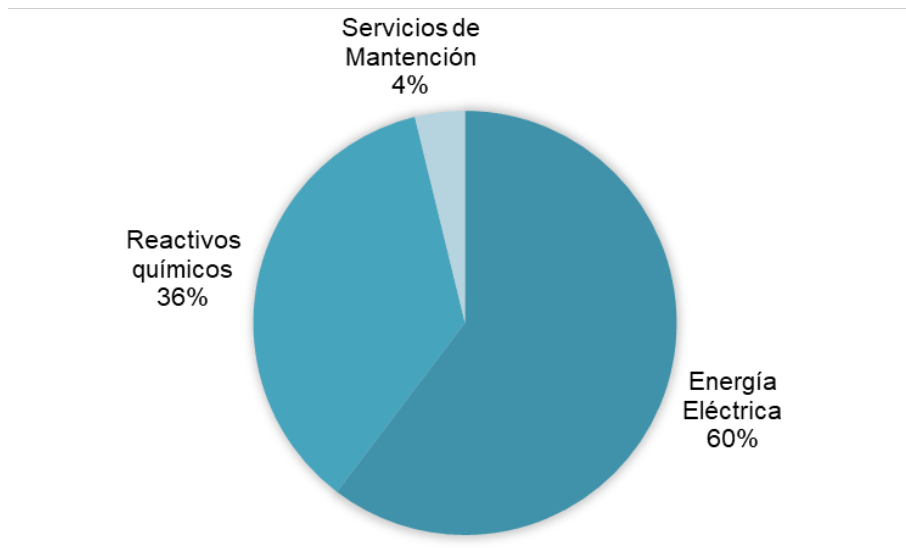
Fig. 12: Distribución opex sub proceso espesaje y filtrado de concentrado



Fuente: Elaboración Cochilco en base a muestra de proyectos analizada

El espesamiento de concentrado tiene como función aumentar la concentración de la pulpa previa a la operación de filtración. Se debe tener en consideración que el tipo y la cantidad de consumibles y reactivos químicos utilizados en la etapa de espesaje y filtrado pueden variar según las condiciones específicas de cada proceso. Para la muestra analizada, los consumibles y reactivos químicos representan el 46% de los costos operacionales, seguido por la electricidad y los servicios de mantenimiento.

Fig. 13: Distribución opex sub proceso espesamiento de relaves y planta de agua



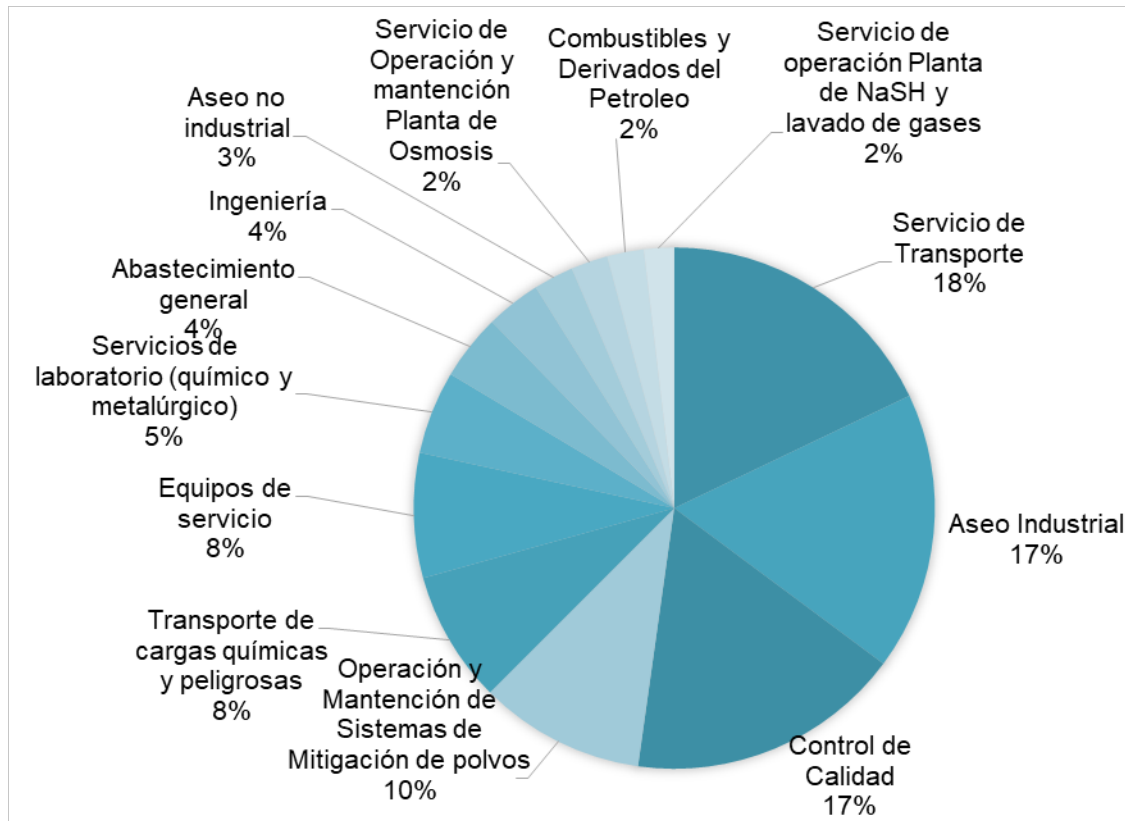
Fuente: Elaboración Cochilco en base a muestra de proyectos analizada

El espesamiento de relaves permite recuperar una parte del agua utilizada en las operaciones de molienda y flotación. Junto con la planta de agua el impacto



en los costos de la concentradora es menor, con una participación levemente superior al 1%. En la ingeniería analizada el 60% de los costos corresponde a la electricidad y 36% a reactivos químicos (floculantes). Los floculantes son polímeros utilizados en el proceso de concentración de minerales, específicamente en las áreas de espesamiento de concentrados y filtrado/espesamiento de relaves para recuperar una parte del agua utilizada en las operaciones de molienda y flotación.

Fig. 14: Distribución opex sub proceso gastos generales concentradora



Fuente: Elaboración Cochilco en base a muestra de proyectos analizada

Los gastos generales concentran el 12% de los costos operacionales y corresponden a la provisión de insumos y servicios que son transversales o afectan a gran parte de los subprocesos de la planta Concentradora. Sin embargo, para en la ingeniería analizada, sobre el 85% de los gastos generales son servicios de empresas contratistas.



3.2.4 Opex planta desaladora

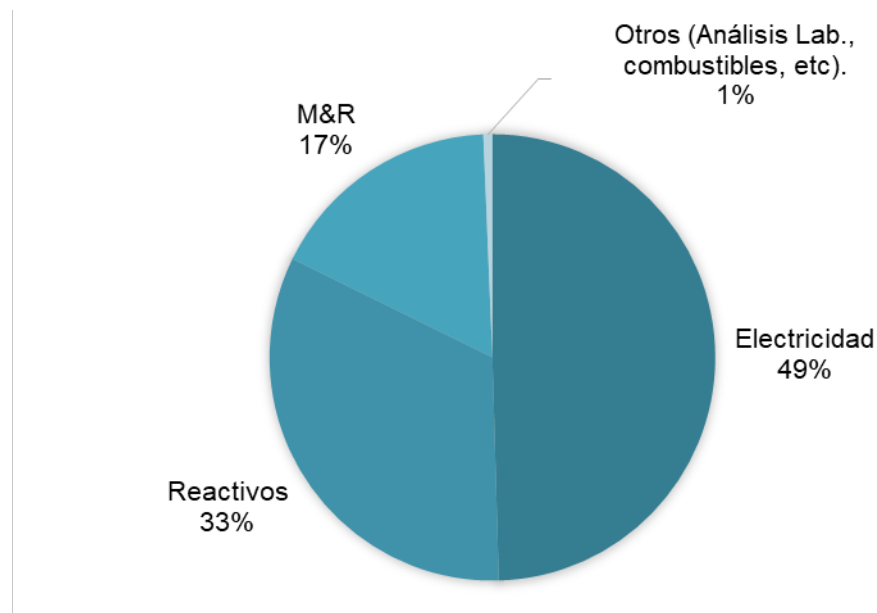
A estas alturas, no es novedad señalar que las plantas desaladoras son de gran importancia para la minería en Chile debido a que permiten suplir de agua a operaciones mineras ubicadas en zonas áridas, en el norte del país, donde el acceso a dicho recurso es limitado.

Las plantas desaladoras permiten obtener agua de mar, mediante procesos de desalinización y tratamiento, para ser utilizada en la minería. De esta manera, se puede reducir la presión sobre las fuentes continentales y aumentar la producción minera en zonas donde hay escasez de agua.

Se analizarán por separado dos sub procesos: por un lado, Obras Marinas y Planta Desaladora y, por otro, las Impulsiones.

A continuación se presenta un desglose de los costos operaciones. Sin embargo, se debe tener en consideración que dicha distribución depende de varios factores, tales como, capacidad de la planta desaladora, tecnología de desalación, costo de la energía, longitud y diámetro de la impulsión, altura a la que se encuentra el punto de destino del agua desalada, etc.

Fig. 15: Distribución opex obras marinas y planta desaladora



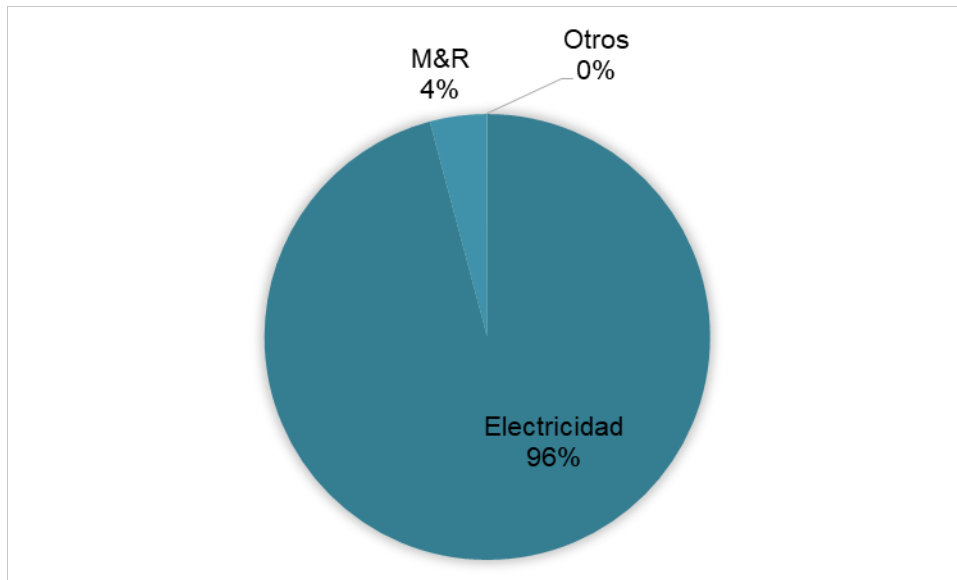
Fuente: Elaboración Cochilco en base a muestra de proyectos analizada

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 (casi el 50%). El resto de los costos se reparten entre la mantención y reparación (17%) y los reactivos químicos (33%).

Algunos reactivos utilizados para la operación de la planta desaladora son: anti-corrosión, cal, ácido cítrico, antincrustante, etc.



Fig. 16: Distribución opex impulsiones



Fuente: Elaboración Cochilco en base a muestra de proyectos analizada

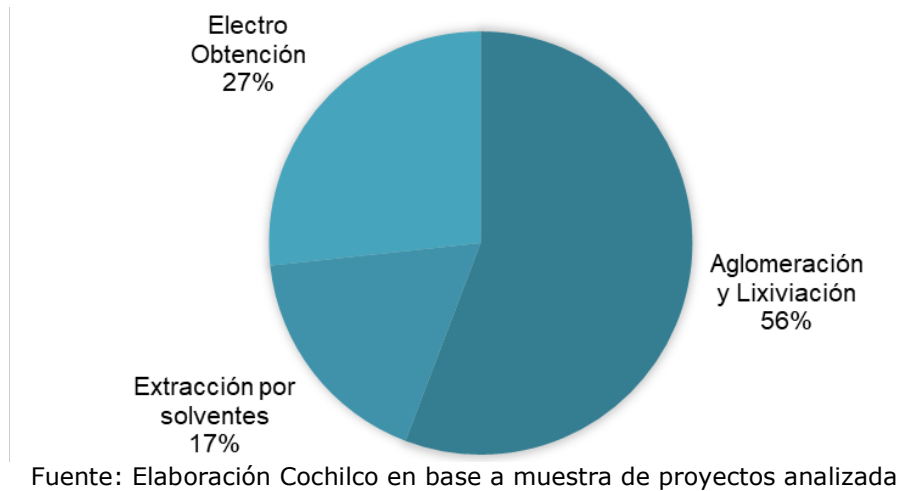
Las impulsiones se analizan por separado debido a que el costo de operación depende del consumo de energía eléctrica necesaria para bombear el agua desde la planta desaladora hasta la operación minera (específicamente la planta concentradora). De ahí que los costos de energía eléctrica representen más del 90% de los costos del subproceso analizado.



3.2.5 Opex aglomeración y lixiviación, extracción por solventes y electro obtención

En el presente punto se analizan los costos operacionales de los sub procesos aglomeración, lixiviación (lix), extracción por solventes (sx) y electro obtención (ew). A diferencia de la primera versión de este trabajo, el análisis se hace por separado.

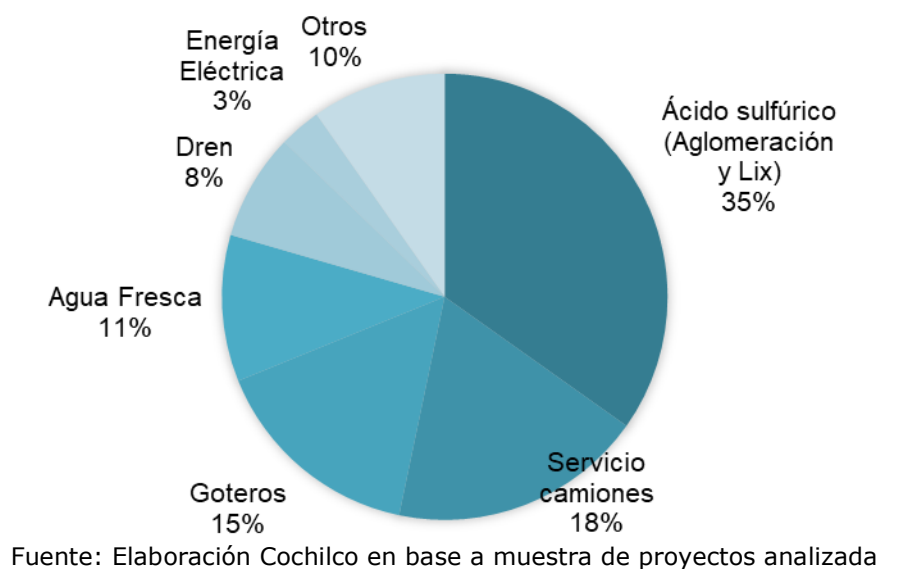
Fig. 17: Distribución opex sub procesos aglomeración-lix, sx, ew



Aglomeración y lixiviación concentran el 56% de los subprocesos analizados (no incluye remuneraciones), seguido por electro obtención y extracción por solventes.

El desglose de los costos de los subprocesos aglomeración y lixiviación es el siguiente:

Fig. 18: Distribución opex aglomeración y lixiviación

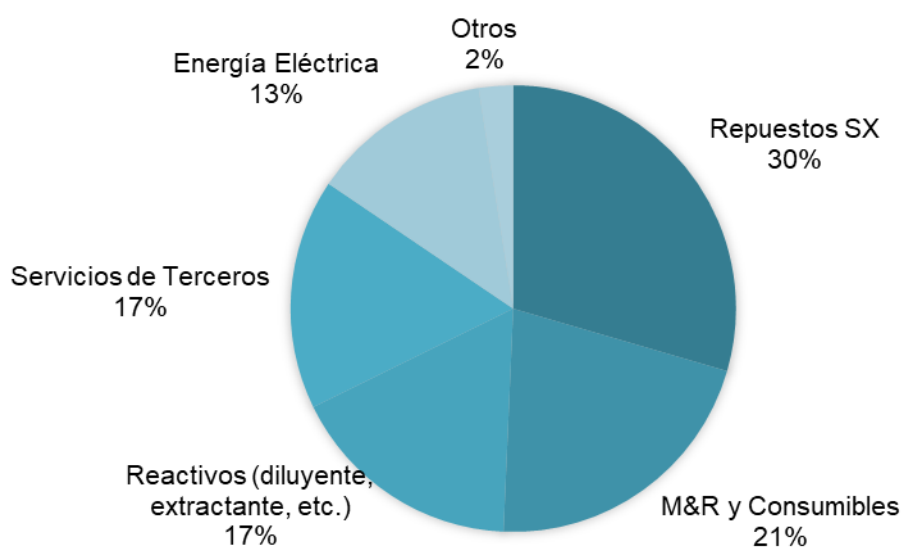


La aglomeración es un proceso previo a la lixiviación y en esencia consiste en la adhesión de partículas finas a las gruesas, que actúan como núcleos o la aglomeración de los finos con los finos, según sea la distribución de tamaños en la alimentación. Este proceso permite que el mineral se convierta en un material permeable para que las soluciones químicas puedan penetrar en las pilas y disolver el cobre.

El ácido sulfúrico es el insumo que más peso relativo tiene (35%) en los costos operacionales del sub proceso analizado.

Luego de la aglomeración y lixiviación viene el proceso de extracción por solvente (sx):

Fig. 19: Distribución opex extracción por solvente



Fuente: Elaboración Cochilco en base a muestra de proyectos analizada

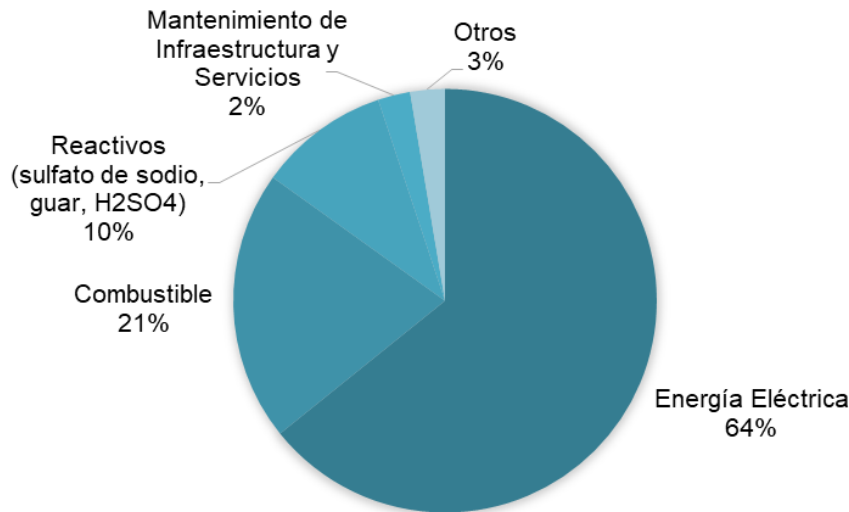
Es el método de separación de una o más sustancias de una mezcla, mediante el uso de solventes. La solución resultante de proceso de lixiviación (pls), se pone en contacto con un solvente orgánico selectivo que tiene una alta afinidad por el cobre. El solvente orgánico forma una fase separada que contiene el cobre, que luego se separa de la fase acuosa. La fase orgánica se lava para eliminar cualquier impureza, y posteriormente se somete a un proceso de extracción por electroobtención.

Los repuestos (30%), M&R y consumibles (21%) y los reactivos (17%) representan el 68% de los costos de este subproceso.

Finalmente, tenemos el subproceso de electroobtención (ew), cuyos costos se desagregan de la siguiente forma:



Fig. 20: Distribución opex electroobtención



Fuente: Elaboración Cochilco en base a muestra de proyectos analizada

La 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.

La energía eléctrica representa el 64% de los costos operacionales, seguido por combustibles (21%) y reactivos químicos (10%). Cabe señalar que el combustible considerado se utiliza para calefaccionar las soluciones.



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 a las cuales se tuvo acceso.

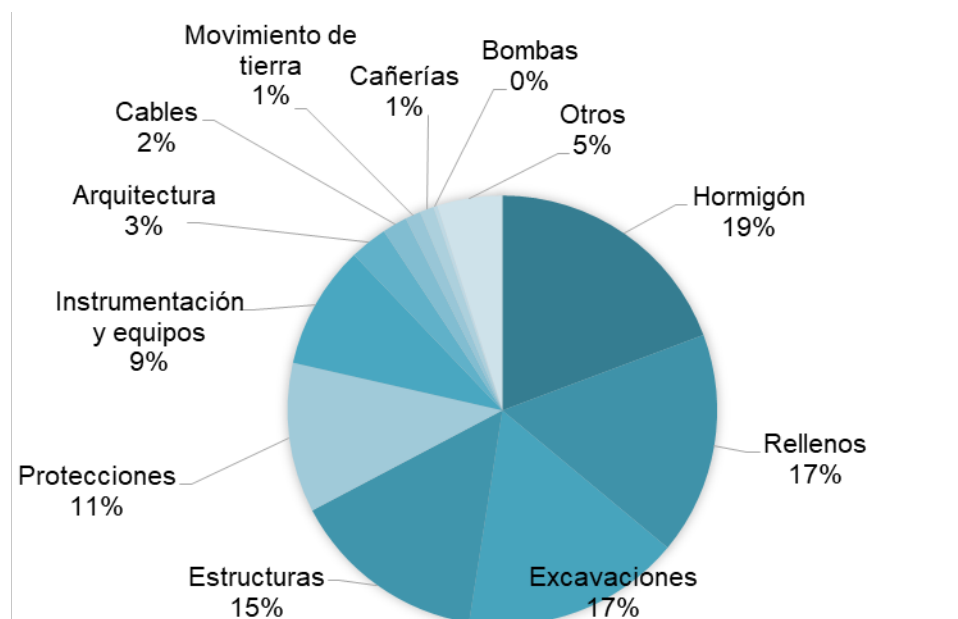
3.3.1 Capex mina rajo

El capex de la ingeniería analizada se divide en "Construcción y Montaje" (CyM) y "Suministros", representando el 53% y 47% del costo total, respectivamente.

Para el caso de la CyM y teniendo en consideración las particularidades de la ingeniería analizada, el 71% de los costos corresponden a labores de prestripping, es decir, al proceso de remoción de la capa superficial de tierra y roca que cubre el yacimiento antes de comenzar la extracción del mineral. Este proceso es necesario para acceder al mineral de cobre subyacente y preparar el sitio para la extracción.

En la siguiente figura se presenta el capex de CyM, excluyendo el ítem prestripping, como una forma de identificar otros insumos relevantes para esta etapa.

Fig. 21: Distribución capex mina rajo- construcción y montaje (excluye prestripping)



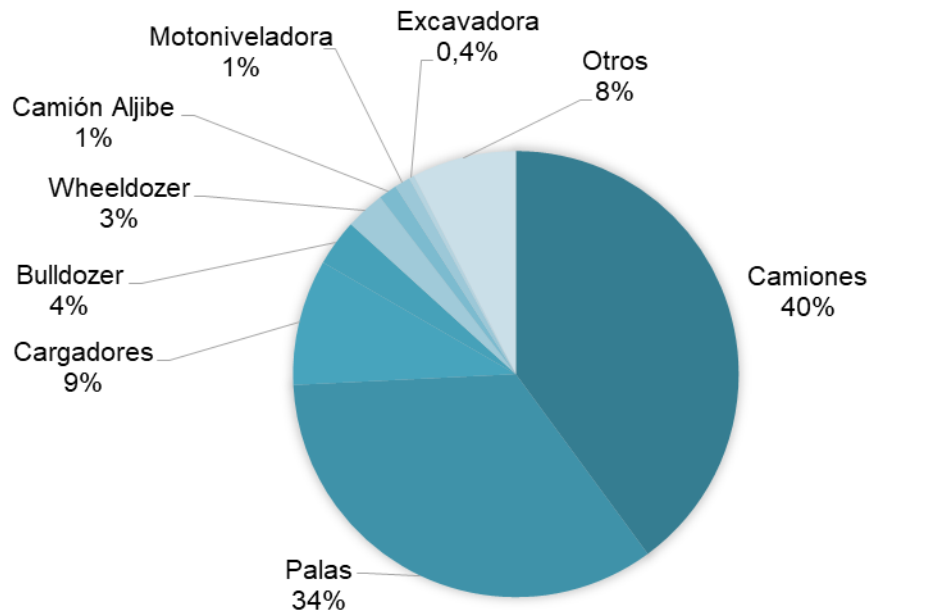
Fuente: Elaboración Cochilco en base a muestra de proyectos analizada

El hormigón, los rellenos, las excavaciones, estructuras y protecciones representan el 79% de los costos explicitados en la figura anterior.



Para el caso de los suministros el desglose del capex es el siguiente:

Fig. 22: Distribución capex mina rajo - suministros



Fuente: Elaboración Cochilco en base a muestra de proyectos analizada

Los mayores costos del ítem suministros corresponden principalmente al parque de equipos para la remoción de tierra y rocas, el cual es dominado por los camiones CAEX y las palas. El ítem "otros" considera equipos e insumos diversos, tales como equipos de automatización, instrumentación, levante, telecomunicaciones, bombas, cañerías, etc.

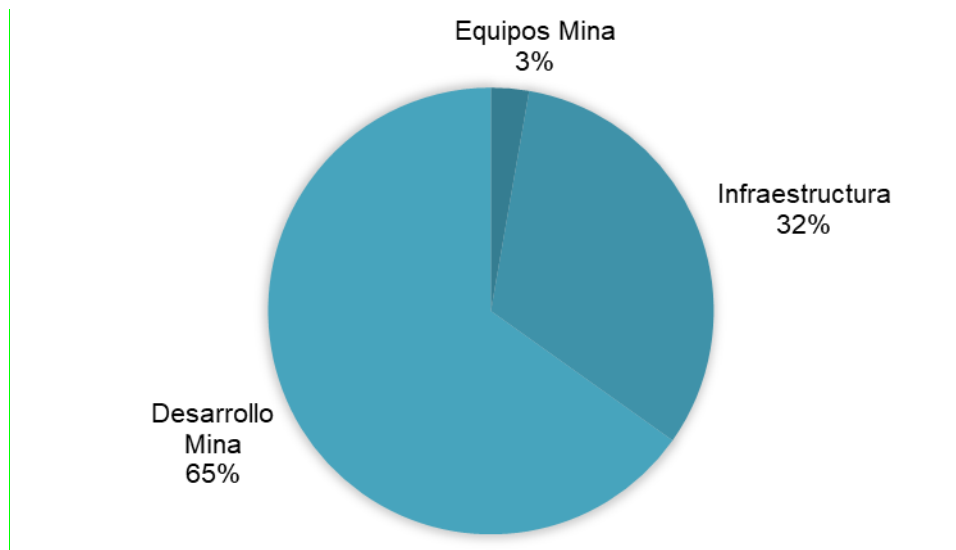


3.3.2 Capex mina subterránea

Debido a que no se tuvo acceso a ingenierías recientes para este tipo de obras, se mantuvo la información de la primera versión de este informe, pero con modificaciones en la presentación de los resultados.

De acuerdo con las características del proyecto analizado, el 65% del capex está constituido por el Programa de Construcción de Desarrollos y se complementa con los ítems Infraestructura (32%) y Equipos Mina (3%).

Fig. 23: Distribución capex mina subterránea



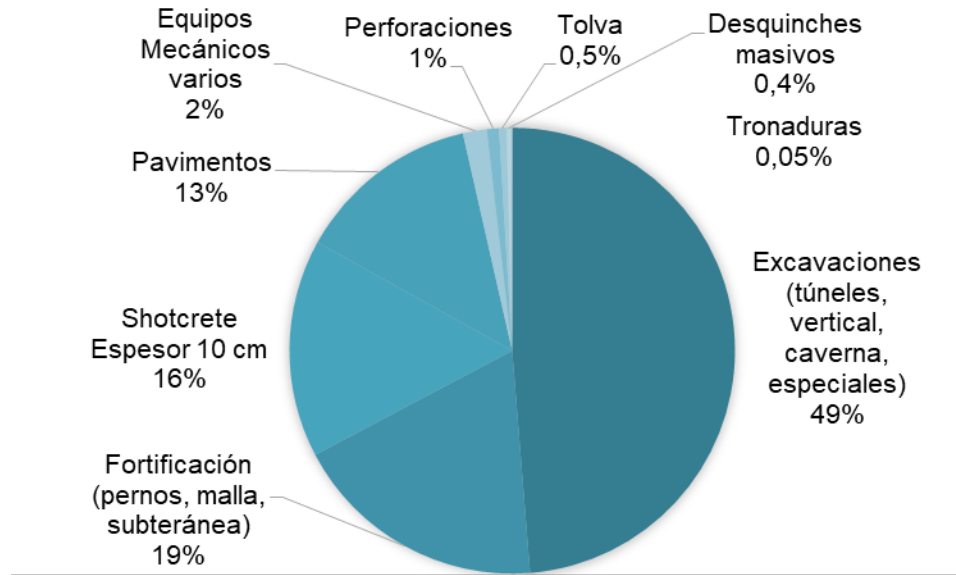
Fuente: Elaboración Cochilco en base a muestra de proyectos analizada

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.

El detalle de cada uno de los ítems que compone el capex de una mina subterránea se detalla a continuación, comenzando con los costos de los desarrollos mineros:



Fig. 24: Distribución capex mina subterránea- desarrollos mina



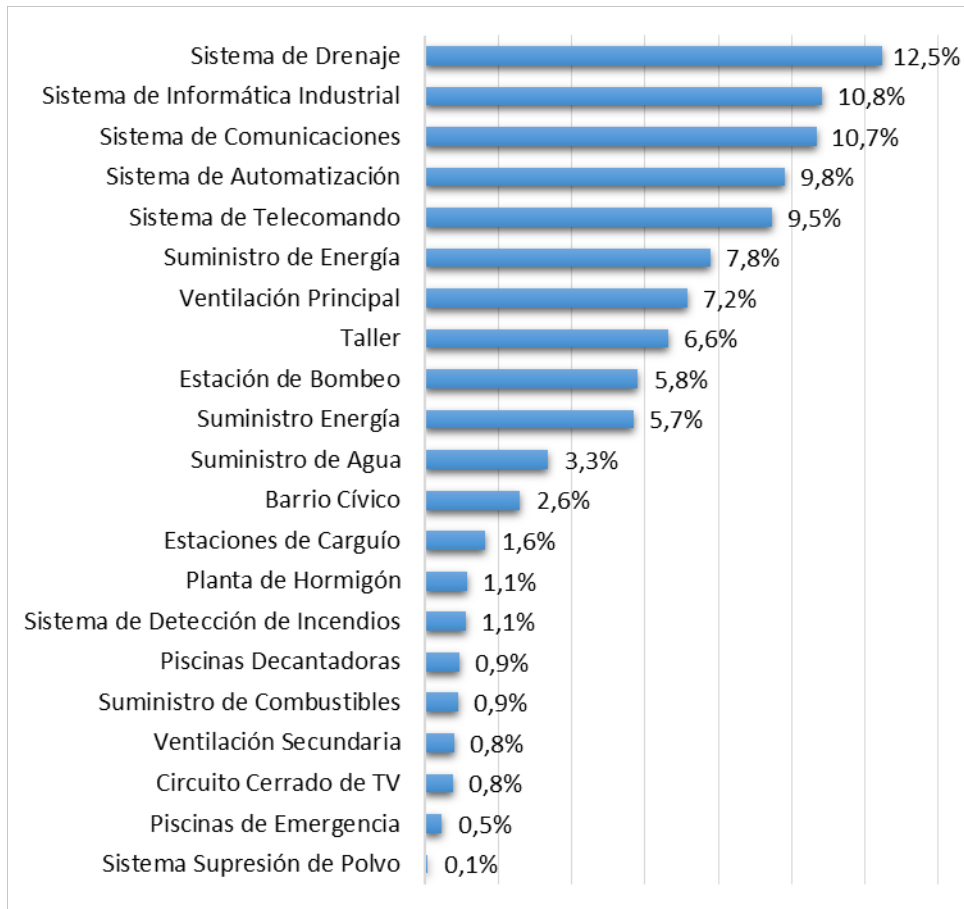
Fuente: Elaboración Cochilco en base a muestra de proyectos analizada

Las distintas labores de excavación representan el 49% del capex de esta etapa y le siguen con un 19% la fortificación (pernos, malla y subterránea). El shotcrete y los pavimentos, representan en conjunto el 29% del capex de desarrollo e involucran el uso de cemento.

En relación a la Infraestructura, el detalle de los costos es como sigue:



Fig. 25: Distribución capex mina subterránea- infraestructura



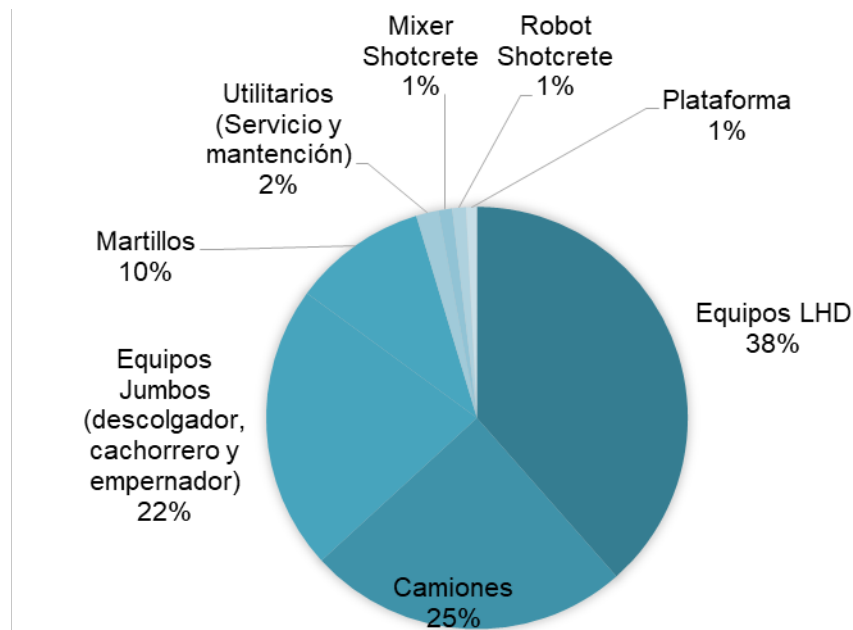
Fuente: Elaboración Cochilco en base a muestra de proyectos analizada

Si bien el sistema de drenaje es el que concentra el mayor porcentaje de los costos (12,5%), los sistemas relacionados con las TICs (informática, comunicaciones, automatización y telecomando), representan el 41% de los costos de este proceso.

Finalmente, el detalle del capex de los equipos es el siguiente:



Fig. 26: Distribución capex mina subterránea- equipos mina



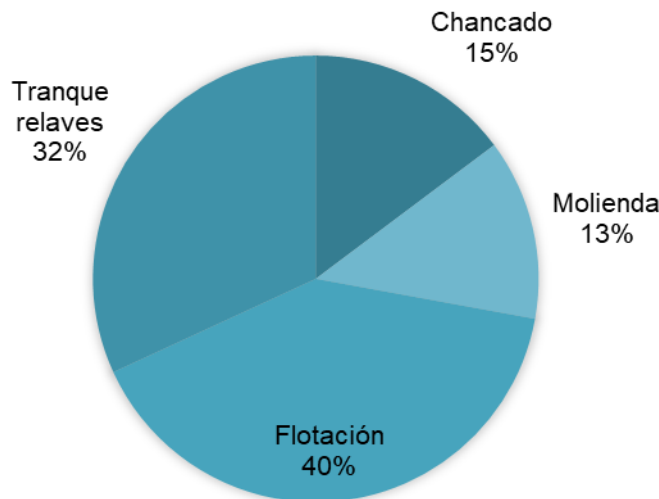
Fuente: Elaboración Cochilco en base a muestra de proyectos analizada

Los equipos LHDs, Camiones y Jumbos dominan el capex de los equipos mina, representando en conjunto el 85% de las inversiones.

3.3.3 Capex planta concentradora

En base a la ingeniería analizada, el desglose del capex de la planta concentradora, por sub proceso, es como sigue:

Fig. 27: Distribución capex planta concentradora, por proceso



Fuente: Elaboración Cochilco en base a muestra de proyectos analizada



El detalle considera los requerimientos de “suministros” y “construcción y montaje” para para lograr los objetivos definidos en la planificación. El chancado y la molienda representan el 28% del capex, flotación el 40% y las inversiones para el tranque de relaves un 32%.

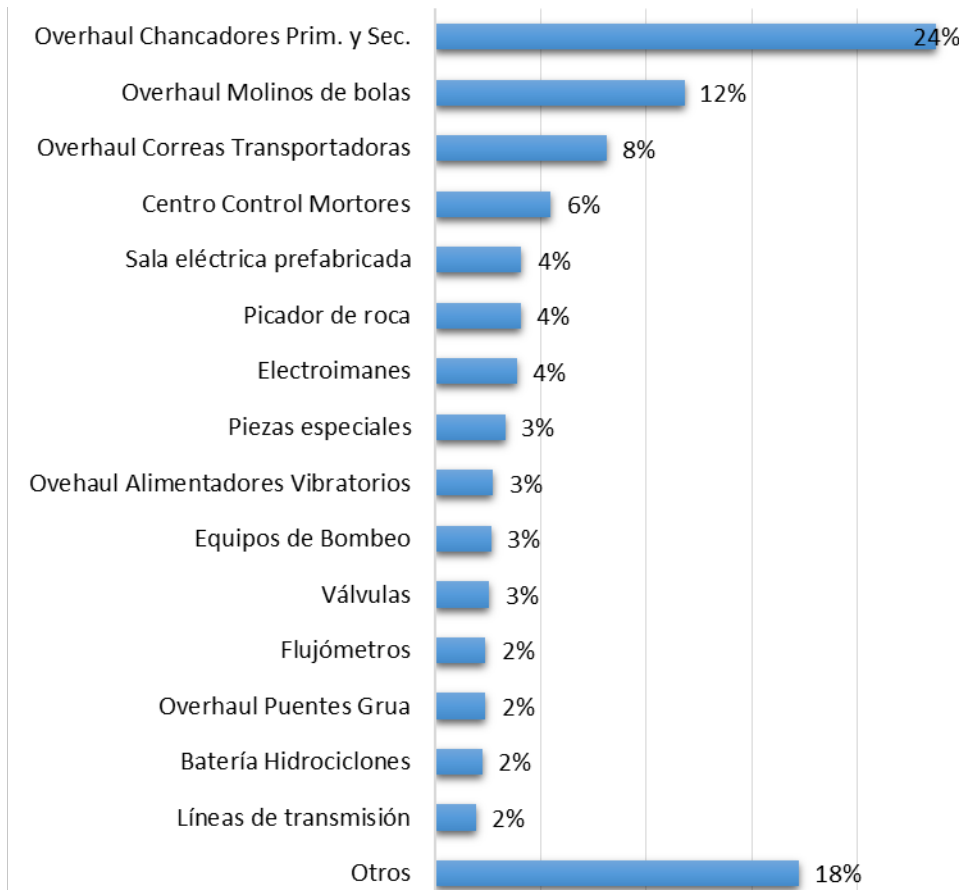
Visto desde otro punto de vista, la “construcción y montaje” representa el 61% del capex (incluye mano de obra, equipos, materiales, subcontratos) y el resto (39%) corresponde al suministro de equipos, sistemas, maquinarias. Dado lo anterior, queda de manifiesto la importancia de los servicios de construcción y montaje en la estructura de costos de los proyectos mineros.

Por otro lado, hay que tener en consideración que la ingeniería a la cual se tuvo acceso consideraba el overhauaul³ para algunos de los equipos y no necesariamente la adquisición de uno nuevo. Teniendo en consideración dicha salvedad, a continuación se identifican los principales suministros requeridos para concretar las inversiones en cada sub proceso.

³ Overhaul es un proceso de mantenimiento exhaustivo de un equipo minero que implica desmontar y reemplazar varias piezas o componentes para restaurar el equipo a su estado original o para mejorar su rendimiento.



Fig. 28: Distribución capex suministro de chancado y molienda

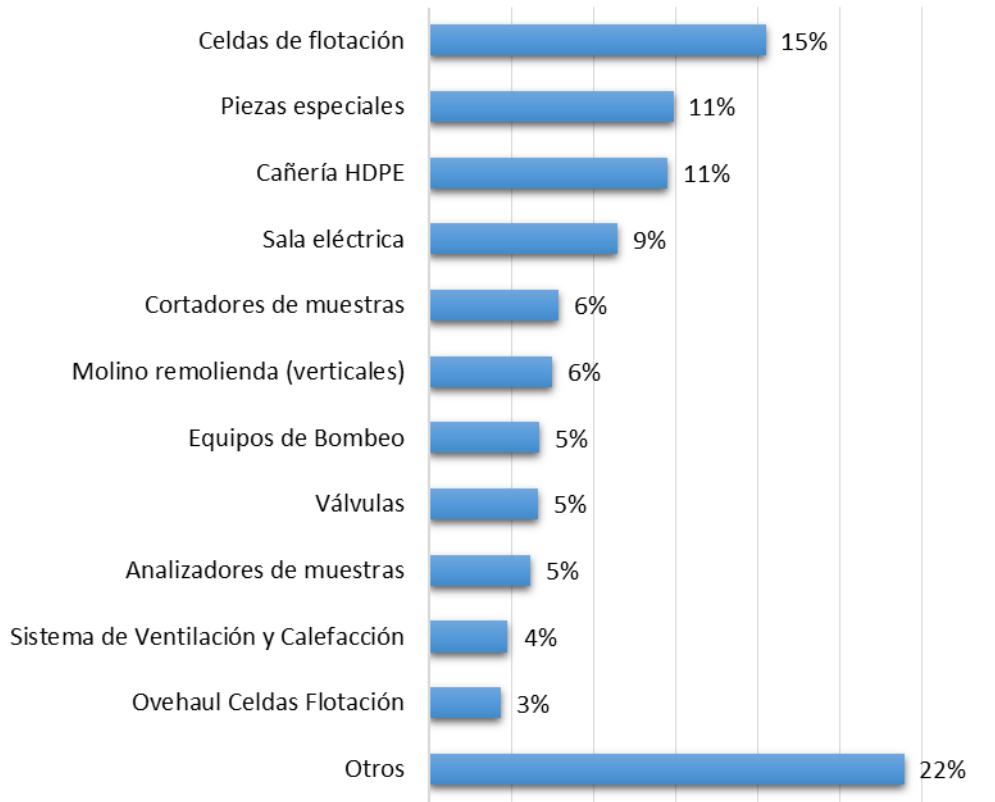


Fuente: Elaboración Cochilco en base a muestra de proyectos analizada

Si bien bien y tal como se señaló, la ingeniería sólo considera el overhaul de equipos (no la adquisición de equipos nuevos), en este caso particular los chancadores, molinos y correas transportadoras representan el 44% de la inversión en suministros.



Fig. 29: Distribución capex suministro flotación

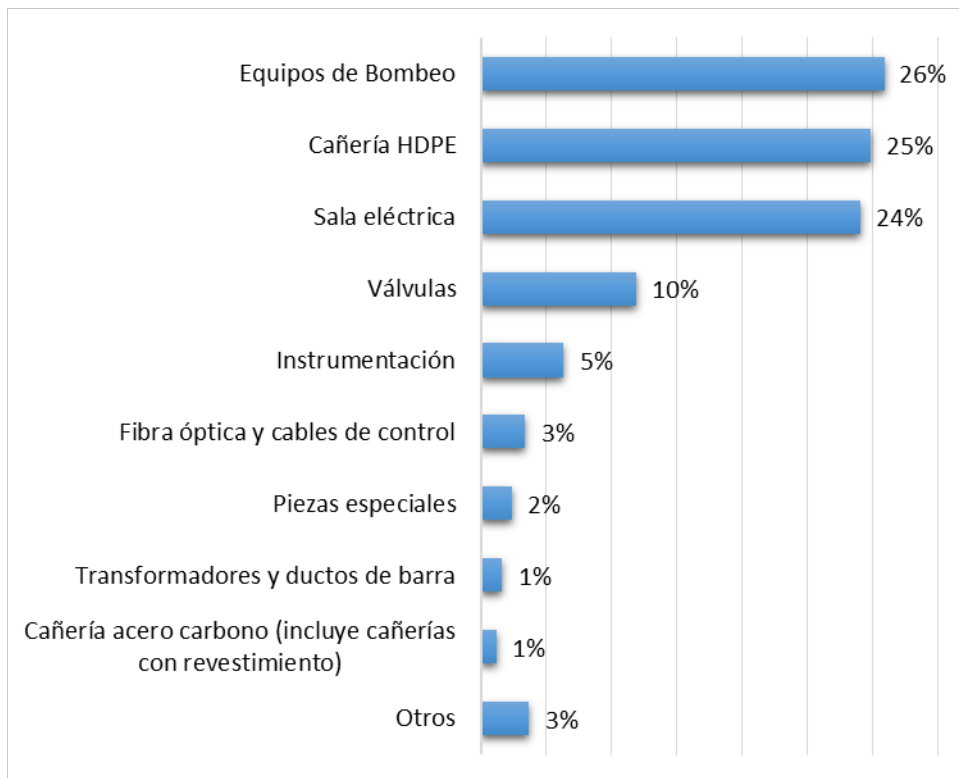


Fuente: Elaboración Cochilco en base a muestra de proyectos analizada

Para el caso de los suministros del sub proceso de flotación, las principales inversiones están referidas a la compra de celdas, cañerías y equipamiento eléctrico y sus accesorios.



Fig. 30: Distribución capex suministro tranque de relaves



Fuente: Elaboración Cochilco en base a muestra de proyectos analizada

En el subproceso tranque, los suministros que lideran el capex son los equipos de bombeo, cañerías y sala eléctrica, que en conjunto representan el 75% de los costos inversionales.

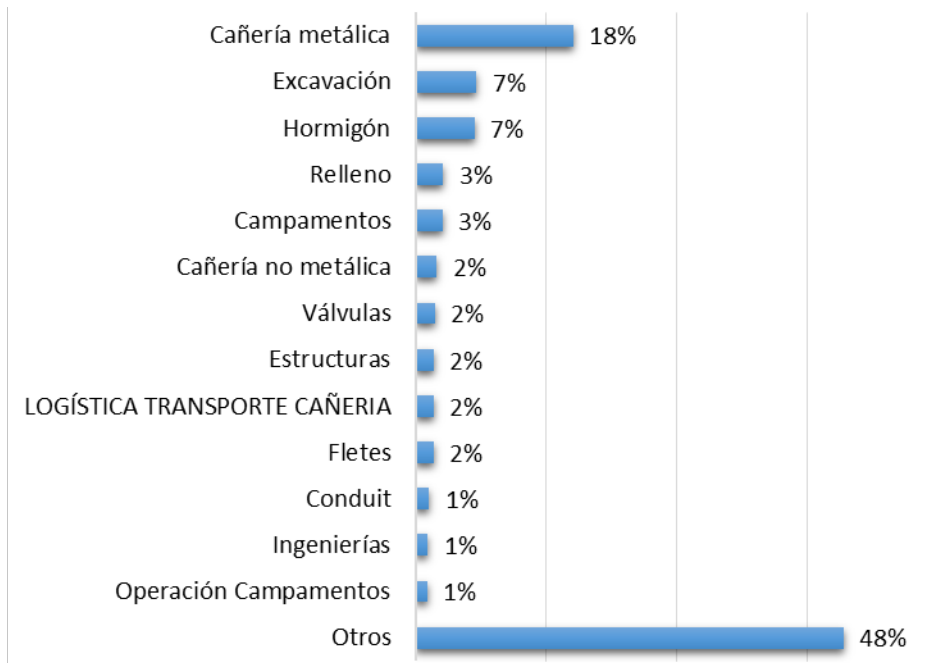
3.3.4 Capex planta desaladora

La desalación es importante en la minería porque permite el uso eficiente y sostenible de los recursos hídricos y promueve la sustentabilidad de la actividad minera en el país.

Al respecto se ha dividido el capex en “construcción y montaje” y la compra de equipos, representando el 88% y 12%, respectivamente.



Fig. 31: Distribución capex planta desaladora – construcción y montaje

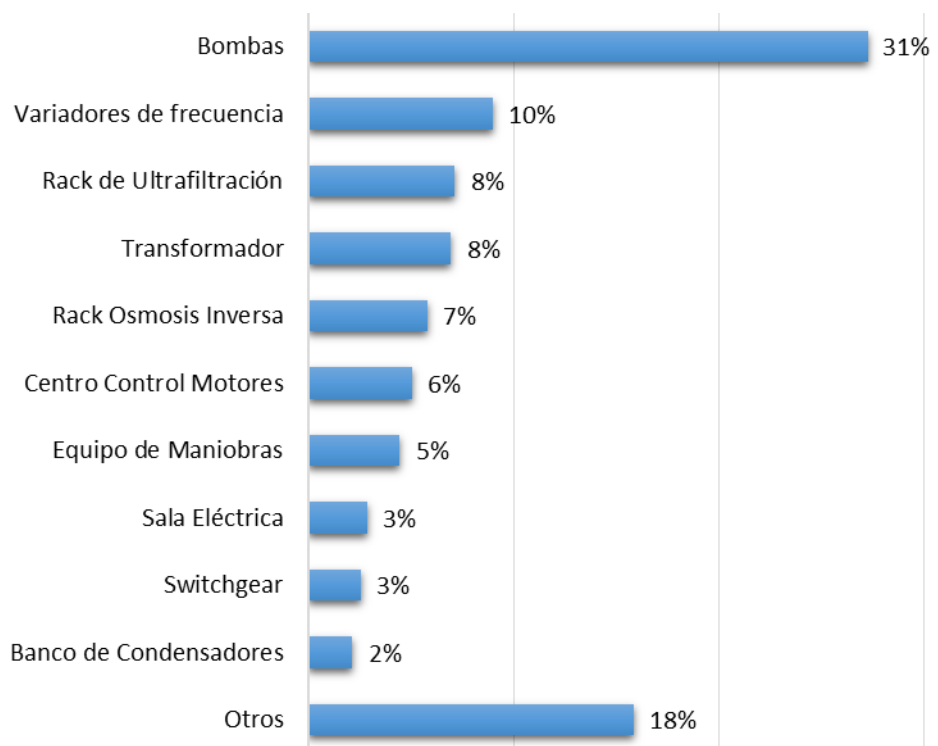


Fuente: Elaboración Cochilco en base a muestra de proyectos analizada

En construcción y montajes (CyM), las cañerías metálicas y no metálicas representan el 20% del capex, seguido por las excavaciones, hormigón y relleno, que en conjunto totalizan el 36% de las inversiones de CyM.



Fig. 32: Distribución capex planta desaladora - equipos



Fuente: Elaboración Cochilco en base a muestra de proyectos analizada

En relación a los equipos, las bombas representan el 31% del capex, seguido por los variadores de frecuencia, racks de ultrafiltración, de osmosis inversa y transformadores que en conjunto representan el 63% de las inversiones en equipos.

3.3.5 Capex lix-sx-ew

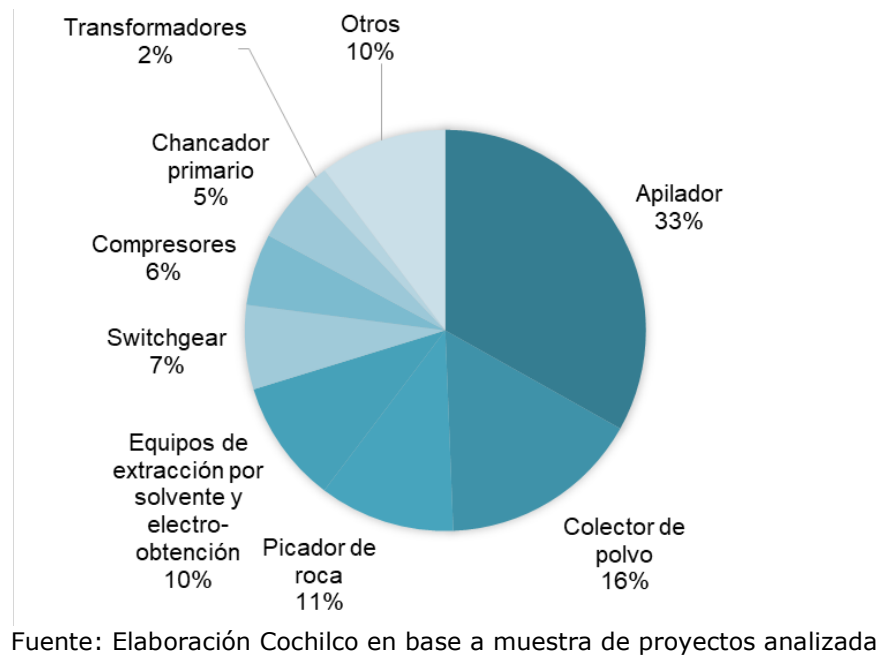
A diferencia del opex, el análisis del capex considera el análisis de insumos relevantes para la etapa de lix-sx-ew de un proyecto que solo considera la ampliación de una planta de hidrometalurgia ya existente. Por lo tanto, los insumos identificados como relevantes dentro de la estructura de costos, sólo son válidos para el alcance particular de la ingeniería 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.

A continuación el capex se divide entre "equipos" y "construcción y montaje":

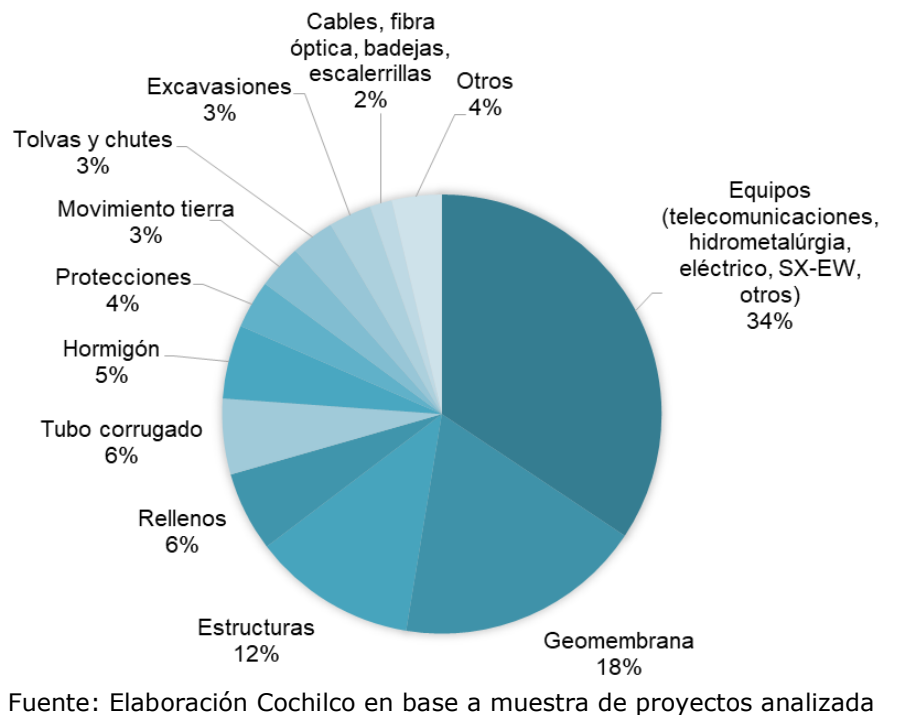


Fig. 33: Distribución equipos capex lix-sx-ew



El proyecto analizado considera la adquisición de un apilador, el cual representa el 33% del capex de los equipos. Le siguen equipos como un colector de polvo, picador de roca, extracción por solvente y electro obtención; todos con una participación por sobre el 10% de los costos.

Fig. 34: Distribución construcción y montaje capex Lix-Sx-Ew



Las geomembranas concentran el 18% de los costos, después de los distintos tipos de equipos (telecomunicaciones, hidrometalurgia, eléctrico, sx-ew y otros), que concentran el 34% y ocupan el primer lugar en Construcción y Montajes.



3.4 Determinación de la intensidad del riesgo

Se rediseñó el formulario de la encuesta que se aplicó el año 2014⁴, para posteriormente ser enviado a un grupo de empresas de la gran y mediana minería del cobre⁵. A través de dicho instrumento se solicitó a las empresas evaluar la probabilidad de ocurrencia y el impacto de tres gatilladores del riesgo de desabastecimiento para aquellos insumos identificados como relevantes en la estructura del opex y capex (por proceso).

Los gatilladores de desabastecimiento evaluados fueron:

- No disponibilidad del insumo en el mercado.
- Pocas alternativas de suministro (concentración de la oferta).
- Elevados tiempos de entrega.

Basado en los criterios mencionados se obtuvo una evaluación de la intensidad del riesgo de desabastecimiento para un conjunto de insumos. En la Tabla 4 y

⁴ En el anexo 1 de este informe se presenta el formulario enviado a las empresas mineras de la gran y mediana minería del cobre.

⁵ Respondió el 100% de las empresas a las cuales se les envió la encuesta: Codelco, BHP, Anglo American, Antofagasta Minerals, Capstone Copper, Lomas Bayas, Carmen de Andacollo, Collahuasi, El Abra, Quebrada Blanca, Candelaria, Caserones, Sierra Gorda, Pucobre, Pampa Camarones y Cemin.



Tabla 5 se presentan los resultados consolidados obtenidos, es decir, incluye el total de empresas consultadas (grandes y medianas):



Tabla 4: Intensidad del riesgo de desabastecimiento para insumos de operación

	Extremo	Alto	Moderado	Bajo
Mina Rajo	Mantenimiento y Reparación (M&R) de equipos			
	Combustible (Petróleo y lubricantes)			
	Explosivos			
	Neumáticos y llantas			
	Herramientas de conexión a tierra (GET's)			
Mina Subte.	M&R (Infraestructura, LHD, Camiones, Jumbo, Martillo, Chancador, Correas)			
	Servicio de Terceros (Buses transporte de personal)			
	Combustibles y lubricantes			
	Neumáticos			
	Explosivos			
Planta Concentradora	Repuestos Chancado y Molienda			
	Servicios de M&R de equipos			
	Reactivos químicos			
	Bolas y Barras de molienda			
	Consumibles chancado y molienda			
Desaladora	Reactivos			
	Servicios de M&R (planta desaladora)			
	Inspección de Tubería Impulsión			
	Obras Marinas (mantención)			



	Extremo	Alto	Moderado	Bajo
Sx-Lix-Ew	Ácido sulfúrico			
	Goteros/ Microaspersores			
	Servicio de control de calidad			
	Repuestos			
	Reactivos químicos (diluyentes, extractantes, otros)			

Fuente: Cochilco



Tabla 5: Intensidad del riesgo de desabastecimiento para insumos de inversión

	Extremo	Alto	Moderado	Bajo
Mina Rajo	Camiones (CAEX)			
	Palas (hidráulicas y/o cables)			
	Bulldozer y/o Wheeldozer			
	Hormigón Estructuras (insumo, construcción y montaje)			
Mina Subte.	LHD			
	Jumbos			
	Martillos			
	Sistemas de drenaje			
	Sistemas: comunicaciones, informática industrial, automatización, etc.			
	Sistema de ventilación			
Planta Concentradora	Chancadores			
	Molinos			
	Equipos de bombeo			
	Celdas de flotación			
	Correas transportadoras			
	Espesadores			
	Baterías de hidrociclones			
	Construcción y Montaje (servicio)			
Desaladora	Bombas			
	Variadores de frecuencia			
	Rack Osmosis Inversa			
	Cañerías metálicas			
	Construcción y Montaje (servicio)			



	Extremo	Alto	Moderado	Bajo
Sx-Lix-EW	Apilador			
	Colector de polvo			
	Picador de Roca			
	Equipos de Bombeo (Bombas)			
	Cañerías (metálicas y no metálicas)			
	Equipos (telecomunicaciones, hidrometalurgia, eléctrico, Sx-EW, otros)			
	Correas transportadoras			
	Geomembranas			

Fuente: Cochilco

La intensidad de los riesgos desabastecimiento de cada insumo (bien o servicio), corresponde al promedio simple de los riesgos: por disponibilidad de insumo, alternativas de suministro y tiempo de entrega. Los detalles de las evaluaciones para cada uno de ellos se detallan en el anexos 2 y 3.

Se evaluaron 60 insumos (bienes y servicios) en distintas etapas de la cadena de valor de minero, tanto para en la operación como para en los procesos inversionales. De los 28 insumos evaluados en el opex, el 54% de ellos presenta un "alto" nivel de intensidad de riesgo de desabastecimiento, el 29% presenta un nivel "extremo", 18% corresponde a "moderado" y ninguno "bajo".

Los insumos que presentan una criticidad "extrema" en la operación son: combustibles (petróleo y lubricantes), explosivos, neumáticos y llantas, repuestos para chancado y molienda, reactivos químicos y el ácido sulfúrico. Sin embargo esa criticidad varía según el proceso, ya que por ejemplo, los neumáticos presentan una criticidad "extrema" en el proceso mina rajo, pero para el caso de la mina subterránea dicha criticidad disminuye a "alta".

Por otro lado, todos los insumos que presentan la criticidad extrema son productos y no servicios.

En general, los servicios presentan una criticidad "alta" y menor.

3.4.1 Intensidad del riesgo de desabastecimiento por factor

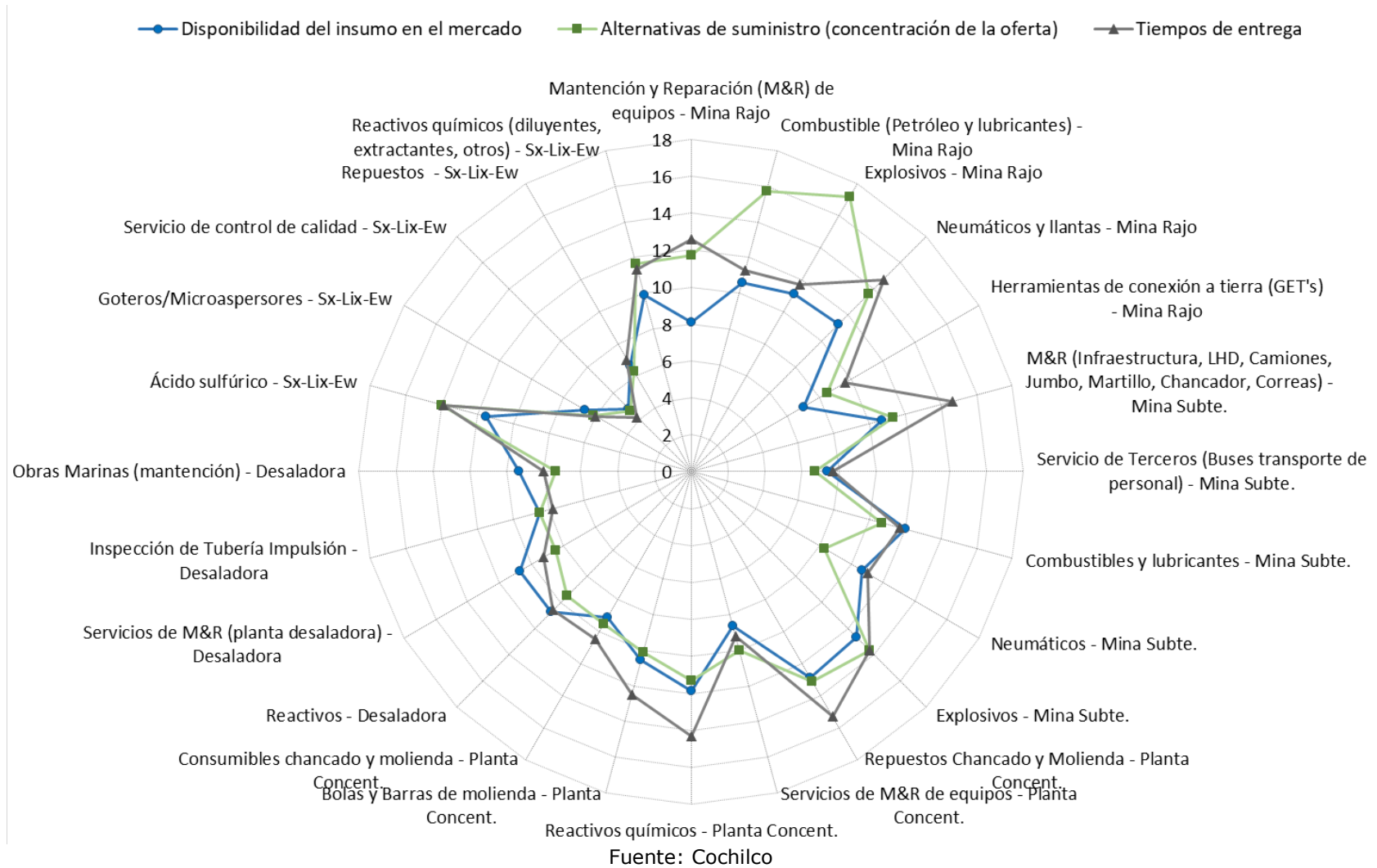
Tal como se indica en la propuesta metodológica, se evaluaron 3 factores que influyen en la criticidad de un conjunto de insumos que tiene alta participación en el opex y capex de operaciones y proyectos mineros.



Para cada factor se evaluó la probabilidad de ocurrencia y el nivel impacto que tendría una eventual situación de desabastecimiento. En la siguiente figura se presentan los resultados para 3 escenarios de riesgos de desabastecimiento y un conjunto de insumos utilizados en la operación de una faena minera.



Fig. 35: Intensidad del riesgo en insumos para operación



La escasa disponibilidad del insumo en el mercado y la concentración de la oferta (líneas en color azul y verde), son factores de riesgos de desabastecimiento que presentan niveles más o menos similares, para la muestra de insumos analizados. De igual forma y en términos globales los riesgos de dichos factores son inferiores a los riesgos exhibidos por el aumento en los tiempos de entrega (líneas en color gris).

Aumento en los tiempos de entrega

El eventual desabastecimiento ocasionado por aumento en los tiempos de entrega es percibido como un factor con riesgo extremo en 8 de los 24 insumos analizados.

El análisis del proceso mina rajo indica que los mayores riesgos de desabastecimiento se encuentran en los servicios de M&R de equipos y en la adquisición de neumáticos y llantas. En el proceso mina subterránea, nuevamente la M&R de infraestructura y equipos (LHD, camiones, jumbo, martillo, chancador y correas), es percibido como un servicio con un alto riesgo de desabastecimiento producto de la eventual extensión de los tiempos de entrega. Lo mismo ocurre con los explosivos.

En el proceso planta concentradora, el abastecimiento de repuestos para chancado y molienda, los reactivos químicos y las bolas y barras de molienda, son percibidos con un nivel de riesgo catalogado como extremo.

Finalmente, en el proceso de lixiviación, el abastecimiento de ácido sulfúrico es el que exhibe el mayor riesgo.

No disponibilidad del insumo en el mercado

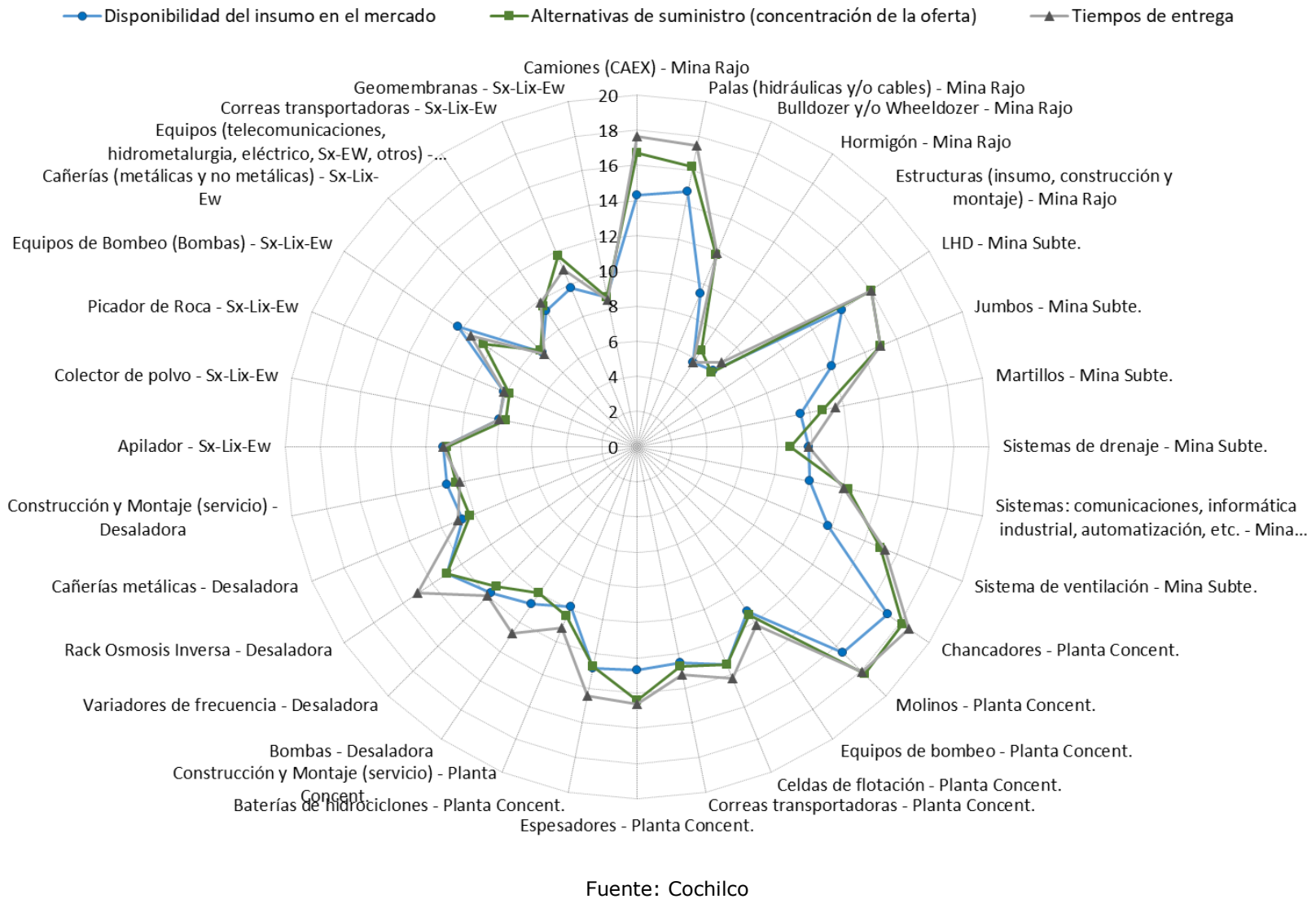
En cuanto a un eventual desabastecimiento por no disponibilidad de insumo en el mercado: los explosivos en el proceso mina subterránea y los repuestos para chancado y molienda, presentan riesgos extremos.

Pocas alternativas de suministro (concentración de la oferta)

El riesgo de desabastecimiento por pocas alternativas de suministro alcanza valores extremos para los combustibles, explosivos, neumáticos y llantas en el proceso mina rajo. Lo mismo ocurre con los explosivos, en el proceso mina subterránea. En la planta concentradora, los valores extremos sólo se presentan con los repuestos para chancado y molienda. En el proceso de sx, el ácido sulfúrico exhibe un riesgo de desabastecimiento extremo.



Fig. 36: Intensidad del riesgo en insumos para inversión



A diferencia de los insumos para operación minera, en los proyectos de inversión (bienes de capital), la falta de alternativas de suministros y los excesivos tiempos de entrega (líneas en color verde y gris), son factores que presentan niveles de riesgos de desabastecimiento similares. Los riesgos asociados a la poca disponibilidad del insumo en el mercado (líneas en color azul), son inferiores a los antes mencionados.

Por otro lado, transversalmente los riesgos extremos prevalecen en gran parte de los insumos del proceso planta concentradora y también en los insumos de procesos mina (rajo y subterránea).

Aumento en los tiempos de entrega

El eventual desabastecimiento ocasionado por aumento en los tiempos de entrega es percibido como un factor con riesgo extremo, en 13 de los 32 insumos analizados.

En el proceso mina rajo los mayores riesgos de desabastecimiento se encuentran en los camiones CAEX y palas (hidráulicas y cables). En el proceso mina subterránea, los riesgos extremos de abastecimiento son percibidos en la compra de LHD, jumbos y sistemas de ventilación.

En el proceso planta concentradora, casi la totalidad de los insumos analizados presentan una percepción de riesgo de desabastecimiento extremo: chancadoras, molinos, celdas de flotación, correas transportadoras, espesadores y baterías de hidrociclones.

Los equipos de bombeo y el rack de osmosis inversa, son activos que presentan un riesgo de abastecimiento extremo en la planta desaladora.

Finalmente, en el proceso de lixiviación, el abastecimiento de ácido sulfúrico es el que exhibe el mayor riesgo.

No disponibilidad del insumo en el mercado y pocas alternativas de suministro (concentración de la oferta)

En ambos factores, los insumos que presentan riesgos extremos son casi los mismos que los analizados para el factor "aumento en los tiempos de entrega".

En términos generales, los insumos que presentan los menores riesgos de abastecimiento ("moderados"), son el hormigón y estructuras (incluye insumos, construcción y montaje); ambos del procesos mina rajo. Por lo tanto, se puede concluir que dichos insumos exhiben un menor nivel de criticidad.



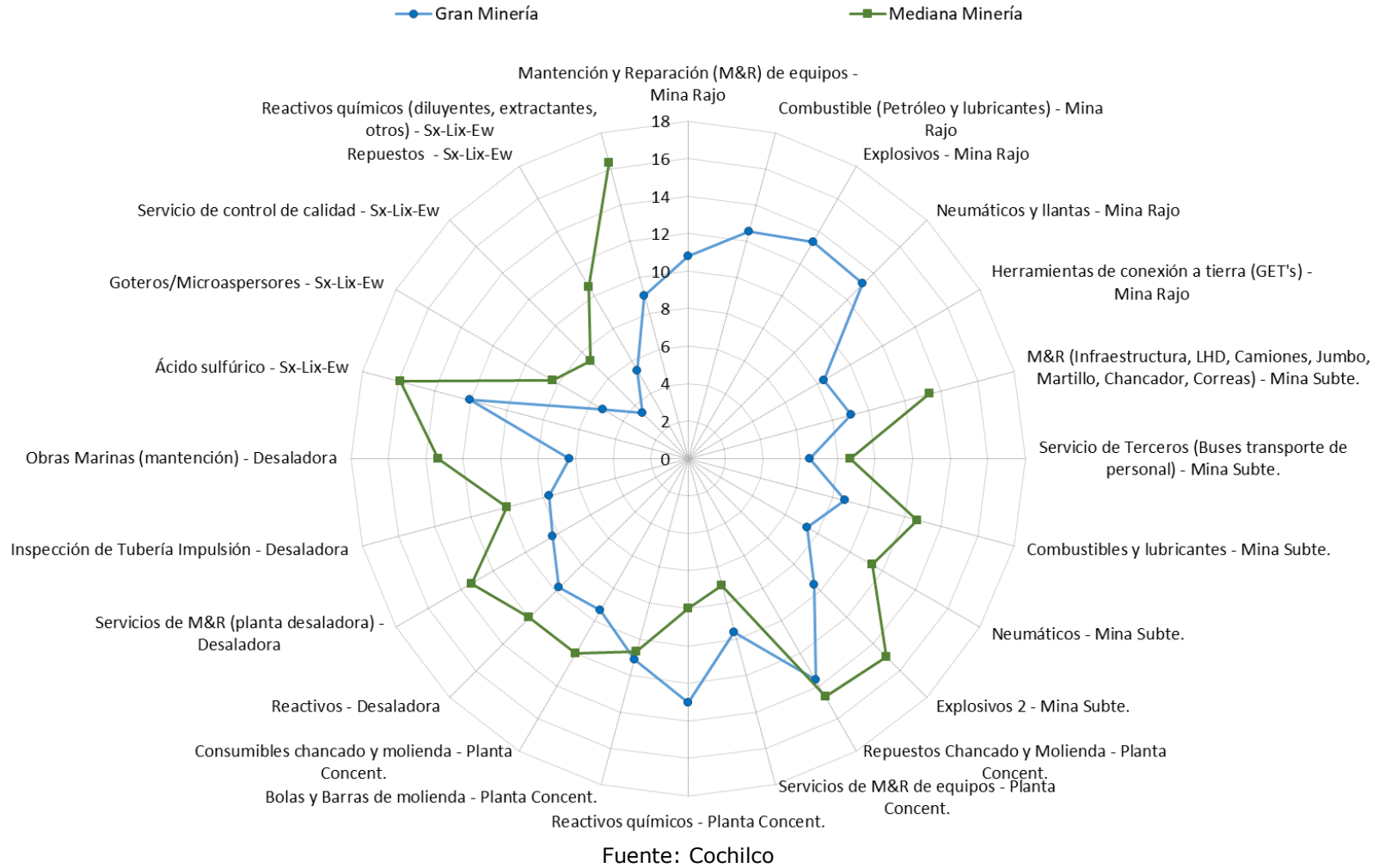
3.4.2 Intensidad del riesgo en la gran y mediana minería

En base a las respuestas recibidas es posible hacer la distinción entre las respuestas de las operaciones de la gran y mediana minería del cobre. De las 16 empresas encuestadas, 13 pertenecen a la gran minería y 3 a la mediana. A pesar del bajo número de empresas de la mediana minería, los resultados arrojan diferencias que en cierta forma marcan una tendencia respecto a la intensidad del riesgo percibido por las grandes empresas.

De las tres mineras de la mediana minería encuestadas, al menos una de ellas posee operaciones que se explotan a rajo abierto y subterráneo. Sin embargo, las tres empresas solo evaluaron el impacto y probabilidad de ocurrencia de operaciones subterráneas. Para el caso de los insumos para proyectos inversionales, la evaluación se hizo tanto para operaciones subterráneas como para rajo abierto.



Fig. 37: Intensidad del riesgo para insumos de operación, gran vs mediana minería



En los procesos operacionales, la mediana minería (línea de color verde), percibe mayores riesgos en la adquisición de insumos que la gran minería (línea de color azul). Las excepciones son los servicios de M&R equipos y la adquisición de reactivos químicos, ambos en el proceso de planta concentradora, donde los riesgos de adquisición de la mediana minera son menores.

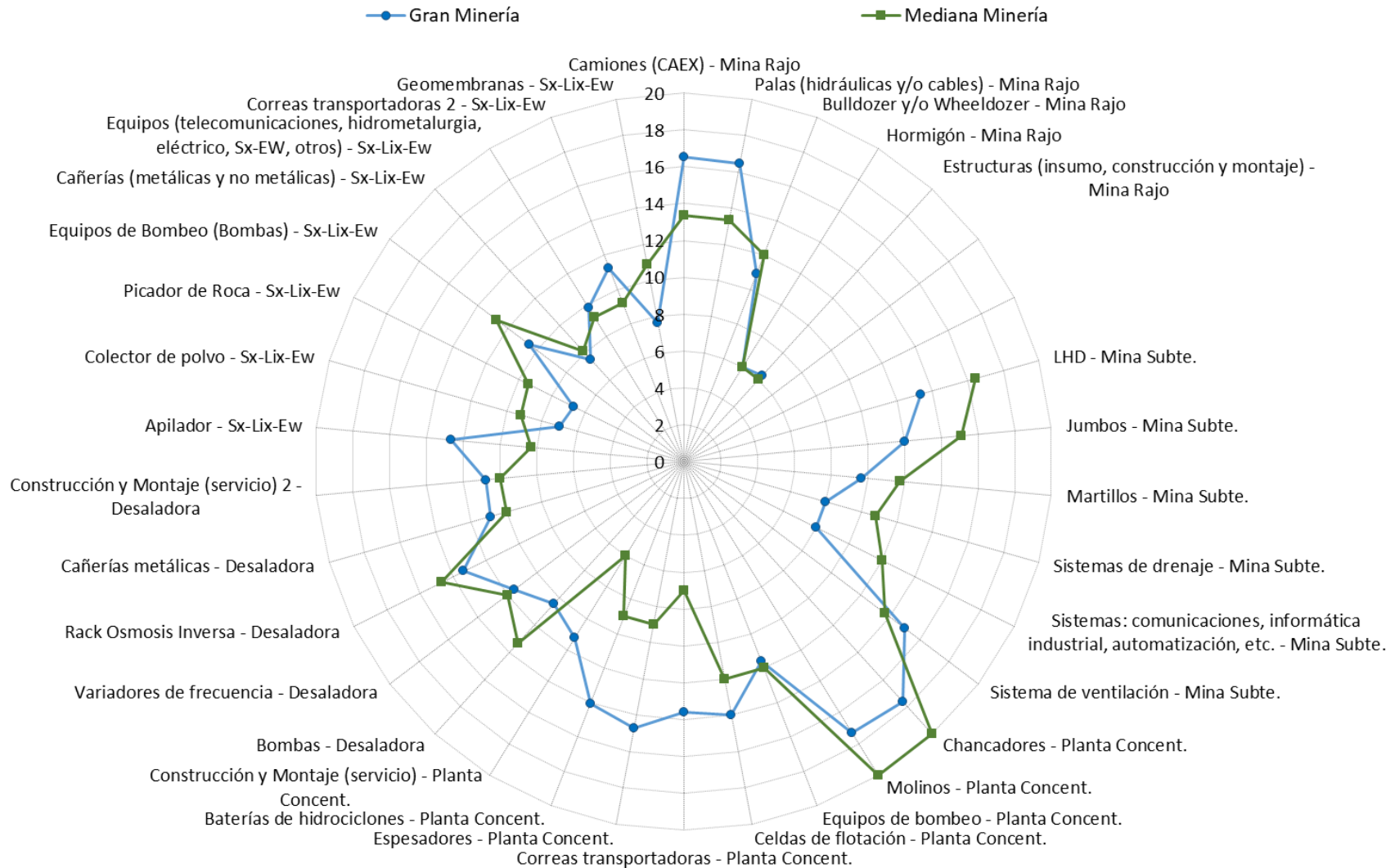
Los repuestos para chancado y molienda en el proceso Planta Concentradora exhiben un nivel de riesgo "extremo", tanto para las grandes como para las medianas mineras.

En esa misma línea, otros insumos que presentan un riesgo "extremo" en mediana minería son: M&R (infraestructura, LHD, camiones, jumbo, martillo, chancador y correas), combustibles y lubricantes, explosivos, todos en mina subterránea; servicios de M&R y mantención de obras marinas en desalación de agua de mar; reactivos químicos en lixiviación. En la gran minería, los riesgos de abastecimiento para dichos insumos son "altos".

Al contrario, los reactivos químicos de la planta concentradora de la gran minería, exhiben un riesgo "extremo" para la gran minería; en cambio para la mediana minería dichos insumos exhiben un nivel de riesgo "alto".



Fig. 38: Intensidad del riesgo para insumos de inversión, gran vs mediana minería



Fuente: Cochilco



A diferencia de lo que se observa en los insumos para operación, en los procesos inversionales la mediana minería (línea de color verde) y la gran minería (línea de color azul), presentan niveles de riesgos relativamente similares en el abastecimiento de insumos. Al respecto hay insumos que son percibidos con alto riesgo de desabastecimiento ("extremo"), tanto en la gran como mediana minería. Estos son:

- Camiones y palas (hidráulicas y cables) en mina rajo.
- Lhd y sistemas de ventilación en mina subterránea.
- Chancadores y molinos en la planta concentradora.
- Rack de osmosis inversa en planta desaladora de agua de mar.

Por otro lado, existen insumos que en la gran minería tienen un riesgo "extremo" comparado con un menor riesgo observado en la mediana minería. Estos son:

- Celdas de flotación, correas transportadoras, espesadores y baterías de hidrociclones en la planta concentradora.
- Equipo apilador en lixiviación

Al contrario, existen insumos que en la mediana minería poseen un riesgo "extremo" comparado con un menor riesgo observado en la gran minería. Estos son:

- Jumbos en mina subterránea.
- Equipos de bombeo en desalación de agua de mar y en el proceso de Lix-sx-ew.

3.5 Identificación de Insumos críticos

Basado en el análisis de los riesgos de abastecimiento y teniendo en consideración que los insumos analizados presentan un peso relativo significativo en la estructura del opex y capex de las ingenierías analizadas, se está en condiciones de definir si un insumo es crítico. Al respecto, en la siguiente tabla se resume la criticidad para cada uno de los insumos analizados, que no es otra cosa que un reordenamiento de las Tabla 4 y



Tabla 5.

Para efectos de la definición, se establece como insumo crítico a aquel que presenta un nivel de riesgo "extremo". Por el contrario, un insumo "no crítico" o de menor criticidad es aquel que puede presentar un nivel de riesgo "alto", "moderado" o "bajo".

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 para operación

N°	INSUMO (Producto / Servicio)	Clasificación
OPEX MINA CIELO ABIERTO		
1	Mantenimiento y Reparación (M&R) de equipos	No crítico
2	Combustible (Petróleo y lubricantes)	Crítico
3	Explosivos	Crítico
4	Neumáticos y llantas	Crítico
5	Herramientas de conexión a tierra (GET's)	No crítico
OPEX MINA SUBTERRANEA		
1	M&R (Infraestructura, LHD, Camiones, Jumbo, Martillo, Chancador, Correas)	No crítico
2	Servicio de Terceros (Buses transporte de personal)	No crítico
3	Combustibles y lubricantes	No crítico
4	Neumáticos	No crítico
5	Explosivos 2	Crítico
OPEX CONCENTRADORA		
1	Repuestos Chancado y Molienda	Crítico
2	Servicios de M&R de equipos	No crítico
3	Reactivos químicos	Crítico
4	Bolas y Barras de molienda	No crítico
5	Consumibles chancado y molienda	No crítico
OPEX DESALADORA (OBRAS MARINAS, PLANTA E IMPULSIÓN)		
1	Reactivos	No crítico
2	Servicios de M&R (planta desaladora)	No crítico
3	Inspección de Tubería Impulsión	No crítico
4	Obras Marinas (mantención)	No crítico
OPEX SX-LIX-EW		
1	Ácido sulfúrico	Crítico
2	Goteros/Microaspersores	No crítico
3	Servicio de control de calidad	No crítico
4	Repuestos	No crítico
5	Reactivos químicos (diluyentes, extractantes, otros)	No crítico

Fuente: Cochilco

De acuerdo con el análisis, de los 24 insumos analizados siete entran en la condición de críticos. Si bien la mayor parte de los insumos evaluados exhiben un nivel de riesgo "alto", para efectos de este informe solo se consideran como críticos los que exhiben un nivel "extremo". El resto de los insumos presenta una criticidad menor.



Tabla 7: Categorización de la criticidad de los insumos para inversión

N°	INSUMO (Producto / Servicio)	Clasificación
CAPEX MINA CIELO ABIERTO		
1	Camiones (CAEX)	Crítico
2	Palas (hidráulicas y/o cables)	Crítico
3	Bulldozer y/o Wheeldozer	No crítico
4	Hormigón	No crítico
5	Estructuras (insumo, construcción y montaje)	No crítico
CAPEX MINA SUBTERRÁNEA (infraestructura y equipos)		
1	LHD	Crítico
2	Jumbos	Crítico
3	Martillos	No crítico
4	Sistemas de drenaje	No crítico
5	Sistemas: comunicaciones, informática industrial, automatización, etc.	No crítico
6	Sistema de ventilación	Crítico
CAPEX CONCENTRADORA		
1	Chancadores	Crítico
2	Molinos	Crítico
3	Equipos de bombeo	No crítico
4	Celdas de flotación	Crítico
5	Correas transportadoras	Crítico
6	Espesadores	Crítico
7	Baterías de hidrociclones	Crítico
8	Construcción y Montaje (servicio)	No crítico
CAPEX DESALADORA		
1	Bombas	No crítico
2	Variadores de frecuencia	No crítico
3	Rack Osmosis Inversa	Crítico
4	Cañerías metálicas	No crítico
5	Construcción y Montaje (servicio) 2	No crítico
CAPEX LIX-SX-EW		
1	Apilador	No crítico
2	Colector de polvo	No crítico
3	Picador de Roca	No crítico
4	Equipos de Bombeo (Bombas)	No crítico
5	Cañerías (metálicas y no metálicas)	No crítico
6	Equipos (telecomunicaciones, hidrometalurgia, eléctrico, Sx-EW, otros)	No crítico
7	Correas transportadoras 2	No crítico
8	Geomembranas	No crítico

Fuente: Cochilco

De los 32 insumos (bienes de capital) analizados, doce entran en la condición de críticos. Al igual que los insumos para operación, la mayor parte de los insumos evaluados exhiben un nivel de riesgo "alto", pero para efectos de este informe



solo se consideran como críticos los que exhiben un nivel "extremo". Es decir, el resto de los insumos presenta una criticidad menor.

4 Comentarios finales

- a) En esta versión del informe, se ha mejorado la metodología para identificar de manera más precisa los insumos percibidos como críticos. Se ha tenido en cuenta el momento específico del análisis y se ha cuantificado el riesgo de abastecimiento basándose en las percepciones de las áreas de adquisición de las principales empresas de la gran minería del cobre, así como algunas empresas de la mediana minería del cobre. Si bien la percepción del riesgo de abastecimiento no cambia drásticamente de un año a otro, puede verse influenciada por el ciclo económico que atraviesa la industria minera.
- b) Los estudios a nivel de prefactibilidad y factibilidad, respaldados por ingenierías conceptuales y básicas, proporcionan información valiosa para identificar los insumos de mayor relevancia en los costos operativos (opex) y los gastos de capital (capex).
- c) A diferencia de la versión de 2014 de este informe, ahora se evalúa la criticidad de algunos insumos que forman parte de los bienes de capital en proyectos de minería subterránea.
- d) Existe un conjunto de insumos mineros críticos que se pueden monitorear con el fin de identificar, conocer y seguir la evolución de las principales variables en esos mercados. Es importante destacar que Cochilco ha estado realizando un seguimiento constante de los insumos críticos de alto impacto en la minería, como la energía eléctrica, el agua y el ácido sulfúrico, desde hace varios años. Estos insumos, además de ser críticos, también se consideran estratégicos.
- e) Según el análisis realizado, de los 24 insumos operativos estudiados, siete presentan un nivel de riesgo "extremo" y se consideran críticos. Estos incluyen combustibles (petróleo y lubricantes), explosivos, neumáticos y llantas, repuestos para chancado y molienda, reactivos químicos y ácido sulfúrico. Por otro lado, de los 32 insumos de capital analizados, doce se consideran críticos, como camiones (CAEX), palas (hidráulicas y/o cables), LHD, jumbos, sistemas de ventilación, chancadores, molinos, celdas de flotación, correas transportadoras, espesadores, baterías de hidrociclones y rack de osmosis inversa.
- f) En la práctica, se observa que cuando surge el riesgo de escasez, las empresas mineras suelen buscar alternativas con otros proveedores o implementar medidas de contingencia para mitigar los efectos. No obstante, estas acciones pueden generar aumentos en los costos operativos o de inversión, dependiendo de la situación.
- g) En general, la mediana minería percibe mayores riesgos en la adquisición de insumos en comparación con la gran minería, especialmente en los procesos operacionales. Sin embargo, esta situación cambia al analizar los

insumos para proyectos de inversión, ya que tanto la gran minería como la mediana minería presentan niveles similares de riesgo de abastecimiento.

5 Bibliografía

CAIGG. (2022). *Implantación, mantención y actualización del proceso de gestión de riesgos en el sector público.*

Chopra, S., & Meindl, P. (2012). *Supply Chain Management: Strategy, Planning, and Operation.* Pearson, Prentice Hall.

Hilletoft, P., Ericsson, D., & Christopher, M. (2009). *Demand chain management: a Swedish industrial case study.* doi:10.1108/02635570911002261

Manuj, I., & Mentzer, J. (2008). *Global supply chain risk management strategies.* doi:10.1108/09600030810866986

Tang, C. (2006). *Perspectives in supply chain risk management.* doi:10.1016/j.ijpe.2005.12.006



6 Anexos

Anexo 1: Formulario Encuesta Riesgo de Abastecimiento



**FORMULARIO
 ENCUESTA RIESGO DE ABASTECIMIENTO**

OPEX (1 de 2)		(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)	Impacto	Probabilidad de Ocurrencia			Comentario u observación
		Impacto que tendría en el negocio por problemas de abastecimiento del insumo	No disponibilidad del insumo en el mercado	Pocas alternativas de suministro (concentración de la oferta)	Elevados tiempos de entrega	
OPEX MINA CIELO ABIERTO						
1	Mantenimiento y Reparación (M&R) de equipos					
2	Combustible (Petróleo y lubricantes)					
3	Explosivos					
4	Neumáticos y llantas					
5	Herramientas de conexión a tierra (GETs)					
OPEX MINA SUBTERRANEA						
1	M&R (Infraestructura, LHD, Camiones, Jumbo, Martillo, Chancador, Correas)					
2	Servicio de Terceros (Buses transporte de personal)					
3	Combustibles y lubricantes					
4	Neumáticos					
5	Explosivos					
OPEX CONCENTRADORA						
1	Repuestos Chancado y Molienda					
2	Servicios de M&R de equipos					
3	Reactivos químicos					
4	Bolas y Barras de molienda					
5	Consumibles chancado y molienda					
OPEX DESALADORA (OBRAS MARINAS, PLANTA E IMPULSIÓN)						
1	Reactivos					
2	Servicios de M&R (planta desaladora)					
3	Inspección de Tubería Impulsión					
4	Obras Marinas (mantención)					
OPEX SX-LIX-EW						
1	Ácido sulfúrico					
2	Gateros/Microaspersores					
3	Servicio de control de calidad					
4	Repuestos					
5	Reactivos químicos (diluyentes, extractantes, otros)					



CAPEX (2 de 2)		(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)	Impacto Impacto que tendría en el negocio por problemas de abastecimiento del insumo	Probabilidad de Ocurrencia			Comentarios u observaciones
			No disponibilidad del insumo en el mercado	Pocas alternativas de suministro (concentración de la oferta)	Elevados tiempos de entrega	
CAPEX MINA CIELO ABIERTO						
1	Camiones (CAEX)					
2	Palas (hidráulicas y/o cables)					
3	Bulldozer y/o Wheeldozer					
4	Hormigón					
5	Estructuras (insumo, construcción y montaje)					
CAPEX MINA SUBTERRÁNEA (infraestructura y equipos)						
1	LHD					
2	Jumbos					
3	Martillos					
4	Sistemas de drenaje					
5	Sistemas: comunicaciones, informática industrial, automatización, etc.					
6	Sistema de ventilación					
CAPEX CONCENTRADORA						
1	Chancadores					
2	Molinos					
3	Equipos de bombeo					
4	Celdas de flotación					
5	Correas transportadoras					
6	Espesadores					
7	Baterías de hidrociclones					
8	Construcción y Montaje (servicio)					
CAPEX DESALADORA						
1	Bombas					
2	Variadores de frecuencia					
3	Rack Osmosis Inversa					
4	Cañerías metálicas					
5	Construcción y Montaje (servicio)					
CAPEX LIX-SX-EW						
1	Apilador					
2	Colector de polvo					
3	Picador de Roca					
4	Equipos de Bombeo (Bombas)					
5	Cañerías (metálicas y no metálicas)					
6	Equipos (telecomunicaciones, hidrometalurgia, eléctrico, Sx-EW, otros)					
7	Correas transportadoras					
8	Geomembranas					



Anexo 2: Evaluación de Riesgos Insumos Operación

N°	INSUMO (Producto / Servicio)	Riesgos			
		No disponibilidad del insumo en el mercado	Pocas alternativas de suministro (concentración de la oferta)	Elevados tiempos de entrega	Promedio
OPEX MINA CIELO ABIERTO					
1	Mantenimiento y Reparación (M&R) de equipos	8,1	11,7	12,6	11
2	Combustible (Petróleo y lubricantes)	10,6	15,7	11,3	13
3	Explosivos	11,1	17,2	11,7	13
4	Neumáticos y llantas	11,3	13,6	14,7	13
5	Herramientas de conexión a tierra (GETs)	7,0	8,5	9,6	8
OPEX MINA SUBTERRANEA					
1	M&R (Infraestructura, LHD, Camiones, Jumbo, Martillo, Chancador, Correas)	10,7	11,3	14,7	12
2	Servicio de Terceros (Buses transporte de personal)	7,3	6,7	7,7	7
3	Combustibles y lubricantes	12,0	10,7	11,7	11
4	Neumáticos	10,7	8,3	11,0	10
5	Explosivos 2	12,7	13,7	13,7	13
OPEX CONCENTRADORA					
1	Repuestos Chancado y Molienda	12,9	13,1	15,3	14
2	Servicios de M&R de equipos	8,6	10,0	9,2	9
3	Reactivos químicos	11,9	11,3	14,3	13
4	Bolas y Barras de molienda	10,6	10,1	12,5	11
5	Consumibles chancado y molienda	9,1	9,5	10,4	10
OPEX DESALADORA (OBRAS MARINAS, PLANTA E IMPULSIÓN)					
1	Reactivos	10,8	9,5	10,6	10
2	Servicios de M&R (planta desaladora)	10,8	8,5	9,3	10
3	Inspección de Tubería Impulsión	8,5	8,5	7,8	8
4	Obras Marinas (mantención)	9,3	7,3	8,0	8
OPEX SX-LIX-EW					
1	Ácido sulfúrico	11,5	14,0	13,9	13
2	Goteros/Microaspersores	6,7	6,1	6,0	6
3	Servicio de control de calidad	4,8	4,7	4,2	5
4	Repuestos	6,6	6,3	7,0	7
5	Reactivos químicos (diluyentes, extractantes, otros)	9,9	11,7	11,3	11



Anexo 3: Evaluación de Riesgos Insumos Bienes de Capital

N°	INSUMO (Producto / Servicio)	Riesgos			
		No disponibilidad del insumo en el mercado	Pocas alternativas de suministro (concentración de la oferta)	Elevados tiempos de entrega	Promedio
CAPEX MINA CIELO ABIERTO					
promedio					
1	Camiones (CAEX)	14,3	16,7	17,6	16
2	Palas (hidráulicas y/o cables)	14,8	16,2	17,5	16
3	Bulldozer y/o Wheeldozer	9,4	11,8	11,9	11
4	Hormigón	5,8	6,6	5,8	6
5	Estructuras (insumo, construcción y montaje)	6,1	6,0	6,8	6
CAPEX MINA SUBTERRÁNEA (infraestructura y equipos)					
1	LHD	14,0	16,0	16,0	15
2	Jumbos	12,0	15,0	15,0	14
3	Martillos	9,5	10,8	11,5	11
4	Sistemas de drenaje	9,8	8,8	9,8	9
5	Sistemas: comunicaciones, informática industrial, automatización, etc.	10,0	12,3	12,0	11
6	Sistema de ventilación	11,8	15,0	15,3	14
CAPEX CONCENTRADORA					
1	Chancadores	17,1	18,1	18,6	18
2	Molinos	16,6	18,3	18,1	18
3	Equipos de bombeo	11,3	11,5	12,2	12
4	Celdas de flotación	13,4	13,4	14,3	14
5	Correas transportadoras	12,5	12,8	13,2	13
6	Espesadores	12,7	14,4	14,6	14
7	Baterías de hidrociclones	12,9	12,7	14,4	13
8	Construcción y Montaje (servicio)	9,9	10,4	11,1	10
CAPEX DESALADORA					
1	Bombas	10,8	10,0	12,8	11
2	Variadores de frecuencia	11,8	11,3	12,0	12
3	Rack Osmosis Inversa	13,0	13,0	15,0	14
4	Cañerías metálicas	10,8	10,3	11,0	11
5	Construcción y Montaje (servicio) 2	11,0	10,5	10,3	11
CAPEX LIX-SX-EW					
1	Apilador	11,0	10,8	11,0	11
2	Colector de polvo	8,0	7,6	8,0	8
3	Picador de Roca	8,2	7,8	8,2	8
4	Equipos de Bombeo (Bombas)	12,3	10,5	11,4	11
5	Cañerías (metálicas y no metálicas)	7,6	7,7	7,4	8
6	Equipos (telecomunicaciones, hidrometalurgia, eléctrico, Sx-EW, otros)	9,3	9,6	9,9	10
7	Correas transportadoras 2	9,8	11,8	10,9	11
8	Geomembranas	8,7	8,7	8,5	9



Anexo 4: Evaluación de Riesgos Insumos Operación- Gran vs Mediana minería

OPEX		Gran Minería				Mediana Minería			
		<i>Promedio recortado</i>				<i>Promedio simple</i>			
N°	INSUMO (Producto / Servicio)	Riesgos				Riesgos			
		No disponibilidad del insumo en el mercado	Pocas alternativas de suministro (concentración de la oferta)	Elevados tiempos de entrega	Promedio	No disponibilidad del insumo en el mercado	Pocas alternativas de suministro (concentración de la oferta)	Elevados tiempos de entrega	Promedio
OPEX MINA CIELO ABIERTO									
1	Mantenimiento y Reparación (M&R) de equipos	8,1	11,7	12,6	11				
2	Combustible (Petróleo y lubricantes)	10,6	15,7	11,3	13				
3	Explosivos	11,1	17,2	11,7	13				
4	Neumáticos y llantas	11,3	13,6	14,7	13				
5	Herramientas de conexión a tierra (GETs)	7,0	8,5	9,6	8				
OPEX MINA SUBTERRANEA									
1	M&R (Infraestructura, LHD, Camiones, Jumbo, Martillo, Chancador, Correas)	11	5	11	9	10,7	14,7	14,7	13
2	Servicio de Terceros (Buses transporte de personal)	8	5	7	7	7,3	10,0	8,7	9
3	Combustibles y lubricantes	12	5	10	9	12,0	14,3	11,7	13
4	Neumáticos	10	4	8	7	10,7	12,3	11,0	11
5	Explosivos 2	12	5	12	10	12,7	18,7	13,7	15
OPEX CONCENTRADORA									
1	Repuestos Chancado y Molienda	13,0	12,8	15,2	14	12,0	16,0	16,0	15
2	Servicios de M&R de equipos	9,0	10,1	9,6	10	6,0	9,0	6,0	7
3	Reactivos químicos	12,4	11,8	15,0	13	8,0	8,0	8,0	8
4	Bolas y Barras de molienda	10,9	9,9	12,6	11	8,0	12,0	12,0	11
5	Consumibles chancado y molienda	8,7	9,1	10,3	9	12,0	12,0	12,0	12
OPEX DESALADORA (OBRAS MARINAS, PLANTA E IMPULSIÓN)									
1	Reactivos	10,3	8,7	10,3	10	12,0	12,0	12,0	12
2	Servicios de M&R (planta desaladora)	9,3	7,3	8,3	8	16,0	12,0	12,0	13
3	Inspección de Tubería Impulsión	8,3	7,3	7,3	8	9,0	12,0	9,0	10
4	Obras Marinas (mantención)	8,0	5,0	6,0	6	12,0	12,0	16,0	13
OPEX SX-LIX-EW									
1	Ácido sulfúrico	10,8	12,0	13,4	12	14,3	17,3	16,0	16
2	Goteros/Microaspersores	5,0	5,7	5,0	5	10,0	7,0	8,0	8
3	Servicio de control de calidad	3,3	3,8	3,3	3	8,0	8,0	6,0	7
4	Repuestos	5,2	5,2	5,8	5	11,3	9,0	11,3	11
5	Reactivos químicos (diluyentes, extractantes, otros)	8,3	9,5	9,2	9	14,3	17,3	17,3	16

Anexo 5: Evaluación de Riesgos Insumos Bienes de Capital- Gran vs Mediana minería

CAPEX		Gran Minería				Mediana Minería			
N°	INSUMO (Producto / Servicio)	Riesgos				Riesgos			
		No disponibilidad del insumo en el mercado	Pocas alternativas de suministro (concentración de la oferta)	Elevados tiempos de entrega	Promedio	No disponibilidad del insumo en el mercado	Pocas alternativas de suministro (concentración de la oferta)	Elevados tiempos de entrega	Promedio
CAPEX MINA CIELO ABIERTO									
1	Camiones (CAEX)	14,1	17,2	18,2	17	16,0	12,0	12,0	13
2	Palas (hidráulicas y/o cables)	14,7	16,7	18,0	16	16,0	12,0	12,0	13
3	Bulldozer y/o Wheeldozer	9,1	11,8	11,9	11	12,0	12,0	12,0	12
4	Hormigón	5,8	6,6	5,8	6	6,0	6,0	6,0	6
5	Estructuras (insumo, construcción y montaje)	6,1	6,0	6,9	6	6,0	6,0	6,0	6
CAPEX MINA SUBTERRÁNEA (infraestructura y equipos)									
1	LHD	12,0	12,0	16,0	13	14,7	17,3	17,3	16
2	Jumbos	8,0	12,0	16,0	12	13,3	16,0	16,0	15
3	Martillos	8,0	9,0	12,0	10	11,3	11,3	12,7	12
4	Sistemas de drenaje	8,0	8,0	8,0	8	10,3	10,3	11,7	11
5	Sistemas: comunicaciones, informática industrial, automatización, etc.	6,0	12,0	6,0	8	10,7	12,0	13,3	12
6	Sistema de ventilación	10,0	15,0	20,0	15	12,3	15,0	13,7	14
CAPEX CONCENTRADORA									
1	Chancadores	16,7	17,8	18,4	18	20,0	20,0	20,0	20
2	Molinos	16,0	18,0	17,9	17	20,0	20,0	20,0	20
3	Equipos de bombeo	11,1	11,4	12,3	12	12,0	12,0	12,0	12
4	Celdas de flotación	13,7	13,7	14,6	14	12,0	12,0	12,0	12
5	Correas transportadoras	13,0	13,7	14,1	14	9,0	6,0	6,0	7
6	Espesadores	13,3	15,3	15,4	15	9,0	9,0	9,0	9
7	Baterías de hidrociclones	13,5	13,3	15,3	14	9,0	9,0	9,0	9
8	Construcción y Montaje (servicio)	10,5	11,2	12,0	11	6,0	6,0	6,0	6
CAPEX DESALADORA									
1	Bombas	10,3	9,3	11,7	10	12,0	12,0	16,0	13
2	Variadores de frecuencia	11,7	11,0	12,0	12	12,0	12,0	12,0	12
3	Rack Osmosis Inversa	12,0	13,3	14,7	13	16,0	12,0	16,0	15
4	Cañerías metálicas	10,3	10,7	11,7	11	12,0	9,0	9,0	10
5	Construcción y Montaje (servicio) 2	10,7	11,0	10,7	11	12,0	9,0	9,0	10
CAPEX LIX-SX-EW									
1	Apilador	12,7	12,7	12,7	13	8,5	8,0	8,5	8
2	Colector de polvo	7,0	7,0	7,0	7	9,5	8,5	9,5	9
3	Picador de Roca	7,0	7,0	6,0	7	9,3	8,7	10,3	9
4	Equipos de Bombeo (Bombas)	10,8	10,0	10,8	11	14,7	11,3	12,3	13
5	Cañerías (metálicas y no metálicas)	7,3	8,0	7,3	8	9,3	7,3	7,7	8
6	Equipos (telecomunicaciones, hidrometalurgia, eléctrico, Sx-EW, otros)	9,0	10,5	10,0	10	9,7	8,3	9,7	9
7	Correas transportadoras 2	9,6	12,8	11,4	11	9,0	9,0	9,7	9
8	Geomembranas	8,0	8,0	7,0	8	10,7	10,7	11,3	11

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

Ronald Monsalve Helfant
Analista Mercado Minero

Victor Garay Lucero
Director de Estudios y Políticas Públicas (s)

Julio / 2023

