



Análisis del mercado de insumos críticos en la minería del cobre

DEPP 12/2015

Resumen Ejecutivo

Insumos críticos son aquellos cuya situación de abastecimiento podría resultar ser crucial para el proyecto/operación minera en el mediano y largo plazo. La criticidad está en función del riesgo de desabastecimiento, alta dependencia de las importaciones, monopolio de los insumos, como también el peso relativo del insumo en la estructura de costos.

Este trabajo surge de la aplicación de la metodología elaborada por Cochilco para identificar insumos críticos en la minería. En una primera etapa se analizan 3 insumos relevantes para la minería: Cal, Bolas de Molienda y Camiones CAEX. Sin embargo, Cochilco hace seguimiento a otros insumos relevantes para la minería, como lo son el agua, energía eléctrica, ácido sulfúrico y capital humano.

Los objetivos son:

- i. Conocer el mercado de aquellos insumos considerados como críticos.
- ii. Hacer seguimiento a los insumos críticos.

Cal

Con respecto a la cal (CaO), en conjunto las 3 principales empresas productoras de cal (Inacesa, Soprocál y Sopromin), tienen una capacidad instalada de 1,4 millones de toneladas. Sin embargo, los volúmenes importados de CaO juegan un rol importante ya que han superado con creces el déficit entre capacidad de producción nacional y demanda. Por lo anterior, las cifras indican que las importaciones de CaO proveniente de Argentina han sustituido una parte de la producción nacional (aprox. 40%). Dicha situación se ve favorecida por la buena calidad de la cal importada y competitividad de los precios.

En relación al consumo de cal, para la minería y otros usos, pasaría de los 1 a 1,76 millones de toneladas en el periodo 2014-2020.

Con los nuevos proyectos se lograría una capacidad de 1,7 millones de toneladas anuales de cal, que no alcanza a satisfacer la demanda futura, por lo que se deberá recurrir a las importaciones (principalmente de Argentina), lo que presionaría al alza los precios a partir del 2017.

Bolas de Molienda

En relación con las bolas de acero para molienda, existen 3 empresas (Moly Cop, SK Sabo y Proacer), que en conjunto tienen una capacidad instalada es de 535 ktpa, la cual podría incrementarse a 733 ktpa con la entrada en operación de nuevas plantas. Sin embargo, a diferencia del mercado de la cal, los volúmenes importados de bolas siguen siendo marginales en comparación con la capacidad instalada nacional.

El consumo de bolas de molienda en la minería del cobre pasaría de aprox. 450 a 950 miles de toneladas en el periodo 2014-2025.

Desde el año 2005, el costo CIF de las importaciones ha venido aumentando. A partir del año 2019 el precio de las bolas de molienda podría aumentar, ya que la oferta nacional no logrará satisfacer la demanda compuesta por un escenario en que se concretan todas las inversiones mineras.

Camiones de Extracción (CAEX)

El mercado de los camiones de extracción en la minería del cobre nacional es dominado ampliamente por 2 empresas que suman una participación del 95%: Caterpillar y Komatsu. Sin embargo, el segmento de camiones con capacidad de carga superior a las 200 toneladas es liderado por Komatsu.

Los reemplazos por término de vida útil y las necesidades de equipos adicionales para satisfacer el aumento de movimiento de material, determinan la demanda futura de camiones de extracción. Al respecto, para el periodo 2015-2025 existiría una necesidad potencial de aproximadamente 700 unidades. Dicha cifra considera operaciones cuyo parque de camiones mueve el 90% del material de las operaciones a cielo abierto.



Resumen Ejecutivo	I
1. Introducción y objetivos	3
2. Cal	5
2.1. Ciclo de la Cal	5
2.2. Usos de la Cal	5
2.3. Oferta de Cal	7
2.3.1. Producción Nacional	7
2.3.2. Importaciones de Cal	9
2.4. Demanda de Cal	10
2.4.1. Uso final de la Cal.....	10
2.4.2. Consumo de Cal en la Minería del Cobre.....	11
2.5. Balance de Oferta y Demanda	12
2.6. Precio de la Cal.....	13
3. Bolas de molienda	15
3.1. Uso de bolas de molienda en minería del cobre	15
3.1.1. Grado de llenado y tamaño de las bolas de molienda.....	15
3.2. Oferta de Bolas de Molienda	16
3.2.1. Producción Nacional	16
3.2.2. Importaciones de bolas de molienda.....	18
3.3. Demanda de bolas de molienda para la minería	20
3.4. Balance de Oferta y Demanda	21
3.5. Precio Bolas de Molienda	22
4. Camiones CAEX	23
4.1. Oferta de camiones.....	23
4.1.1. Importaciones de camiones.....	23
4.1.2. Parque de camiones en las operaciones mineras.....	24
4.2. Demanda de camiones	25
4.3. Precio camiones CAEX.....	27
5. Conclusiones	29
6. Bibliografía.....	31
7. Anexo	32



Índice de figuras

Fig. 1: Importaciones de Cal 2005-2014.....	9
Fig. 2: Principales empresas importadoras de Cal Viva 2005-2014	10
Fig. 3: Participación (%) por uso final de la cal en Chile	11
Fig. 4: Consumos estimados de CaO 2014-2020 (toneladas).....	12
Fig. 5: Balance Oferta – Demanda de Cal (2014-2020)	13
Fig. 6: Costo Unitario CIF (US\$/ton) de Óxido de Calcio 2005-2014	14
Fig. 7: Principales empresas importadoras de bolas de molienda (2005-2014)	19
Fig. 8: Origen de las importaciones de bolas de molienda (2005-2014).....	19
Fig. 9: Proyección Consumo de Bolas de Acero (2014-2025).....	20
Fig. 10: Balance Oferta – Demanda de Bolas de Acero (2014-2025)	21
Fig. 11: Costo Unitario CIF bolas de molienda vs Precio Acero 2005-2014	22
Fig. 12: Unidades de camiones mineros importados en el periodo 2002-2014	23
Fig. 13: Material movido mina a cielo abierto (2015-2025).....	26
Fig. 14: Costo CIF (Millones US\$/unid) camiones CAEX	27

Índice de tablas

Tabla 1: Usos de la Cal.....	6
Tabla 2: Principales productores de Cal en Chile para la Minería.....	8
Tabla 3: Grado de llenado	16
Tabla 4: Uso de Medios de Molienda.....	16
Tabla 5: Empresas productoras de Bolas de Molienda	17
Tabla 6: Participación por Marca	24
Tabla 7: Participación por capacidad de camiones en operaciones mineras	24
Tabla 8: Participación por capacidad de camiones en empresas de servicios.....	25
Tabla 9: Estimación necesidad de camiones 2015 -2025 (sin ajuste)	27
Tabla 10: Principales modelos Caex utilizados en operaciones mineras de Gran Minería.....	32
Tabla 11: Unidades de camiones mineros importados en el periodo 2002-2014	1



1. Introducción y objetivos

Los objetivos de este estudio son:

1. Apoyar el crecimiento de la actividad e inversión minera en nuestro país mediante la identificación y conocimiento del mercado de aquellos insumos considerados como críticos.
2. Contribuir al monitoreo de políticas públicas orientadas al desarrollo sustentable de la minería en Chile y a consolidar su aporte al país, mediante la elaboración de estudios que le hagan seguimiento a los insumos críticos.

Este trabajo surge de la aplicación de la metodología para identificar insumos críticos en la minería, elaborado por Cochilco en el año 2014. Dicha metodología identificó de manera razonable la mayoría de los insumos percibidos como críticos, tanto en la operación (OPEX) como en los proyectos de inversión (CAPEX).

Los insumos críticos para el OPEX son:

- Energía Eléctrica Chancado y Molienda (Concentradora)
- Energía Eléctrica Sistema de Impulsión (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)
- Ácido Sulfúrico (Lx-Sx-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)

Por otro lado, los insumos críticos para el CAPEX son:

- Pala de Cable (Mina Rajo)
- Camiones (CAEX) (Mina Rajo)
- Molino de Bolas y Barras (Pta. Concentradora)
- Molino SAG (Pta. Concentradora)

- _ Geomembrana (Lx)
- _ Correas transportadoras (Lx)
- _ Edificio Molienda (Pta. Concentradora)

Adicionalmente, la Mano de Obra y el Hormigón son insumos sobre los cuales hay coincidencia respecto de su criticidad, pero que no fueron identificados por la metodología por falta de información.

Como conclusión, surgió la necesidad de hacer seguimiento a aquellos insumos 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, el agua, el ácido sulfúrico y el capital humano.

En esta primera etapa se analizarán 3 insumos mineros: cal, bolas de molienda y camiones de extracción (CAEX), para posteriormente continuar con el análisis de otros insumos.

A modo de referencia, se tiene que:

- _ La Cal representa el 2% de los costos de operación de una Planta Concentradora y 17% del sub proceso Flotación Colectiva.
- _ Las Bolas de Molienda representan el 11% de los costos de operación de una Planta Concentradora.
- _ En una mina a cielo abierto la compra de los camiones de extracción representan el 29% del CAPEX.



2. Cal

La cal es el producto que se obtiene calcinando la piedra caliza, que es un mineral, por debajo de la temperatura de descomposición del óxido de calcio. En ese estado se denomina cal viva (óxido de calcio) y si se apaga sometiéndola al tratamiento de agua, se le llama cal apagada (hidróxido de calcio). Tal como se explicará más adelante, el principal uso de la cal (cal viva) en minería es como regulador de pH en los procesos de molienda y flotación de minerales de cobre.

2.1. Ciclo de la Cal

Para entender los conceptos de Cal Viva y Cal Apagada es necesario conocer el Ciclo de la Cal.

Calcinación

La cal se fabrica a partir de carbonatos de calcio (CaCO_3) de alta pureza (calizas), que son sometidos a un proceso de calcinación, en hornos verticales o rotatorios a temperaturas cercanas a los 1.300°C , que permiten la descomposición de éste, permitiendo la siguiente reacción química:



El CaO (sólido) se conoce comúnmente como **Cal Viva** y su principal característica es que posee una alta alcalinidad (pH 12), por lo que se utiliza como regulador de pH en la minería y en los procesos industriales, para neutralizar, ablandar y clarificar agua, y para la estabilización de suelos arcillosos.

Hidratación

El óxido de calcio es químicamente inestable y al añadir agua, en el proceso conocido como hidratación, se convierte en hidróxido de calcio Ca(OH)_2 , comúnmente llamada Cal Apagada, Cal Aérea o Cal Hidratada. El proceso de hidratación o apagado es rápido y libera una gran cantidad de calor.



Re carbonatación

Al reaccionar la Cal Apagada con el CO_2 del aire, proceso denominado re carbonatación, vuelve a formar carbonato de calcio adquiriendo las propiedades que poseía originalmente como piedra.



2.2. Usos de la Cal

Los innumerables usos de la cal están resumidos en la siguiente tabla:



Tabla 1: Usos de la Cal

Rubro	Uso	Función
Industrial	Química orgánica e inorgánica	Agente enlazante, colector o precipitante.
	Tratamiento de Agua	Agente coagulante, depresante, purificante y regulador de pH.
	Tratamiento de agua vía osmosis inversa	Regulador de pH.
	Papel y pulpa	Agente enlazante y basificante.
	Alimentos y subproductos	Nutriente, coagulante y estabilizante, entre otros usos.
	Producción de azúcar	Aglomerante y neutralizador de la acidez.
	Petróíferos	Enlodante, sellante y regulador de pH.
	Centrales térmicas de generación eléctrica	Captador o absorbente de azufre, según el proceso.
Construcción	Ladrillos silíceos y ligeros	Agente enlazante.
	Hormigón liviano	Agente reaccionante.
	Morteros	Agente plastificante y desplazante.
	Pavimentos asfálticos	Agente impermeabilizante, antidisgregante y estabilizante.
	Estabilización de suelos	Agente aglomerante y desplazante.
	Revestimientos protectores	Pinturas
Agricultura	Mejoramiento de terrenos	Regulador de pH.
	Nutriente vegetal	Acelerante
	Abonos	Desodorizante y como nutriente.
	Insecticida, fungicida	Diluyente
Usos Diversos	Pigmentos	Agente enlazante y regulador de pH.
	Barnices	Neutralizante
	Caucho-gomas	Desecante
	Control de contaminación	Absorbente
	Cultivos marinos	Descontaminante
	Granjas	Germicida
Minería Metálica	Fundición	Actúa como fundente, agente enlazante. Absorbe gases en humos y gases de chimeneas. Desmoldante de barras, catalizador en precipitación de níquel, lubricante en el estirado de alambres, entre

Rubro	Uso	Función
		otras.
	Fundiciones de cobre	Fundente y desmoldante. Neutralizante de los efluentes ácidos que generan las plantas de ácido asociadas a estas fundiciones.
	Cianuración de minerales auríferos (Au) y argentíferos (Ag)	Además de tener un rol específico en cada uno de los procesos de cianuración, evita la generación de ácido cianhídrico en la hidrólisis del cianuro. Alcalinizante en cianuración.
	Flotación alcalina	Agente regulador del pH, depresante de la pirita, precipitante de sales de calcio, enlazante de la sílice activa que contienen las arcillas, entre otros.
	Ripios de lixiviación	Agente neutralizante de la acidez residual y como aglomerante de las arcillas contenidas en el mineral (estabilizante)
Minería No Metálica	Obtención de sales de yodos y nitratos	Regulador de pH o precipitante, entre otros.
	Obtención de colemanita sintética	Agente enlazante (producción de ácido bórico).
	Obtención de ulexita granulada (fertilizante)	Aglomerante
	Obtención de nitrato de potasio granulado	Aglomerante
	Obtención de litio	Agente enlazante y depresante del magnesio presente en la salmueras que contienen litio.
	En tratamiento de aguas o RILES	Agente neutralizante.

Fuente: Cochilco sobre la base de libro "La Cal: ¡es un reactivo químico!" (2008)

En relación con el alcance de este trabajo, interesa conocer el mercado de la cal asociado a la minería del cobre y más específicamente al relacionado con el proceso de flotación.

2.3. Oferta de Cal

2.3.1. Producción Nacional

Si bien este trabajo busca estimar la oferta interna de cal en Chile destinada al mercado minero, tal como se explicó en el punto anterior, en especial interesa conocer la oferta de Óxido de Calcio (CaO) u Cal Viva, utilizada en los procesos de flotación de cobre, en fundiciones y en la minería de

la plata. Cabe señalar que las principales empresas nacionales productoras de cal que abastecen a la minería no publican información segmentada de los volúmenes de su cartera de productos de cal con el fin de determinar el porcentaje correspondiente a producción de Cal Viva, por lo que se recurrió ajustes basados en los despachos reales (por producto) que una de las empresas publica en su memoria y para el resto de las empresas se asume que el 90% de su producción es cal viva.

En el mercado nacional existen tres empresas que lideran la producción de cal (cal viva y cal hidratada) para abastecer a la minería, cuyas capacidades se detallan en el siguiente cuadro:

Tabla 2: Principales productores de Cal en Chile para la Minería

Empresa	Controlador	Productos	Plantas	Mercados Objetivos	Máxima Capacidad 2015 (ktpa)
INACESA	Cementos Bío Bío S.A.	Cal viva (granulada y molida) y Cal Hidratada	Antofagasta	Regiones de Arica-Parinacota, Tarapacá y Antofagasta	650
			Copiapó	Regiones de Atacama y Coquimbo	550
SOPROCAL	Familia Rozas Rodríguez a través de Inversiones La Tirana Ltda.	Cal viva (granulada y molida) y Cal Hidratada	Melipilla	Anglo American y Minera Los Pelambres	110 (*)
SOPROMIN	Inversionistas Coreanos	Cal (sin especificar)	Tocopilla	Minería	87

Fuente: Cochilco en base a Memorias Empresas y Servicio de Evaluación Ambiental

(*) Según sitio web de Soprocal, la capacidad de la planta es de 165 ktpa. Sin embargo, debido a restricciones ambientales se redujo a 110 ktpa.

Proyectos prontos a entrar en operación:

- A la fecha de elaboración de este estudio estaba pronta a entrar en operación (segundo semestre del 2015), una planta de producción de cal ubicada en la región de Atacama, Comunas de Caldera y Copiapó, perteneciente al Grupo Capdeville (inversión de US\$ 15 millones). Dicha planta posee una capacidad de 165 ktpa de cal viva destinada a los mercados mineros y medioambientales (reducción emisiones en generadoras térmicas).
- En mayo del 2014 se calificó favorablemente el proyecto que reemplaza los 3 hornos verticales, de la Planta de Cal de SOPROMIN, por 2 hornos horizontales. Con dicho reemplazo la capacidad de tratamiento de la planta aumentará de 87 a 216 ktpa. La ampliación contempla una inversión de US\$ 20 millones y la fase de construcción se estima

en 12 meses. Sin embargo no se tiene información respecto de la fecha de su puesta en marcha.

Para estimar la capacidad de abastecimiento real que tienen las empresas productoras de cal para abastecer el mercado nacional se efectuaron los siguientes supuestos:

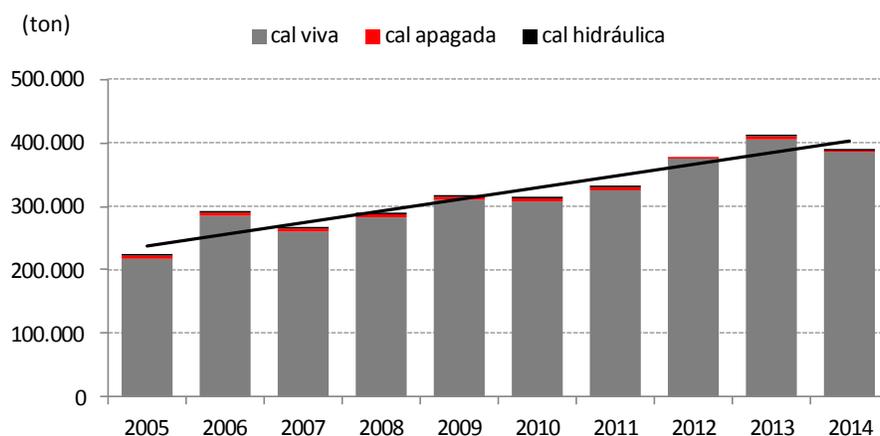
- **Utilización de la Planta:** Se estima que la utilización efectiva de la capacidad instalada alcanzaría el 90%.
- **Distribución de la cartera de productos:** La plantas productoras de cal mayoritariamente producen óxido de calcio. Sin embargo, parte de dicha producción se transforma en hidróxido de calcio, la cual es destinada a otros mercados. De igual forma, una pequeña parte de la producción de óxido de calcio va a otros mercados (entre 15% y 10% de la producción de CaO, según empresa).

Efectuados los ajustes, en el año 2015 la oferta de cal viva producida en el país bordearía 1,2 millones de toneladas, cifra que considera la entrada en operación de la planta de Cal Chile, a mediados del 2015. La oferta se incrementaría a 1,36 millones de toneladas de cal viva anuales, si se concreta el aumento de capacidad de la planta de Sopromin, a partir del año 2016.

2.3.2. Importaciones de Cal

Durante los últimos 5 años, el 99% de volumen total de las importaciones de cal corresponden a Cal Viva. De igual forma, el 99% de la cal viva importada proviene de Argentina.

Fig. 1: Importaciones de Cal 2005-2014



Fuente: Thompson Reuters (2015) en base a información de Aduanas

En promedio, desde el año 2005, las importaciones de cal han crecido a una tasa anual de 6,4%, pasando de los 220.000 a las 390.000 toneladas anuales de cal, en el 2014.

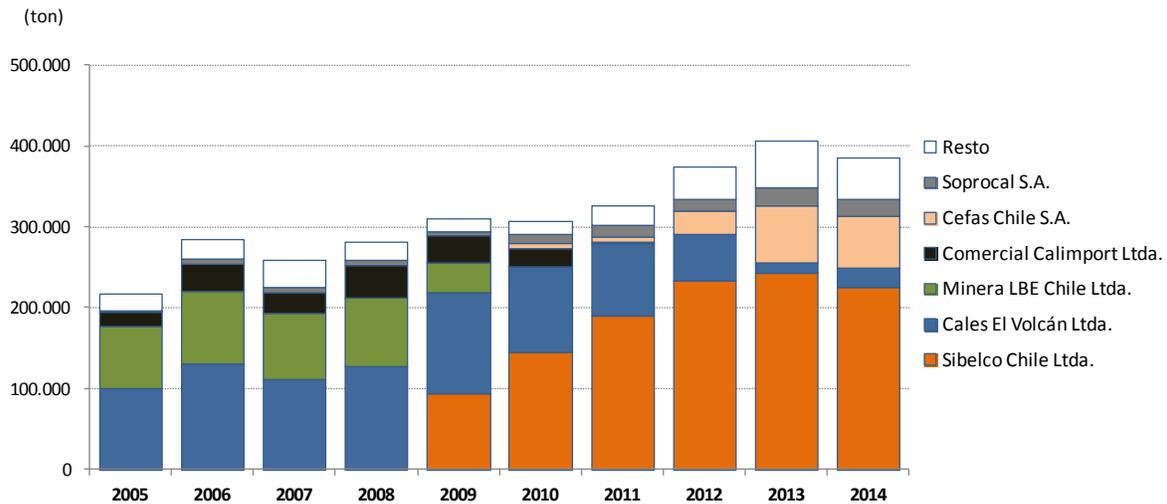
Desde el año 2009, el mayor importador de cal viva es SIBELCO, con volúmenes que se mueven en torno al 60% de participación (últimos 4 años). En el segundo lugar se ubica CEFAS Chile S.A.,



empresa cuyas plantas de producción se encuentran en Argentina y que en el año 2014 importó el 17% del total de óxido de calcio.

Sin embargo, en los últimos 10 años el liderazgo de las importaciones de cal ha cambiado, tal como se muestra a continuación:

Fig. 2: Principales empresas importadoras de Cal Viva 2005-2014



Fuente: Thompson Reuters (2015) en base a información de Aduanas

Hasta el año 2008, Cales El Volcán Ltda. y Minera LBE Chile Ltda. lideraban el mercado de las importaciones de óxido de calcio, totalizando el 77% del volumen total de importaciones del periodo 2005-2008.

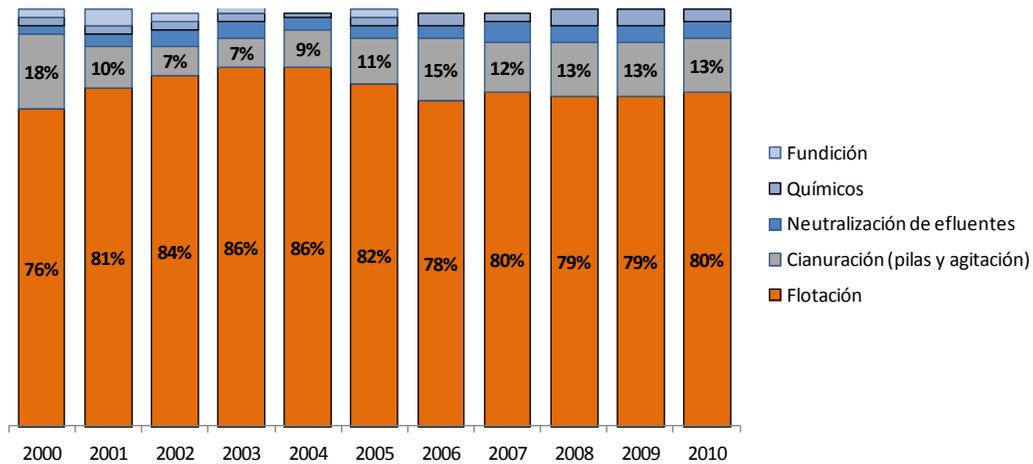
En cuanto a volúmenes, durante los últimos 5 años parte importante de la producción nacional de cal (entre 40 y 50%), ha sido sustituida por las importaciones. Dicha situación habría sido gatillada por la buena calidad de la cal importada y competitividad de los precios.

2.4. Demanda de Cal

2.4.1. Uso final de la Cal

Existen innumerables usos para la cal. Sin embargo, no existe información pública relacionada con las participaciones de los usos finales en este mercado. Sin embargo, Coloma (2008) desglosa las participaciones de usos finales de la cal entre los años 2000 y 2010 de la siguiente forma:



Fig. 3: Participación (%) por uso final de la cal en Chile

Fuente: Cochilco sobre la base de libro "La Cal: ¡es un reactivo químico!" (2008)

La cianuración por pilas y por agitación está asociada a la minería del oro y en promedio totalizan el 13% del uso final de la cal a nivel nacional.

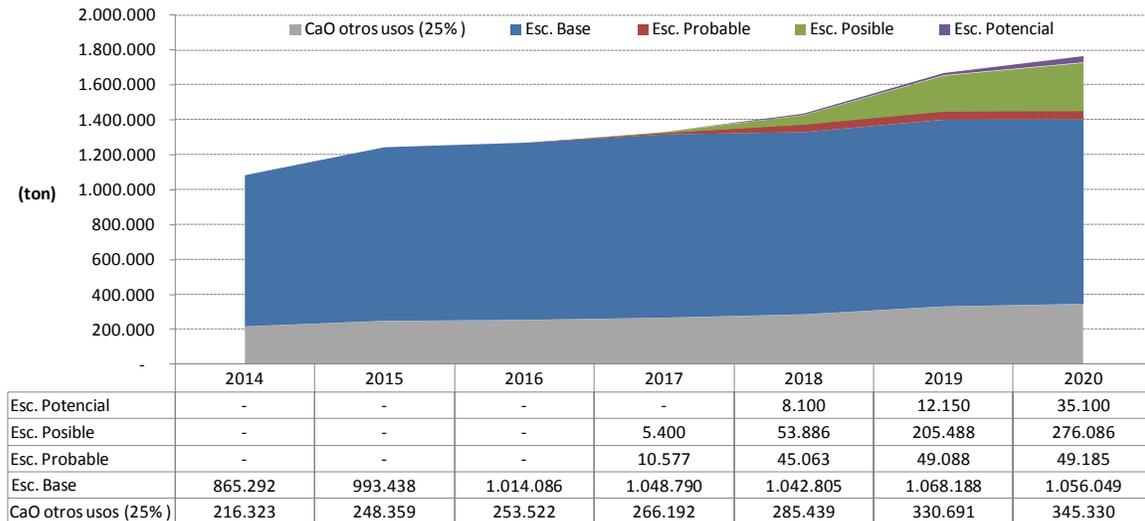
Sin embargo, la cal utilizada en los procesos de flotación (asociada a la minería del cobre) representó el 80% de su consumo, entre los años 2007 y 2009.

2.4.2. Consumo de Cal en la Minería del Cobre

El principal uso de la cal en la minería del cobre es los procesos de flotación de concentrados. Por lo tanto, para tener una estimación de la demanda cal es necesario conocer algún indicador de consumo unitario medido como kilogramo de cal por tonelada de mineral procesado (Kg cal/ton. mineral). Dependiendo de las características de mineral a tratar, el consumo unitario de cal presenta variaciones significativas. Sin embargo, en un estudio de Cochilco (2007)¹, se utiliza como índice unitario de consumo 1,5 kg/ton mineral.

Al multiplicar el consumo unitario de cal por las proyecciones del mineral de cobre sulfurado procesado para el periodo 2014-2020 de Cochilco, se tiene el siguiente panorama:

¹ "Oportunidades de Negocios para Proveedores de Bienes, Insumos y Servicios Mineros en Chile".

Fig. 4: Consumos estimados de CaO 2014-2020 (toneladas)

Fuente: Cochilco

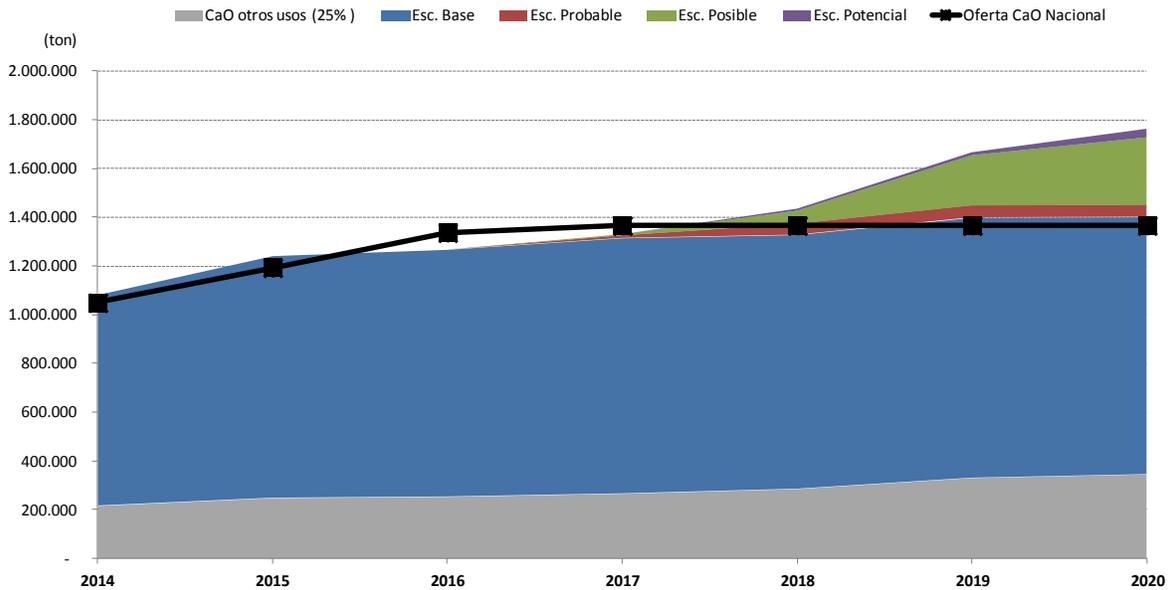
Los escenarios “Base”, “Probable”, “Posible” y “Potencial” consideran el consumo de cal viva para distintos escenarios de procesamiento de mineral de cobre en procesos de flotación, según la probabilidad de concreción de las inversiones de la cartera de proyectos mineros al año 2020 (Cochilco).

El ítem “CaO otros usos” corresponde a una estimación del consumo de cal viva en fundiciones, cianuración (minería de plata) y otras aplicaciones, lo equivale aproximadamente a un 25% del consumo de cal viva para el proceso de flotación de cobre (excluyendo estimación consumo de escenario potencial). Es decir, dicho ítem representa 1,7 millones de toneladas de CaO adicionales para el periodo 2015-2020.

2.5. Balance de Oferta y Demanda

El balance entre oferta interna y demanda de cal se muestra en la siguiente figura:



Fig. 5: Balance Oferta – Demanda de Cal (2014-2020)

Fuente: Cochilco

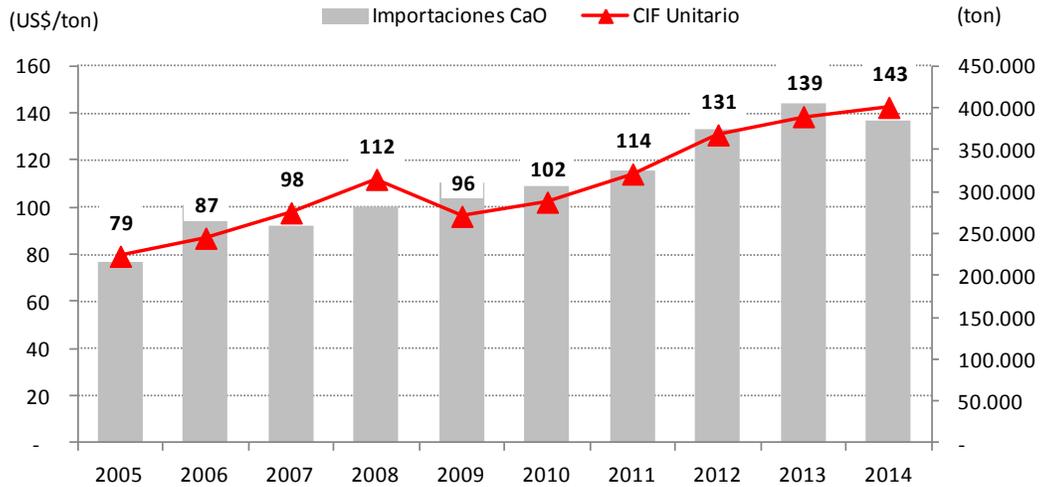
Hasta antes del año 2015, la oferta de cal (óxido de calcio) del mercado nacional no alcanzaba a satisfacer la demanda (minería y otros). Sin embargo, a partir del año 2015 la situación debiera cambiar con la entrada en operación de los nuevos proyectos de producción de cal provocando así que la oferta estimada supere a la demanda compuesta por las operaciones mineras en operación más aquellos proyectos catalogados como probables y el consumo de CaO para otros usos.

Sin embargo, los volúmenes importados de CaO juegan un rol importante en el mercado ya que han superado con creces el déficit entre capacidad de producción nacional y demanda. Por lo anterior, las cifras indicarían que las importaciones de CaO proveniente de Argentina han sustituido una parte de la producción nacional, posicionándose como un fuerte competidor para la industria local.

2.6. Precio de la Cal

A modo de referencia, desde el año 2005 el CIF unitario de las importaciones de Óxido de Calcio aumentó en promedio a una tasa anual de 6,7%, lo que significa un aumento del 80% del costo de importación al año 2014.



Fig. 6: Costo Unitario CIF (US\$/ton) de Óxido de Calcio 2005-2014

Fuente: Thompson Reuters (2015) en base a información de Aduanas

Un aspecto a considerar es que casi el 99% de las importaciones de Cal Viva provienen de Argentina y, por lo tanto, no paga derecho de internación, lo cual abarata los costos.

Se tiene el siguiente panorama:

- El volumen y precio de las importaciones ha ido en aumento.
- Las importaciones de cal le han quitado mercado a la producción nacional.
- Existen proyectos de operación de nuevas plantas de producción de cal en Argentina, específicamente en la provincia de San Juan.

La competencia entre oferta nacional e importaciones mantendrá los precios relativamente estables hasta el año 2017. De ahí en adelante y debido a la entrada en operación de nuevos proyectos mineros (posibles y potenciales), presionarán al alza el precio de la cal, ya que la demanda interna no podrá ser satisfecha por la oferta nacional.

3. Bolas de molienda

3.1. Uso de bolas de molienda en minería del cobre²

Las bolas de molienda se utilizan en todos los procesos de molienda de mineral: convencional, unitaria, SAG y remolienda. La molienda es el proceso que sigue al proceso de chancado del mineral y en la cual se continúa con la reducción del tamaño de las partículas que componen el mineral, obteniendo una granulometría máxima de 180 micrones, permitiendo así la liberación de las partículas de cobre.

El proceso de molienda se realiza en tres formas diferentes: molienda convencional, unitaria y molienda SAG.

Molienda Convencional: Esta se realiza en dos etapas, la primera con molinos de barras y la segunda con molinos de bolas.

Molienda Unitaria: Este tipo de molienda sólo utiliza molinos de bolas.

Los molinos de bolas son cilindros metálicos cuyas paredes están revestidas con corazas fabricadas en aleaciones de acero cromo-manganeso mejoradas y cuyo volumen interior está ocupado entre un 40 y 45% de su capacidad por un collar de bolas de acero de 1" hasta 4" de diámetro, las cuales son los elementos de molienda. En un proceso que dura aproximadamente 20 minutos para cada partícula de mineral que debe ser molida, el 80% del mineral es reducido a un tamaño máximo de 180 micrones.

Molienda SAG: Se utiliza un molino de gran capacidad que recibe material directamente del chancador primario y tiene en su interior bolas de acero de manera que cuando el molino gira, el material cae y se va moliendo por efecto del impacto entre bolas y el propio mineral. La mayor parte del material que sale de este molino pasa a la etapa de flotación para obtener el concentrado de cobre, y una menor proporción vuelve a la molienda en el molino de bolas para seguir moliéndose hasta conseguir el tamaño requerido para la etapa siguiente.

3.1.1. Grado de llenado y tamaño de las bolas de molienda

El grado de llenado corresponde a la fracción porcentual del total del volumen interno del molino que está cargado con el material moledor (barras o bolas).

² www.codelcoeduca.cl



Tabla 3: Grado de llenado

Tipo de Molino	Grado de Llenado
Barras	30-40%
Bolas	40-45%
Bolas (remolienda)	25-30%
SAG	10-15%

Fuente: Cochilco.

El tamaño de las bolas de molienda requerido dependerá del tipo de molienda, tal como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 4: Uso de Medios de Molienda

Tipo Molienda	Tamaño Bolas (pulgadas)
SAG	4" - 6"
Bolas	1" - 4"
Vertical	0,5" - 1,5"
Ultra fina (ISA)	< 0,1"

Fuente: Cochilco en base a presentación de Moly-Cop, 2012

Respecto a los tipos de bolas, en Chile se producen 2 tipos de bolas. Acero Forjado y Acero Fundido.

A pesar de su mayor precio, las bolas de acero forjado son más rentables en un 10-15%, debido a su menor desgaste en comparación con las bolas de acero fundido.

La producción de bolas de acero fundido está limitada a tamaños de hasta 4 "de diámetro, ya que no pueden sostener los altos impactos característicos de entornos de molienda semiautógenos (SAG), donde se requieren bolas de mayor tamaño.

Un circuito moderno de molienda consume aproximadamente entre 30 y 40% de bolas grandes (> 4 "), entre 40 y 50% de bolas de tamaño medio (2" – 3,5 ") y el resto de bolas pequeñas (<2").

3.2. Oferta de Bolas de Molienda

3.2.1. Producción Nacional

En Chile las principales empresas fabricantes de bolas de molienda son Moly-Cop Chile S.A., SK Sabo S.A. y Proacer S.A.

Moly-Cop Chile S.A. fabrica y distribuye bolas de acero para molienda que se utilizan en industrias mineras de cobre, oro y hierro. Fundada en 1961, los molinos que la empresa posee en Talcahuano y Mejillones tienen una capacidad nominal de medios de molienda de 430.000

toneladas. Moly-Cop es controlada en un 100% por Arrium, firma australiana que la compró a Anglo American Plc en el 2011.

SK Sabo S.A. es una empresa controlada en un 99,99% por Magotteaux, una compañía de origen belga, líder en desarrollo, fabricación y comercialización de bolas de molienda y piezas de desgaste (casting). A su vez Sigdo Koppers S.A. controla el 95% de Magotteaux. En Chile SK Sabo S.A. posee una planta en Antofagasta con una capacidad de 55.000 toneladas anuales de bolas de molienda forjadas. Los sectores más importantes donde se comercializan sus productos son las industrias minera y cementera.

Proacer S.A. también es una empresa controlada en un 100% por Magotteaux, la cual a su vez es controlada por Sigdo Koppers S.A. La Compañía posee una capacidad instalada de 50.000 toneladas de bolas de bajo cromo.

Tabla 5: Empresas productoras de Bolas de Molienda

Empresa	Ubicación de la Planta	Producción Nominal (ton/ año)	Bolas	Mercados
Moly-Cop	Talcahuano	80.000	Bolas de molienda de acero forjado de 1" a 6"	Los principales clientes en Chile son las grandes concentradoras como Minera Escondida, Minera Collahuasi, Codelco, Los Pelambres, Minera Candelaria, Anglo Chile (Los Bronces, El Soldado y Mantos Blancos) y Alumbra en Argentina.
	Mejillones	350.000		
SK Sabo S.A.	Antofagasta	55.000	Bolas de molienda de acero forjado.	Clientes del Norte de Chile y Perú
Proacer Ltda.	Santiago (Til Til)	50.000	Bolas de molienda de bajo cromo de 2" a 4"	Mercado Minero

Fuente: Cochilco sobre la base de información de sitios web de empresas.

Al analizar la participación de mercado de los tres principales oferentes de bolas de molienda, se tiene que Moly-Cop posee el 80% de la capacidad instalada y Sigdo Koppers el 20% restante a través de sus empresas SK Sabo S.A. y Proacer.

A junio del 2015, la suma de las capacidades instaladas para abastecer a la minería de las tres principales empresas productoras de bolas de acero es de **535 ktpa**.

RCA aprobadas

- En mayo del año 2013 se emitió una R.C.A. que aprueba la construcción y operación de una planta de fabricación de bolas forjadas de acero empleadas principalmente en los procesos de conminución de materiales en la minería. Dicha planta pertenece a la empresa SK SABO y se ubicará en la Comuna de Coquimbo. El proyecto se desarrollará en dos etapas, una

primera denominada Fase I, en la que la capacidad de producción de la planta será de 75.000 toneladas por año, para luego expandirse a la denominada Fase II, con una capacidad de 75.000 toneladas al año adicionales, alcanzando una producción anual total de 150.000 toneladas. La puesta en marcha de la planta se estima para fines del 2016.

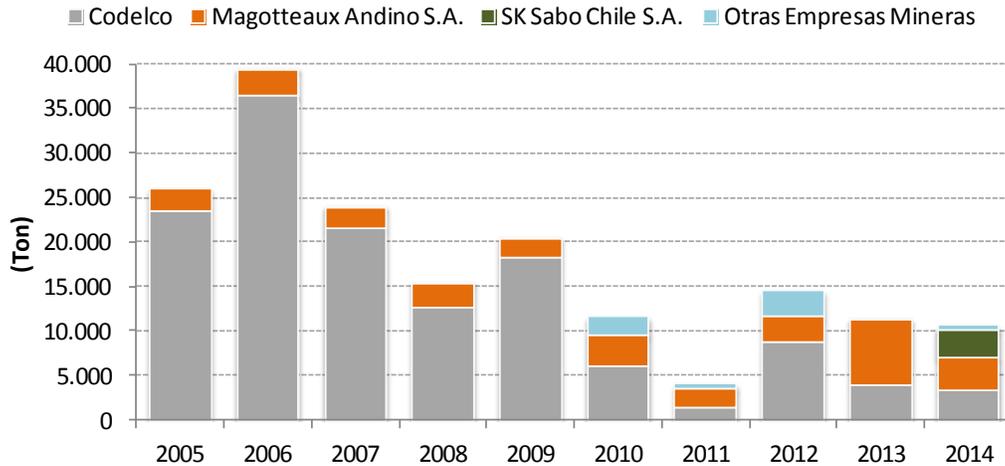
- En octubre del año 2014 se emitió una R.C.A. que aprueba la construcción y operación de una planta de fabricación de bolas forjadas para la gran minería. Dicha planta pertenece a la empresa Aceros Chile S.A. y se ubicará en la Comuna de Puente Alto. La capacidad de producción de la planta será de 48.000 toneladas por año. No se tiene información respecto de la fecha de puesta en marcha de la planta.

Con la entrada en operación de las nuevas plantas, la capacidad instalada a nivel nacional aumentaría a **733 ktpa.**

3.2.2. Importaciones de bolas de molienda

Los principales importadores de bolas de molienda son las empresas mineras, empresas de cemento y empresas que fabrican bolas de molienda. En la siguiente figura se presenta la evolución (en ton) de las importaciones de bolas de molienda, pero sin considerar las empresas productoras de cemento.

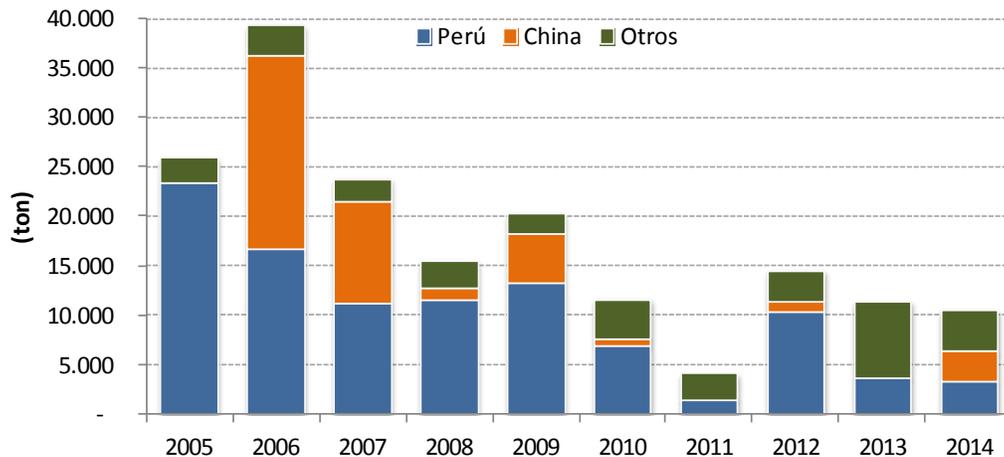


Fig. 7: Principales empresas importadoras de bolas de molienda (2005-2014)

Fuente: Thompson Reuters (2015) en base a información de Aduanas

Hasta el año 2014, las importaciones de bolas de molienda muestran una tendencia decreciente, siendo Codelco la empresa minera que históricamente presenta los mayores volúmenes importados. Magotteaux es la empresa que le sigue en volúmenes importados, pero con una menor participación.

El origen de las bolas de molienda importadas varía según el importador.

Fig. 8: Origen de las importaciones de bolas de molienda (2005-2014)

Fuente: Thompson Reuters (2015) en base a información de Aduanas

En el caso de Codelco (principal importador de bolas de molienda para la minería), el origen de las bolas es mayoritariamente de Perú. Durante los años 2006 y 2007 Codelco importó una cantidad importante de bolas de China, situación que se repitió en el 2014 por parte de la empresa SK Sabo.



Hasta el año 2014 los volúmenes importados de bolas de molienda son marginales en comparación con las capacidades instaladas de las plantas productoras de bolas en Chile.

Finalmente, datos obtenidos hasta abril del 2015, mostraban a las bolas de molienda de origen Chino con una alta participación.

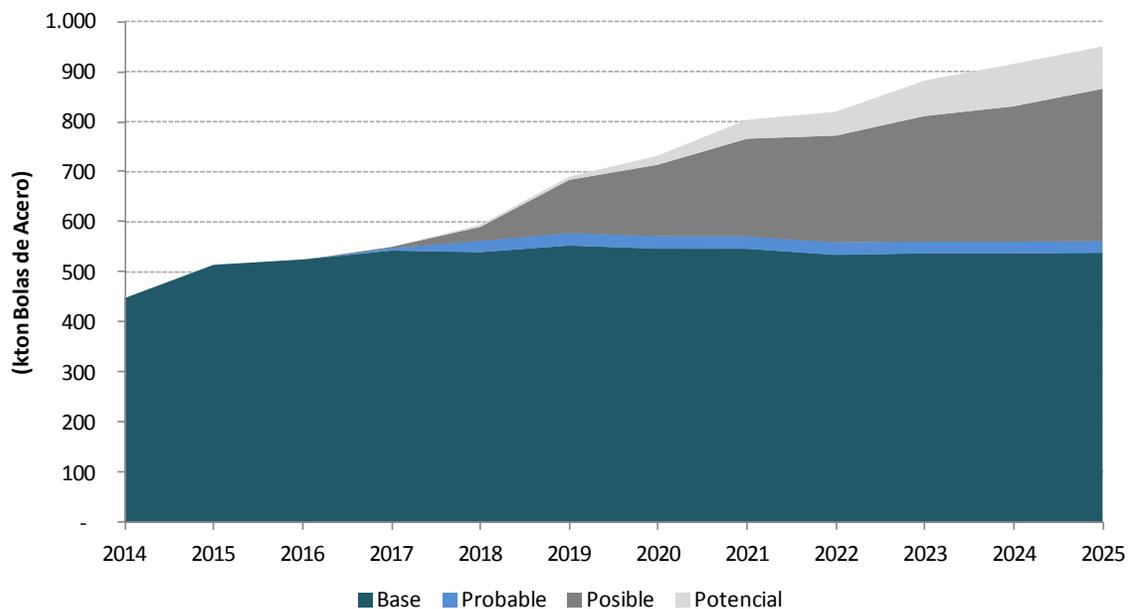
3.3. Demanda de bolas de molienda para la minería

La demanda de bolas de molienda en la minería del cobre está dada por la cantidad de mineral procesado en las plantas concentradoras (el mineral lixiviado no es sometido a procesos de molienda).

La revisión de antecedentes a los cuales se tuvo acceso, respecto al consumo de bolas de molienda en las plantas concentradoras de faenas de cobre, presenta un índice que varía entre los 670 y 890 gr/ton mineral procesado. En un estudio de Cochilco³ del año 2007, se planteó una tasa de consumo de bolas de acero de **770 gr/ton**, valor que se enmarca dentro de los observados, y que será considerado para efectos de calcular el consumo de la industria.

Si se toma en consideración las proyecciones de mineral de cobre procesado 2014-2023 del Catastro de Proyectos Mineros, se obtiene una estimación del consumo de bolas de acero para molienda, agrupados por proyectos probables, posibles y potenciales.

Fig. 9: Proyección Consumo de Bolas de Acero (2014-2025)



Fuente: Cochilco

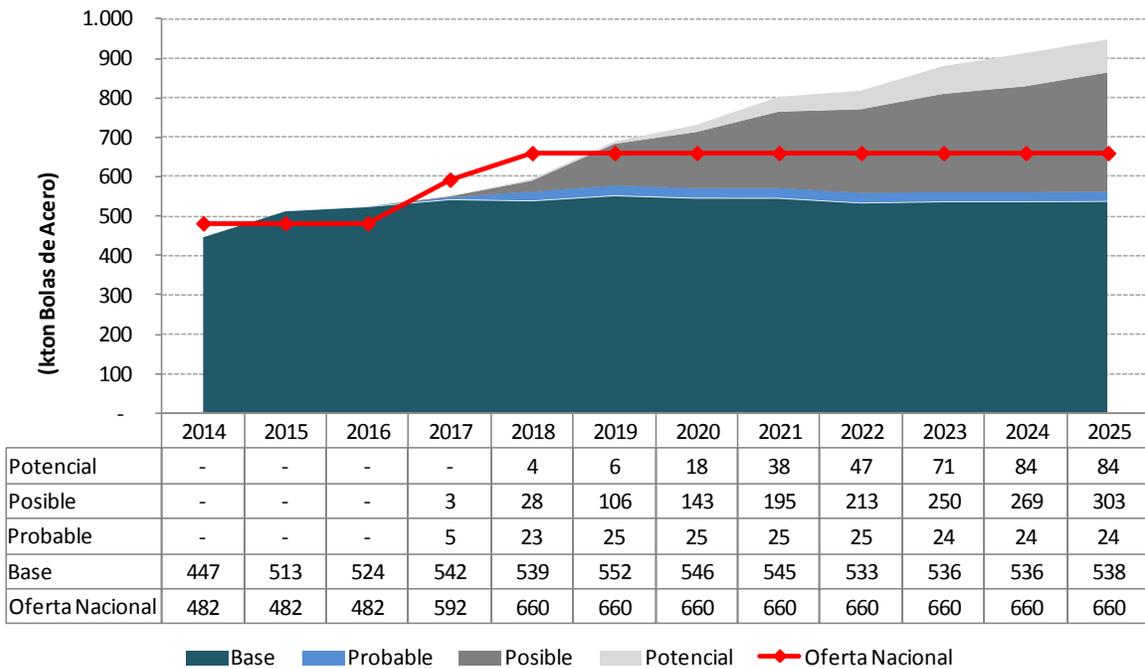
³ "Oportunidades de Negocios para Proveedores de Bienes, Insumos y Servicios Mineros en Chile", Cochilco, Noviembre 2007.

Según la estimación, actualmente se estarían consumiendo 474.000 toneladas de bolas de acero al año, pudiendo llegar a las 1.077.000 toneladas en el 2025, en el caso que se concretara toda la cartera de proyectos del catastro, es decir un incremento del 127% en el consumo de bolas respecto al año 2014.

3.4. Balance de Oferta y Demanda

Tomando en consideración la oferta y demandas estimadas al 2025 de bolas de molienda, se tiene el siguiente panorama:

Fig. 10: Balance Oferta – Demanda de Bolas de Acero (2014-2025)



Fuente: Cochilco

Para la estimación de la oferta nacional de bolas de molienda se supuso un 90% de utilización de las plantas de producción y la entrada en operación de aquellos proyectos que cuentan con RCA aprobada.

Un dato a considerar es que el 98% de las exportaciones de bolas de molienda corresponden a la empresa Proacer Ltda. Durante los últimos 2 años, las exportaciones de Proacer equivalen a casi el 50% de su capacidad instalada, por lo que la oferta de bolas para el mercado nacional debe considerar dicho antecedente.

De acuerdo con las estimaciones, la oferta nacional de bolas de molienda superaría a la demanda durante los años 2017 y 2018. Sin embargo, a partir del año 2019 la oferta nacional sólo alcanza para satisfacer aquellos proyectos catalogados como probables y parte de los posibles. En un



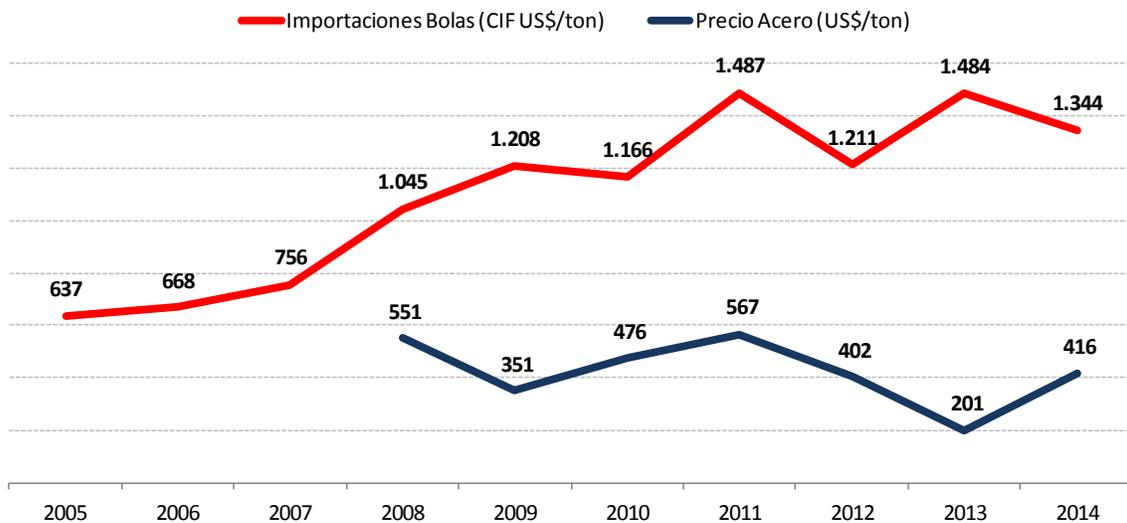
escenario donde se concreta el 100% de la cartera de proyectos mineros se deberá recurrir a las importaciones de bolas de molienda.

Según los antecedentes recabados, durante el último tiempo estaría tomando fuerza la importación de bolas de molienda provenientes de China, la cual estaría sustituyendo parte de la oferta nacional.

3.5. Precio Bolas de Molienda

Desde el año 2005 el costo CIF unitario de las importaciones de bolas de molienda aumentó en promedio a una tasa anual de 8,6%, lo que significa un aumento del 111% del costo de importación al año 2014.

Fig. 11: Costo Unitario CIF bolas de molienda vs Precio Acero 2005-2014



Fuente: Thomson Reuters (2015) en base a información de Aduanas

Nota: Precio del acero corresponde al promedio anual cotizado en la Bolsa de Metales de Londres.

Queda de manifiesto que no existe una relación entre el precio del acero y el costo de las bolas de molienda.

El costo CIF de las importaciones podría seguir aumentando, más aún a partir del año 2019, ya que la oferta nacional no alcanza a cubrir la demanda para un escenario en que se concretan todas las inversiones mineras.

4. Camiones CAEX

El análisis se centrará en el mercado de los camiones fuera de carretera (off road), para transporte del material extraído en faenas mineras de cobre a rajo abierto.

Los camiones de extracción tienen por función desplazar el material extraído hacia un punto de destino definido por el plan minero. Corresponde a la unidad de transporte más comúnmente utilizada en explotación de minas y están especialmente diseñados para acarrear toneladas mayores en minería.

El transporte de material es uno de los aspectos importantes en una operación minera a cielo abierto, llegando a representar alrededor del 50% de los costos operacionales e incluso el 60%.

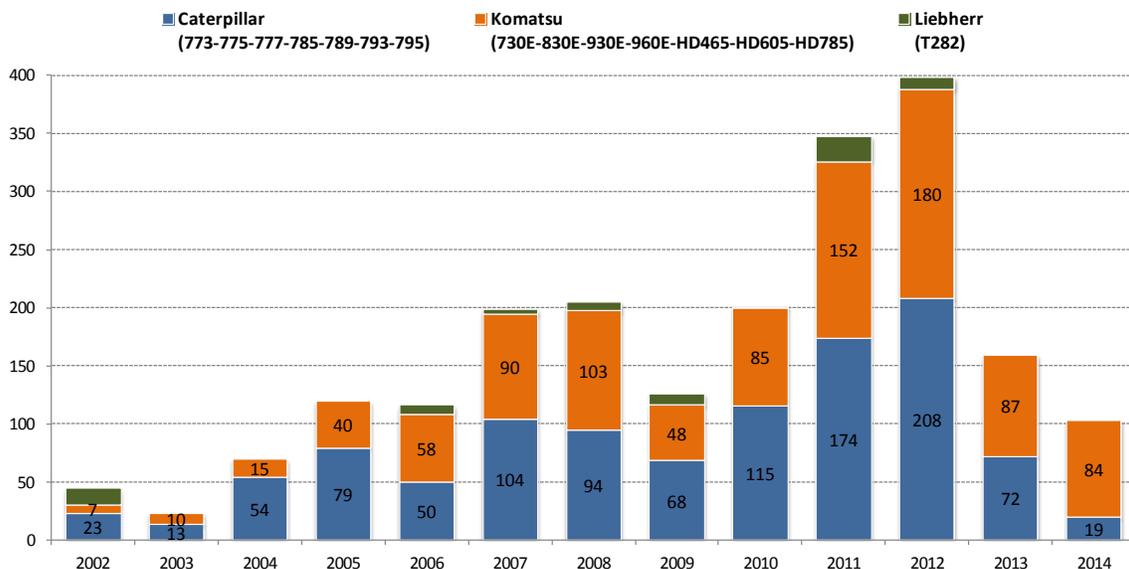
4.1. Oferta de camiones

4.1.1. Importaciones de camiones

Un primer análisis se centra en la importación de camiones *off road* de las marcas con mayor presencia en las operaciones mineras de la gran minería del cobre: Caterpillar, Komatsu y Liebherr. El detalle de los modelos analizados se presenta en el Anexo de este informe.

En el periodo 2002-2014 se importaron 2.109 camiones de las marcas y modelos analizados. Del total de unidades importadas, 66 corresponden a camiones usados. El 82% de las unidades importadas proviene de empresas representantes de las marcas en Chile y el 8% directamente por empresas de la Gran Minería del Cobre, donde destacan Codelco, Barrick y Anglo American Sur. El detalle de las unidades importadas por marca es:

Fig. 12: Unidades de camiones mineros importados en el periodo 2002-2014



Fuente: Thompson Reuters (2015) en base a información de Aduanas

En el Anexo de este informe se presenta un mayor detalle de las unidades importadas por marca, modelo y año.

4.1.2. Parque de camiones en las operaciones mineras

El segundo análisis considera la información del periodo 2013/2014 respecto al parque de camiones fuera de carreta, el cual está compuesto por 1.592 unidades con capacidades que van desde las 50 a las 360 toneladas:

Tabla 6: Participación por Marca

Marca	Participación (%)
Caterpillar	51,8%
Komatsu	43,5%
Liebherr	4,2%
Otros	0,5%

Fuente: Catastro de Equipamiento Minero 2013/2014 - Editec

Caterpillar y Komatsu suman una participación de mercado de 95% y, a su vez, cada empresa tiene una participación relativamente similar, por lo que el mercado tendría características de un duopolio.

El 74% del total del parque de camiones se encuentra en las faenas mineras y el porcentaje restante pertenece a empresas que ofrecen sus servicios a la minería.

La diferencia que se observa entre los volúmenes importados en el periodo 2002-2014 y las cifras informadas por las empresas en el 2014, tiene su explicación en los equipos reemplazados y las diferencias entre las muestras analizadas (operaciones mineras y modelos de camiones considerados).

Al segmentar el mercado de los camiones de las operaciones mineras, la situación es la siguiente:

Tabla 7: Participación por capacidad de camiones en operaciones mineras

Capacidad (ton)	Operaciones Mineras			
	Caterpillar	Komatsu	Liebherr	Wabco
< 100	92%	8%	0%	0%
Entre 100 y 199	69%	30%	0%	0,5%
Entre 200 y 299	42%	58%	0%	0%
> 300	39%	42%	20%	0%

Fuente: Catastro de Equipamiento Minero 2013/2014 - Editec

El catastro de camiones en operaciones mineras indica que aproximadamente 2/3 del parque de camiones con capacidad menor a las 200 toneladas, es de la marca Caterpillar. Sin embargo, en el segmento de camiones con capacidad de carga superior a las 200 toneladas, la situación se invierte y Komatsu supera a Caterpillar. La marca Liebherr sólo está presente en el segmento de camiones con capacidad superior a las 300 toneladas.

Al analizar la segmentación del mercado de camiones que pertenecen a empresas que prestan servicios a la minería, la situación es la siguiente:

Tabla 8: Participación por capacidad de camiones en empresas de servicios

Capacidad (ton)	Empresas de Servicio		
	Caterpillar	Komatsu	Western Star
< 100	65%	32%	3%
Entre 100 y 199	72%	28%	0%
Entre 200 y 299	51%	49%	0%
> 300	-	-	-

Fuente: Catastro de Equipamiento Minero 2013/2014

La distribución de la presencia de las marcas es similar a la observada en las operaciones mineras. Sin embargo, no hay presencia de camiones con capacidad superior a las 300 toneladas.

Cabe señalar que la oferta de camiones CAEX para la minería corresponde en un 100% a importaciones. Al respecto, la oferta sólo se ha visto restringida, en cuanto a plazos de entrega de las unidades, en momentos de alta demanda por concreción de los proyectos de inversión.

4.2. Demanda de camiones

La demanda de camiones está dada por las necesidades de movimiento de material de las faenas en operación y futuros proyectos mineros a cielo abierto. A partir de las estimaciones de movimiento de material de la cartera de proyectos mineros y del escenario base, se efectuó una estimación de la demanda de camiones para los próximos años. El dimensionamiento del parque de camiones es una tarea compleja que debe tomar en consideración un sinnúmero de variables, entre ellas:

- Distancias de acarreo a botadero y planta
- Velocidad en pendiente y horizontal (lleno y vacío)
- Capacidad de los camiones
- Disponibilidad y utilización efectiva de los camiones
- Aumento de las distancias por profundización de los rajes

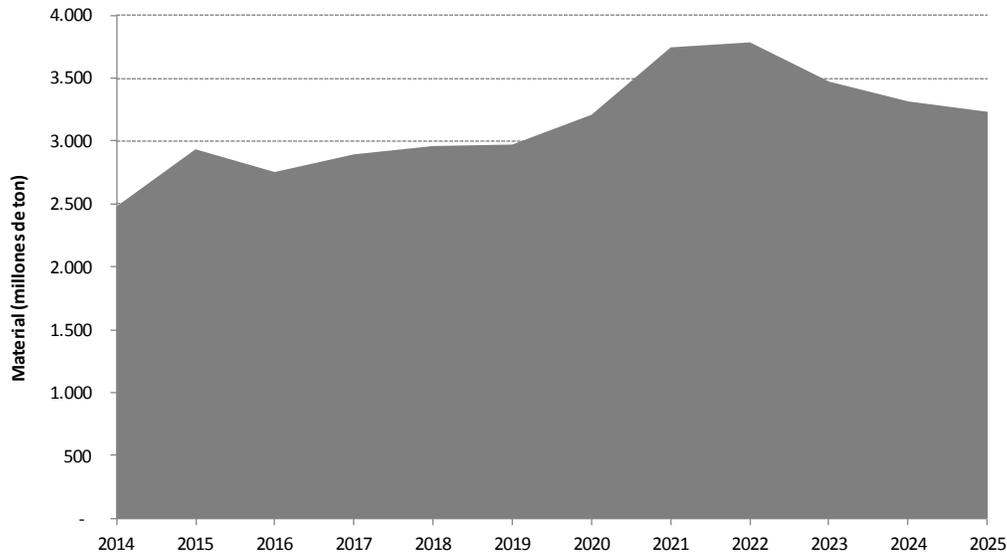
A modo referencial se efectuó una estimación del volumen necesario de camiones para satisfacer la demanda de acarreo de material (lastre y mineral) para los próximos años⁴.

⁴ Supuestos para el modelamiento:

- Distancias de acarreo a botadero y planta aumentan un 2% al año
- Velocidad en pendiente y horizontal (lleno y vacío)= 38,7 Km/hr.
- Se mantiene configuración de capacidad de la actual flota de camiones por faena
- Vida útil camión: 15 años
- Disponibilidad según vida útil del camión que va desde 86% a 67%.

El volumen de toneladas de material (lastre + mineral), que requerirá ser movido durante los siguientes años se presenta a continuación:

Fig. 13: Material movido mina a cielo abierto (2015-2025)



Fuente: WoodMackenzie (Q2 2015)

La cartera de operaciones y proyectos mineros para los próximos años presenta un *peak* de 3.781 millones de toneladas de material que requerirán ser movidas en el año 2022, para luego comenzar a decrecer.

Hay dos drivers que determinan la demanda de camiones para el movimiento de material:

- Reemplazo de los equipos (camiones) por término de su vida útil.
- Necesidad de equipos adicionales (camiones) para satisfacer el aumento de movimiento de material.

De acuerdo con lo anterior, la demanda estimada de camiones para el periodo 2015-2025, para un conjunto de operaciones que representa el 90% del movimiento de material de minas a cielo abierto es:

-
- Utilización efectiva de los camiones (76%)



Tabla 9: Estimación necesidad de camiones 2015 -2025 (sin ajuste)

Año	Reemplazo por término de vida útil											Necesidad mayor mov. material (neto)
	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	
N° CAEX	72	96	95	25	43	47	57	103	98	87	31	88

Fuente: Elaboración propia

La estimación asume que los reemplazos de flotas se realizan en 3 años.

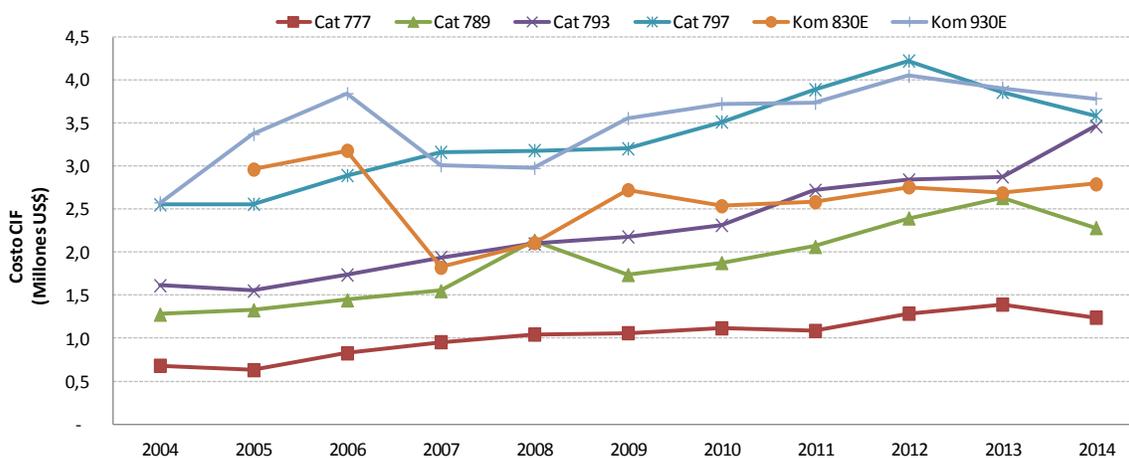
Sin embargo, cada vez es más usual la tendencia a extender la vida útil de los camiones a través del *overhaul* de los equipos. Por lo tanto, la estimación de CAEX necesarios podría verse disminuida (estimación 20%), por lo que la cifra total de CAEX necesarios para el periodo 2015-2025 bordearía las 700 unidades.

La necesidad de camiones corresponde mayoritariamente al reemplazo de las actuales flotas de equipos, para lo cual se asumió que mantienen las actuales configuraciones de carguío (modelos de camiones). Para la estimación del número de camiones adicionales necesarios para satisfacer el movimiento de material de aquellas faenas que aumentan el nivel de material movido, se asume camiones de capacidad promedio, de acuerdo con las actuales características que tienen las flotas.

4.3. Precio camiones CAEX

El 100% de los camiones de extracción mineros son importados. En la siguiente figura se presenta la evolución de los costos de importación (CIF) de los modelos CAEX más demandados, de las marcas Komatsu y Caterpillar.

Fig. 14: Costo CIF (Millones US\$/unid) camiones CAEX



Fuente: Thompson Reuters (2015) en base a información de Aduanas



Tomando en consideración las capacidades de carga nominales declaradas por los fabricantes, se aprecia similitudes de precios entre los modelos 930E (Komatsu) y 797 (Caterpillar), así como también entre los modelos 830E (Komatsu) y 789/793 (Caterpillar).



5. Conclusiones

Luego de analizar los mercados de los insumos objeto de estudio se concluye:

Cal

- Uso:

El principal uso de la Cal en Chile está asociado al proceso de flotación en la minería del cobre, estimándose que el 80% de la cal producida en el país se destinada a dicho uso.

- Oferta y demanda:

Un aspecto a tener en consideración es que parte importante de la producción nacional ha sido sustituida por las importaciones de cal desde Argentina (entre un 40% y 50%). Es más, al no existir capacidad instalada para satisfacer la futura demanda nacional de cal, la oferta extranjera será determinante y presionará al alza los precios a partir del 2017.

En relación al consumo de cal, para la minería y otros usos, pasaría de los 1 a 1,76 millones de toneladas en el periodo 2014-2020. El indicador propuesto para determinar la demanda de cal es 1,5 kg/ton mineral procesado.

Por el lado de la oferta, en conjunto las 3 empresas productoras de cal tienen una capacidad instalada de 1,4 millones de toneladas. Sin embargo, con la entrada de un nuevo participante al mercado y otro que va aumentar su capacidad, se alcanza una capacidad instalada de producción de 1,7 millones toneladas anuales de cal (sin considerar descuentos por utilización de las plantas).

Bolas de Molienda

- Uso:

Las bolas de molienda se utilizan en todos los procesos de molienda de mineral: convencional, unitaria, SAG y remolienda.

- Oferta y demanda:

Actualmente los volúmenes importados de bolas de molienda son marginales en comparación con las capacidades instaladas de las plantas productoras de bolas en Chile.

El consumo de bolas de molienda en la minería del cobre pasaría de aprox. 450 a 950 miles de toneladas en el periodo 2014-2025. El indicador propuesto para determinar la demanda de bolas de molienda es 770 gr/ton mineral procesado.

Por el lado de la oferta tres empresas suman una capacidad instalada de producción de bolas de molienda de 535 ktpa. Sin embargo, podría llegar a las 733 ktpa, con la entrada en operación de las plantas de SK Sabo en Coquimbo y Aceros Chile en la comuna de Puente Alto (ambas con RCA aprobadas).

El precio de las bolas de molienda podría aumentar a partir del año 2019 ya que la oferta nacional no será capaz de satisfacer la demanda (en un escenario en que se concretan todas las inversiones mineras).

Camiones CAEX

- Uso:

Los camiones de extracción tienen por función desplazar el material extraído hacia un punto de destino definido por el plan minero. El trabajo se centró en el análisis del mercado de los camiones en minas a cielo abierto. La criticidad de este ítem está dada por su impacto en los costos de inversión (aprox. 30%) y por las demoras en los tiempos de entrega de los equipos por parte del proveedor, especialmente en periodos de alta demanda.

- Oferta y demanda:

En Chile 2 empresas dominan el mercado de los camiones de extracción en la minería del cobre con una participación conjunta del 95%: Caterpillar y Komatsu. Sin embargo, Komatsu supera a Caterpillar en el segmento de camiones con capacidad de carga superior a las 200 toneladas. Por otro lado, la marca Liebherr sólo está presente en el segmento de camiones con capacidad superior a las 300 toneladas.

Las necesidades de reemplazo por término de su vida útil y de nuevos equipos para satisfacer el aumento de movimiento de material, determinan la demanda futura de camiones de extracción. Al respecto, para el periodo 2015-2025 existiría una necesidad potencial de aproximadamente 700 unidades. Dicha cifra considera operaciones cuyo parque de camiones mueve el 90% del material de las operaciones a cielo abierto.

Los indicadores propuestos para determinar la demanda de CAEX se basa en la siguiente relación: $\text{Material Movidado (ton)} / [\text{hrs. efectivas} \times \text{Velocidad (km/hr)} \times \text{Capacidad (ton)} / \text{distancia media (km)}]$ y la vida útil de los camiones.



6. Bibliografía

CalChile. (2013). *Presentación Proyecto*.

Cementos Bio Bio. (s.f.). *Cementos Bio Bio*. Recuperado el 25 de 5 de 2015, de <http://www.cbb.cl>

Cementos Bio Bio S.A. *Memorias 2007-2014*.

Cochilco. (2007). Oportunidades de Negocios para Proveedores de Bienes, Insumos y Servicios Mineros en Chile.

Coloma Álvarez, G. (2008). *La Cal: ¡Es un reactivo químico!* Santiago.

Editec S.A. (2014). *Catastro de Equipamiento Minero 2013-2014*. Santiago: Editec. S.A.

Moly_Cop. (Marzo de 2012). Presentación OneSteel Mining Consumables.

Sigdo Koppers S.A. (s.f.). Memoria 2014.

Soprocal Calerías e Industrias S.A. . (s.f.). *Soprocal*. Recuperado el 25 de 5 de 2015, de <http://www.soprocal.cl>

Soprocal. *Memorias 2008-2014*.

Thompson Reuters. (2015). CheckPoint. *Base de Datos Exportaciones e Importaciones* .



7. Anexo

Tabla 10: Principales modelos Caex utilizados en operaciones mineras de Gran Minería

Marca	Modelo	Capacidad de Carga (ton)
Caterpillar	773	56
	775	63
	777	90
	785	136
	789	181
	793	218
	795	313
	797	363
	Komatsu	HD465
HD605		63
HD785		91
730E		184
830E		222
930E		291
960E		327
Liebherr		T282

Fuente: Cochilco



Tabla 11: Unidades de camiones mineros importados en el periodo 2002-2014

Modelo	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
773 Caterpillar (56 ton)	4	1	1	3	1	5	2	4	18	25	6	3	1
775 Caterpillar (63 ton)						4		1	13	25	8	2	
777 Caterpillar (90 ton)		3	7	16	4	53	19	20	14	44	74	7	4
785 Caterpillar (136 ton)			13	9			1	5	11		18		
789 Caterpillar (181 ton)	1		10	13	22	21	9	6	10	18	27	12	5
793 Caterpillar (218 ton)	6		9	35	11	8	26	2	21	35	55	40	2
795 Caterpillar (313 ton)										4	9		
797 Caterpillar (363 ton)	12	9	14	3	12	13	37	30	28	23	11	8	7
730E Komatsu (184 ton)			1	4	7	13	4	4	2				
830E Komatsu (222 ton)				14	4	8	13	5	11	20	20	23	2
930E Komatsu (291 ton)	1	9	10	11	27	35	41	31	46	28	80	46	48
960E Komatsu (327 ton)							1	3			16		20
HD465 Komatsu (55 ton)						7	14	3	9	12	5	3	6
HD605 Komatsu (63 ton)				4				2	6	20	9	1	8
HD785 Komatsu (91 ton)	6	1	4	7	20	27	30		11	72	50	14	
T282 Liebherr (363 ton)	14				8	5	8	10	1	21	10		
Total Unidades	44	23	69	119	116	199	205	126	201	347	398	159	103

Fuente: Thompson Reuters (2015) en base a información de Aduanas

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

Ronald Monsalve Helfant

Analista de Mercado Minero

Víctor Garay Lucero

Coordinador de Mercado Minero

Jorge Cantallopts

Director de Estudios y Políticas Públicas

Julio / 2015

