



# Análisis del mercado de insumos críticos en la minería del cobre (2017)

---

DEPP 18/2017

## Resumen Ejecutivo

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

La tercera entrega de este reporte surge de la aplicación de la metodología elaborada por Cochilco para identificar insumos críticos en la minería. Se analizan 8 insumos relevantes para la minería: Cal, Bolas de Molienda, Camiones de Extracción, Palas de Carguío, Neumáticos Off The Road, Floculantes, Extractantes y Perforadoras. Se debe tener presente que Cochilco, además hace seguimiento a otros insumos relevantes para la minería, como lo son el agua, energía eléctrica, ácido sulfúrico y capital humano.

Los objetivos de este reporte son conocer el mercado de aquellos insumos considerados como críticos, y, por otra, focalizar los esfuerzos para hacer seguimiento a dichos insumos.

Se tomó contacto con representantes de empresas proveedoras de la mayor parte de los insumos analizados para que nos hicieran llegar sus comentarios sobre el contenido de este reporte. En aquellos casos en que no se pudo contactar a las empresas, se pidió la opinión de profesionales conocedores de dichos mercados.

### 1. Cal

INACAL concentra el 92% de la capacidad de producción de cal (viva e hidratada) en Chile. La oferta nacional de cal se concentra en las regiones de Antofagasta y Atacama.

Por otro lado, Argentina se ha convertido en un importante abastecedor del mercado chileno, siendo la provincia de San Juan la que entrega los mayores aportes. Destacan las empresas Cefas, Compañía Minera del Pacífico y Sibelco, que en conjunto concentrarían una producción de 995 mil toneladas de cal al año. En agosto del 2016, el Grupo mexicano Calidra adquirió el 51% de Cefas con la promesa de invertir US\$40 millones para aumentar la producción.

El balance entre la oferta nacional y demanda de cal indica que a partir del año 2020 se podría producir un déficit que sería suplido por las importaciones o por el aumento de la capacidad de producción nacional. Al respecto, INACAL tendría en carpeta dos proyectos en la zona norte, el primero un aumento de capacidad en su planta de Antofagasta y /o una planta nueva en la zona de Tarapacá. Este aumento de capacidad permitirá suplir con creces los aumentos de demanda en la zona norte del país.

El valor cif<sup>1</sup> unitario de las importaciones de cal ha crecido en forma sostenida a una tasa anual de 6,2% entre los años 2005 y 2016. Sin embargo, en el último año se detuvo la escalada de precios.

---

<sup>1</sup> Cláusula de compraventa que incluye el valor de las mercancías en el país de origen, el flete y seguro hasta el punto de destino.

## **2. Bolas de Molienda**

Moly-Cop concentra el 80% de la capacidad instalada de producción de bolas de molienda en Chile. Le siguen Proacer y SK Sabo, ambas filiales de Magotteaux (empresa del Grupo Sigdo Koppers). Adicionalmente, para el cuarto trimestre del 2017 se esperaba la entrada en operación de una planta de Aceros Chile de 48 mil toneladas de capacidad.

China es el principal país de origen de las bolas forjadas para molienda en minería con una participación de casi el 100% en el año 2016. Elecmetal es responsable del 65% de las importaciones, seguido por Codelco y Minera Escondida con un 25% y 5%, respectivamente.

Actualmente la capacidad instalada de producción nacional es de 586 ktpa y podría alcanzar los 634 ktpa con la entrada en operación de la planta de Aceros Chile.

El balance entre la oferta nacional de bolas de molienda y la demanda estimada indica que el eventual déficit que se produciría a partir del año 2024 podría satisfacer mediante la expansión de la actual capacidad a nivel nacional (ej. Moly-Cop cuenta con la aprobación medioambiental para ampliar su planta de Mejillones) o a través del aumento de las importaciones. En ningún caso se visualiza un riesgo de desabastecimiento.

Durante el año 2016 se mantuvo la caída del valor cif unitario de las importaciones de bolas de molienda forjadas (con mayor demanda en la minería), así como también el valor cif unitario de las barras de acero utilizadas para la fabricación de bolas forjadas en Chile.

## **3. Camiones de extracción**

Caterpillar y Komatsu son las marcas de camiones de extracción con capacidad de carguío superior a las 200 tons. con mayor presencia en las operaciones de la Gran Minería del cobre en Chile

La caída del precio de los commodities afectó a las importaciones de camiones; situación que se aprecia desde el año 2013. Sin embargo, al mes de agosto de 2017 ya se habían importado 24 unidades de camiones (de los modelos y marcas analizadas), superando la cifra del año 2016 y también las del 2015.

En base al modelamiento realizado, para el periodo 2017-2026 la Gran Minería requerirá 530 unidades de camiones de extracción nuevos y la Mediana Minería 130 unidades<sup>2</sup>.

En los últimos 3 años los valores cif unitarios exhiben una tendencia decreciente.

## **4. Palas de carguío**

Las marcas de palas de carguío más utilizadas en la Gran Minería del Cobre son P&H, Caterpillar y Komatsu.

---

<sup>2</sup> Modelamiento realizado en base a información de tamaño y antigüedad del actual parque de camiones a la que se tuvo acceso y cuyos supuestos se detallan en el capítulo.

En el periodo 2005-2017 (Abr.) se han importado 121 unidades de las marcas de palas analizadas en este reporte, alcanzando el peak en el año 2013 (18 palas), para luego disminuir y registrar sólo 1 unidad al mes de abril del 2017.

En los últimos años se observa una cierta tendencia decreciente del valor cif unitario de los modelos de palas analizadas.

#### **5. Neumáticos Mineros Off the Road (OTR)**

Los principales importadores de neumáticos OTR (de las dimensiones analizadas en este reporte), son Bridgestone y Michellin.

Las importaciones de neumáticos OTR tuvieron un aumento sostenido hasta el año 2013 (358 millones US\$ cif). A partir de dicho año se viene observando una caída de las importaciones, llegando a los 99 millones US\$ cif en el 2016, producto de la desaceleración del sector minero.

La proyección de la demanda de neumáticos aro 57" y 63", asociada sólo al uso en camiones de extracción utilizados en la Gran Minería del cobre, indica que se requerirán más de 72.000 unidades para el periodo 2017-2026. Dicha cifra considera los neumáticos necesarios para que operen las actuales unidades de camiones de los modelos analizados en este reporte (789, 793, 797 de Caterpillar y 730E, 830E, 930E de Komatsu), como también para las nuevas unidades que serán adquiridas en el futuro (reemplazo de las actuales unidades y equipos adicionales).

Al 2016 se mantenía la caída generalizada en el valor cif unitario de las unidades importadas (modelos y tamaños analizados). La caída del valor de los neumáticos es más acentuada en aquellos de mayores dimensiones.

#### **6. Floculantes**

Los floculantes utilizados en las principales empresas de la gran minería del cobre son importados y están disponibles bajo distintas marcas comerciales. Los principales fabricantes son SNF, Basf, Kemira y Orica.

La elección del floculante adecuado se hace mediante pruebas de laboratorio y, por lo tanto, es poco probable la sustitución inmediata del uso de una determinada marca por otra.

El consumo de floculante para el periodo 2017-2026 tiene directa relación con las proyecciones de mineral de sulfuro procesado en las plantas concentradoras y podría aumentar un 62% al 2026, pasando de las aprox. 9 mil a 14 mil toneladas de floculante al año.

En el año 2016, el promedio del valor cif unitario de los floculantes importados continuó con la tendencia decreciente observada a partir del año 2014.

#### **7. Perforadoras (mina cielo abierto)**

Se analizó un conjunto de equipos de perforación utilizadas en operaciones a cielo abierto. Los principales fabricantes son Atlas Copco, Sandvik y Caterpillar. Atlas Copco es el principal proveedor de equipos de perforación para minas a cielo abierto, representando el 67% de las unidades

importadas de la muestra en el periodo 2005-2016 Le siguen Sandvik con un 22%, Caterpillar con un 10% y P&H con un 1%.

Las unidades nuevas importadas y analizadas en este reporte alcanzaron su peak durante el año 2011, para luego comenzar a disminuir y registrar sólo 5 unidades el 2016.

Las perforadoras rotativas y rotativas-DTH presentan los valores cif unitarios más altos. De igual forma, las últimas registran una caída en su valor cif unitario el 2015, en relación al periodo anterior. Las perforadoras sólo con martillo en el fondo (DTH) o sólo con martillo en la cabeza (OTH) no presentan variaciones significativas de sus valores cif unitarios.

## **8. Extractantes**

Los extractantes (resina orgánica), ocupados en la minería son importados y están disponibles bajo distintas marcas comerciales. Los principales fabricantes con presencia en Chile son Solvay y Basf. Ambos registran una menor valoración cif de sus importaciones durante el año 2016. Sin embargo, en el periodo 2010 -2016 las importaciones de extractantes de ambos fabricantes ascendió a US\$ 332 millones cif.

El consumo global de extractantes al año 2026 decrecería debido al agotamiento de los minerales oxidados (lixiviables). A pesar de que se observa un repunte de la producción de cobre catódico en el mercado peruano, sus volúmenes son sustancialmente menores en comparación a la producción de Chile.

Al igual que con los otros insumos mineros, durante los últimos 3 años el valor cif unitario promedio de los extractantes muestra una disminución.

### **Comentario final**

Los insumos críticos son relevantes dentro la estructura de costos de una operación minera y, por lo tanto, su comercialización genera importantes ingresos para las empresas que los proveen. La estructura del mercado nacional y las características de algunos de los insumos analizados no favorece la participación de muchos actores, observándose casos donde existe un proveedor que claramente es dominante.

Desde el punto de vista del origen de los productos, salvo en la producción de cal y de las bolas de molienda, el resto de los insumos analizados (camiones, palas de carguío, perforadoras, neumáticos OTR, floculantes y extractantes), es provisto por fabricantes que tienen sus plantas de producción fuera de Chile, es decir, se trata de insumos importados. Al respecto, se mantiene lo señalado en las versiones anteriores de este reporte, en el sentido que la participación de mercado de aquellos insumos que son producidos localmente está siendo amenazada por las importaciones.

## Índice

1. Introducción y objetivos .....	8
2. Cal .....	9
3. Bolas de molienda .....	15
4. Camiones de Extracción .....	20
5. Palas de carguío .....	24
6. Neumáticos Mineros (Off the Road) .....	27
7. Floculantes utilizados en la minería del cobre .....	30
8. Perforadoras (mina cielo abierto) .....	34
10. Extractantes (SX).....	38
11. Bibliografía.....	42

## Índice de figuras

Fig. 1: Principales plantas productoras de cal en Chile .....	9
Fig. 2: Principales provincias productoras de cal en Argentina .....	10
Fig. 3: Balance Oferta Nacional vs Demanda de Cal Viva 2017-2026 (miles de ton) .....	13
Fig. 4: Valor CIF unitario (US\$/ton) de Óxido de Calcio 2005-2016 .....	14
Fig. 5: Plantas productoras de bolas de molienda en Chile .....	16
Fig. 6: Importaciones de bolas de molienda forjadas desde China.....	17
Fig. 7: Balance de oferta nacional y demanda de bolas de molienda (miles de ton) .....	18
Fig. 8: Valor CIF unitario bolas de molienda forjadas (US\$/ton).....	19
Fig. 9: Importaciones de camiones mineros nuevos (capacidad > 200 ton) .....	20
Fig. 10: Estimación de necesidad de nuevos camiones mineros (2017-2026).....	22
Fig. 11: Valor CIF (Millones US\$/unid) camiones .....	23
Fig. 12: Unidades importadas de palas de carguío 2005-2017(Abr.) .....	25
Fig. 13: Valor CIF unitario Palas de Carguío 2005-2017(Abr) .....	26
Fig. 14: Importaciones de neumáticos OTR (Millones US\$ CIF) .....	27
Fig. 15: Demanda estimada de neumáticos de grandes dimensiones (2017-2026) .....	28
Fig. 16: Valor CIF unitario neumáticos (US\$/unid).....	29
Fig. 17: Importaciones de la muestra de marcas de floculantes (miles US\$ CIF) .....	31
Fig. 18: Consumo esperado de floculantes 2017-2026 (ton) .....	32
Fig. 19: Valor CIF unitario promedio de floculantes convencionales (US\$ CIF/kg).....	33
Fig. 20: Unidades de perforadoras importadas de la muestra (2005-2016).....	35
Fig. 21: Valor CIF importación de perforadoras para minería a cielo abierto (2005-2016).....	36
Fig. 22: Índice valor CIF unitario perforadoras minería a cielo abierto (2005-2016).....	37
Fig. 23: Consumo estimado de extractante en Chile y Perú (2017-2026).....	40
Fig. 24: Valor CIF unitario promedio de extractantes (US\$ CIF/kg) (*) .....	41

## Índice de tablas

Tabla 1: Camiones de extracción con capacidad de carga superior a 200 ton. ....	20
Tabla 2: Palas de Carguío Gran Minería del Cobre.....	24
Tabla 3: Muestra de marcas de floculantes utilizados en minería.....	30
Tabla 4: Muestra de perforadoras analizadas.....	34
Tabla 5: Marcas de extractantes para minería.....	38
Tabla 6: Importaciones de extractantes para la minería (miles US\$) 2010-2016.....	39

## 1. Introducción y objetivos

Los objetivos de este reporte 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 consolidar su aporte al país, mediante la elaboración de estudios y reportes que le hagan seguimiento a los insumos críticos.

En la primera versión de este reporte se formuló y aplicó una metodología para identificar de manera razonable la mayoría de los insumos percibidos como críticos en la Gran Minería del Cobre, tanto en la operación (OPEX) como en los proyectos de inversión (CAPEX). 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 hace seguimiento permanente a los insumos críticos de alto impacto en la minería como son energía eléctrica, agua, ácido sulfúrico y el capital humano.

En esta tercera versión del reporte se analiza el mercado de 8 insumos mineros:

- Cal,
- Bolas de molienda,
- Floculantes,
- Extractantes (proceso SX)
- Neumáticos para camiones de extracción Off the Road (OTR),
- Camiones de extracción (CAEX),
- Palas de carguío,
- Perforadoras

Con el fin de contar con una opinión experta respecto de los contenidos de este trabajo, se tomó contacto con algunas de las empresas proveedoras mencionadas en este reporte. En este sentido es importante destacar que los valores de oferta local corresponden, en algunos casos, a estimaciones basadas en información de las propias empresas consultadas y otras fuentes referidas, mientras que la oferta importada se toma de los registros del Servicio Nacional de Aduanas. Para el caso de la demanda proyectada, se utilizan estimaciones propias de Cochilco.

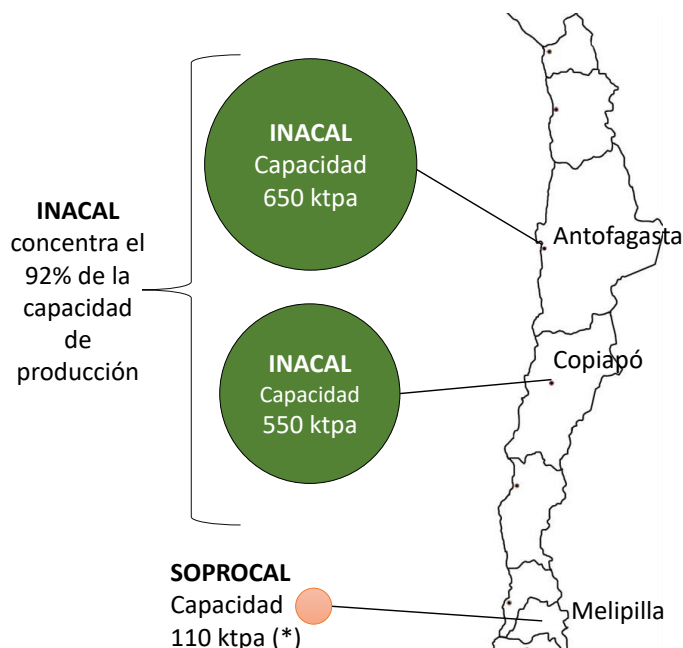


## 2. Cal

La cal<sup>3</sup> se obtiene de la calcinación de la piedra caliza (mineral), a la temperatura de descomposición del carbonato de calcio. En ese estado se denomina cal viva (óxido de calcio) y si se apaga sometiéndola al tratamiento con agua, se le llama cal apagada (hidróxido de calcio). El principal uso de la cal en minería es como regulador de pH en los procesos de flotación de minerales de cobre sulfurados y de cobre auríferos<sup>4</sup>.

INACAL y SOPROCAL lideran la producción de cal (viva e hidratada) en Chile, con el 92% de la capacidad de producción concentrada en las regiones de Antofagasta y Atacama.

**Fig. 1: Principales plantas productoras de cal en Chile**



Fuente: Cochilco

(\*) La capacidad de la planta es de 165 ktpa. Sin embargo, debido a restricciones ambientales se redujo a 110 ktpa.

A comienzos del año 2016 finalizó la construcción de una planta de cal localizada en la región de Atacama (RCA 0317/2009), con una capacidad de 165 ktpa. de cal viva para los mercados mineros y medioambientales. Sin embargo, a la fecha de cierre del presente reporte no se tuvo acceso a información actualizada del estado en que se encuentran las operaciones.

<sup>3</sup> Óxido de calcio, CaO.

<sup>4</sup> Se denomina Cal viva, al Oxido de Calcio, en contacto con agua en una cierta proporción, se produce una reacción transformándose en hidróxido de calcio, comúnmente identificada como Cal apagada. Si la cantidad de agua excede esta proporción se forma Lechada de Cal que es la forma más común utilizada en la industria minera.

Por otro lado y al igual que en el informe anterior, continúan las negociaciones respecto a los aspectos relevantes de un contrato de Ingeniería, Compras y Construcción (EPC) para adquirir la planta de cal de 216 ktpa fuera de Chile y que debería iniciar su producción a comienzos del segundo semestre del 2018, en la comuna de Tocopilla en la región de Antofagasta RCA (0260/2014).

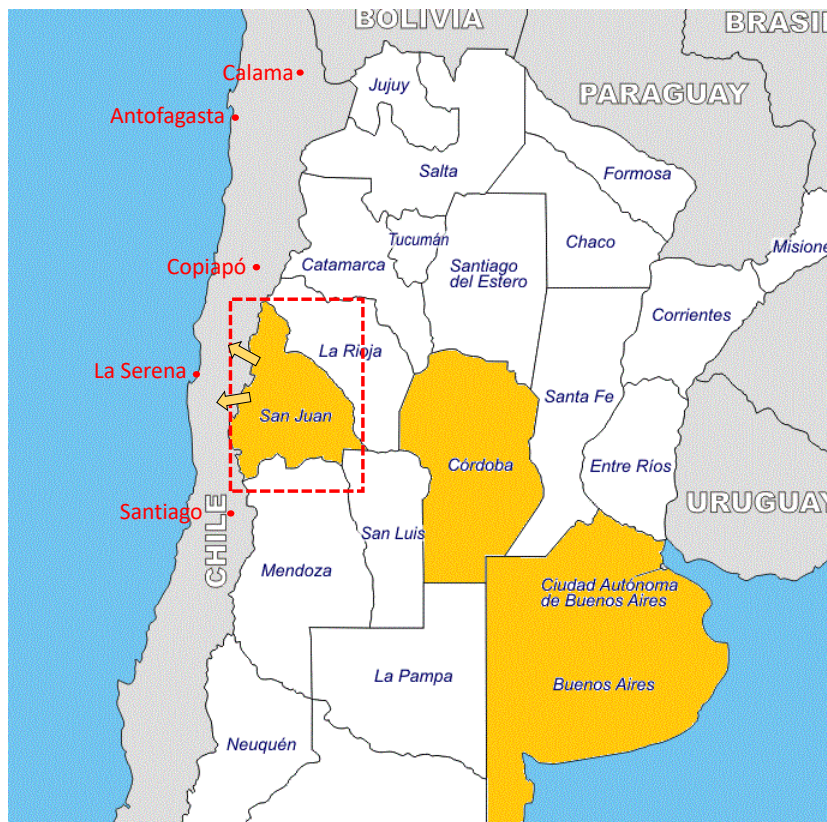
Finalmente, Inacal tendría en carpeta dos proyectos en la zona norte, el primero un aumento de capacidad en su planta de Antofagasta y /o una planta nueva en la zona de Tarapacá. Este aumento de capacidad permitirá suplir con creces los aumentos de demanda en la zona norte del país y estaría invirtiendo en capacidad logística en Zona Central para asegurar la entrega en la zona.

### Oferta de cal Argentina

Las empresas argentinas productoras de cal mantienen su condición de importantes abastecedores del mercado nacional. Sin embargo, a pesar de la creciente importancia que está adquiriendo Argentina como productor de cal, las estadísticas del Servicio Geológico de los Estados Unidos (SGSS) no revelan información sobre la producción del país trasandino.

Hay tres provincias argentinas que lideran la producción de cal: San Juan, Buenos Aires y Córdoba, siendo la primera la que entrega los mayores aportes (66,2% en el año 2011). De igual forma y debido a su cercanía, en la provincia de San Juan se concentran las operaciones que abastecen de cal al mercado chileno.

**Fig. 2: Principales provincias productoras de cal en Argentina**



Fuente: Elaboración propia

Según estimaciones de la Cámara Minera de San Juan, en dicha provincia existirían aproximadamente 25 caleras. Entre las empresas más importantes se encuentran Cefas, Compañía Minera del Pacífico y Sibelco, que en conjunto concentrarían una producción de 995 mil toneladas de cal al año de un total de entre 1.850 y 1.900 mil toneladas anuales de capacidad instalada que se produce en San Juan (es decir, entre 52% y 54% de la capacidad instalada).

### **Cefas**

En 2009 se inauguró una planta en el departamento de Sarmiento, en la provincia de San Juan, que produce cales vivas y destinada principalmente a abastecer los mercados de la industria y la minería, entre otros.

En 2010 creó Cefas Chiles S.A. para extender su participación en el mercado, comercializando y distribuyendo sus productos en Chile a través de la instalación de un centro de distribución en la comuna de Colina.

En agosto de 2016, el Grupo mexicano Calidra adquirió el 51% de las acciones de Cefas e invertirá 40 millones de US\$ en la construcción de 2 nuevos hornos caleros en la planta de Los Berros en la provincia de San Juan, con lo cual se duplicará su actual capacidad de producción (aprox. 180 ktpa).

### **Compañía Minera del Pacífico**

En el año 2015 la empresa chilena Cementos Bio Bio S.A. adquirió el 30% de las acciones que la sociedad relacionada Soproc, Calerías e Industrias S.A. tenía en la sociedad Inversiones San Juan S.A., con lo cual alcanzó la totalidad de la participación accionaria en dicha sociedad, dueña del negocio de Cal en Argentina. A través de la filial Compañía Minera del Pacífico opera el yacimiento El Refugio, desde donde obtiene caliza de alta ley para la producción de cal en la Planta de San José de Jáchal, con una capacidad productiva aproximada de 66 ktpa.

### **Sibelco**

Sibelco es una empresa belga que posee minas y plantas en la Provincia de San Juan: Los Berros, La Laja y Vilicum. A fines del 2007 el holding compró minera TEA en Laja. Al año siguiente absorbió a La Buena Esperanza ubicada en Los Berros y en el 2015 compró El Volcán en el distrito de El Vilicum.

A fines del año 2016, Sibelco inauguró el Centro Logístico de Cal Noviciado (RCA 94/2015), en la Comuna de Lampa en Santiago de Chile. Dicho centro tiene una capacidad de almacenamiento de 28.000 toneladas y recibe la producción de cal de las plantas que Sibelco posee en Argentina.

### **Importaciones de cal desde Argentina**

Existe 3 variedades de cal importadas: Cal Viva, Cal Apagada (Hidratada) y Cal Hidráulica<sup>5</sup>. Durante el año 2016 se importaron 563 mil toneladas de cal, de las cuales la Cal Viva representa el 88% del

---

<sup>5</sup> La diferencia entre la cal hidráulica e hidratada es que la primera contiene cantidades importantes de silicio y aluminio. Las cales hidráulicas sólo se utilizan para la construcción, en estado hidratadas.

total. En el 2016 no se importó cal hidráulica. En términos de valor cif, se importaron US\$100 millones de cal, de los cuales el 76% corresponde a la Cal Viva.

En cuanto a volumen (kt), Argentina continuó liderando los envíos de Cal Viva a Chile, con 81% de participación en el año 2016. Sin embargo, en dicho año Colombia (9%) y México (4%), realizaron envíos de cal a Chile que le restaron participación a Argentina. En el caso de Colombia destacan los envíos de Lhoist, empresa internacional de producción de cal con sede en Bélgica, y en el caso de México destacaron las importaciones de Cefas.

A nivel de empresas, Unimin Chile (empresa del grupo Sibelco), se mantiene como el mayor importador de Cal Viva, con volúmenes que representan el 51% del total importado en el 2016, seguido por CEFAS Chile con un 29%. Sin embargo, esta última empresa aumentó su participación en 11% respecto al año anterior, con 76.000 toneladas de cal viva adicionales.

### **Demanda estimada de cal**

La estimación de la demanda se hizo en base a las proyecciones que COCHILCO hace respecto a la producción de cobre, más específicamente sobre el procesamiento de sulfuros.

La demanda total de CaO es la sumatoria de los consumos de los escenarios “Base”, “Probable”, “Posible” y “Potencial” de procesamiento de mineral de cobre sulfurado. Además, incluye la demanda de cal viva para otros usos (fundiciones, cianuración (minería de plata) y otros), la cual se estima corresponde al 25% del consumo de cal viva de los escenarios “Base”, “Probable” y “Posible”.

Además, se asume que el consumo unitario promedio de cal viva en el proceso de flotación minera es de 1,6 kg/ton de mineral procesado<sup>6</sup>.

### **Oferta estimada de cal**

Las plantas productoras de cal producen óxido de calcio y posteriormente, parte de dicha producción se transforma en hidróxido de calcio, la cual tiene por destino otros mercados. Además, una parte de la producción de óxido de calcio tiene un uso no minero (el porcentaje varía entre 10% y 20% de la producción de CaO, según empresa).

La oferta nacional de cal viva (óxido de calcio), considera el escenario en que operan las plantas de Inacal y Soprocál. Además, se estima en un 90% la utilización efectiva de la capacidad instalada de las plantas productoras de cal.

Para todo el periodo analizado se asume una cantidad anual constante de importaciones de cal viva equivalente a 496 miles de toneladas (volumen importado en el año 2016). Se tomó en consideración que en los últimos 10 años las importaciones han aumentado y es esperable que, a lo menos, se observen importaciones superiores a las vistas durante el último año.

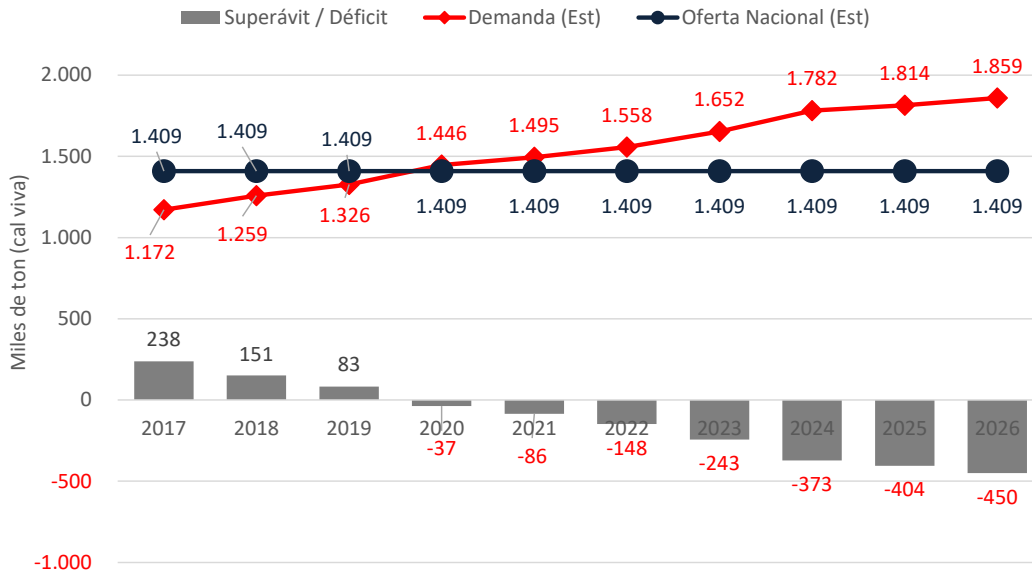
Finalmente, una pequeña parte de la producción nacional de cal viva es exportada. Durante el año 2016 se exportaron tan solo 106 ton. de cal viva a EE.UU.

---

<sup>6</sup> Promedio entre datos Cochilco y del mayor productor de cal en Chile.

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

**Fig. 3: Balance Oferta Nacional vs Demanda de Cal Viva 2017-2026 (miles de ton)**



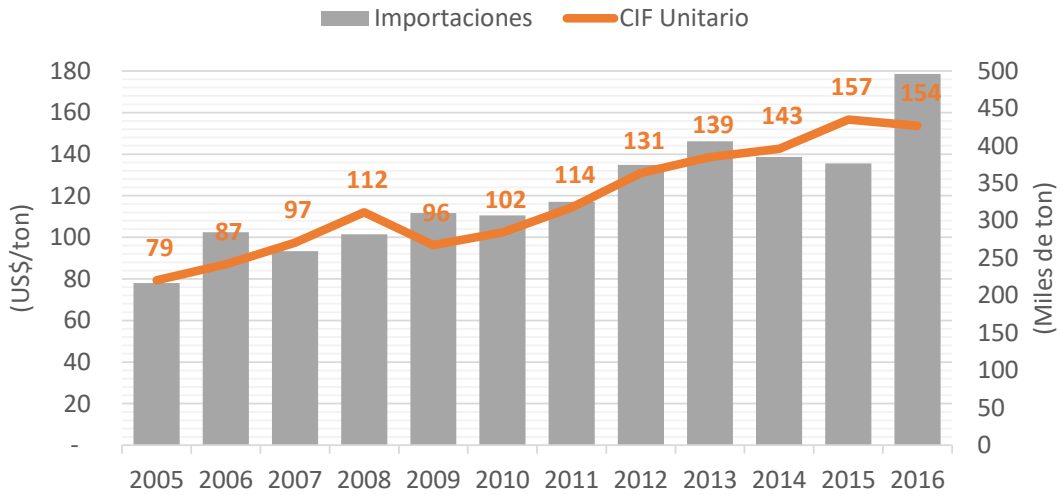
Fuente: Elaboración propia

El balance entre la oferta nacional y la demanda cal muestra un déficit de oferta nacional a partir del año 2020. Sin embargo, es esperable que dicho déficit sea suplido a través del aumento de capacidad de producción de las plantas nacionales o a través de las importaciones. Posiblemente la provincia de San Juan en Argentina seguirá teniendo un importante rol como abastecedor de cal, ya que en la actualidad se estima que la producción anual de dicha zona asciende a 1.500 ton al año en promedio. En la actualidad, aproximadamente el 33% de dicha producción se envía a Chile.

**Precio del Óxido de Calcio**

Desde el año 2005 el valor cif unitario de las importaciones de Óxido de Calcio aumentó a una tasa anual promedio de 6,2%, lo que significa un incremento del 94% para el periodo 2005 y 2016.

**Fig. 4: Valor CIF unitario (US\$/ton) de Óxido de Calcio 2005-2016**



Fuente: Thompson Reuters (2016) en base a información de Aduanas

Sin embargo, en el año 2016 se detuvo el sostenido aumento del valor cif unitario observado durante 6 años, alcanzando los 153,6 US\$/ton.

Tal como se indicó, todo parece indicar que el aumento de capacidad de las plantas nacionales y de las importaciones de cal, principalmente de Argentina, cubrirán la brecha necesaria para satisfacer la demanda interna, siempre y cuando se concrete íntegramente la cartera de proyectos mineros. No se visualiza riesgo de desabastecimiento de cal, situación que podría explicar en parte la detención en la escalada precios de importación observados en los años anteriores.

### 3. Bolas de molienda

Las bolas de molienda se utilizan en todos los procesos de molienda de mineral: convencional, unitaria (con y sin HPGR), 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.

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. Además, 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.

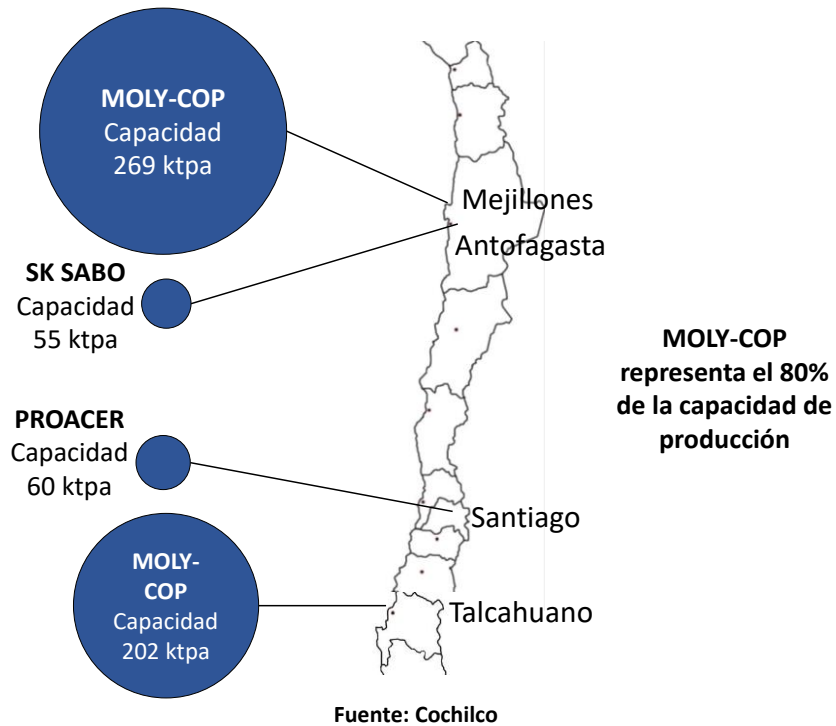
Un circuito moderno de molienda consume aproximadamente entre 30 y 40% de bolas grandes (> 4"), entre 40 y 50% de bolas de tamaño medio (2" – 3,5") y el resto de bolas pequeñas (<2").

En Chile las principales empresas fabricantes de bolas de molienda son:

**Moly-Cop Chile S.A.** (100% American Industrial Partner): Empresa que fabrica y distribuye bolas de acero para molienda que se utilizan en industrias mineras de cobre, oro y hierro. Fundada en 1959, las plantas que la empresa posee en Talcahuano y Mejillones tienen una capacidad nominal de medios de molienda de 471.000 toneladas. El 4 de enero de 2017, Moly-Cop fue adquirida por American Industrial Partner.

**SK Sabo S.A.** (99,99% Magotteaux): A su vez Sigdo Koppers S.A. controla el 95% de Magotteaux. 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.** (100% Magotteaux). Posee una capacidad instalada de 60.000 toneladas de bolas de bajo cromo.

**Fig. 5: Plantas productoras de bolas de molienda en Chile**

La suma de las capacidades instaladas para abastecer a la minería de las tres principales empresas productoras de bolas de acero en Chile es de **586 ktpa**.

#### Aumento de la capacidad instalada en Chile

En relación con el avance de la construcción de la etapa 1 de la planta de la empresa Aceros Chile S.A. (capacidad de 48.000 toneladas), para la fabricación de bolas forjadas para la gran minería y que estará ubicada en la Comuna de Puente Alto, se espera que la planta comience a producir con fines comerciales durante el cuarto trimestre del 2017.

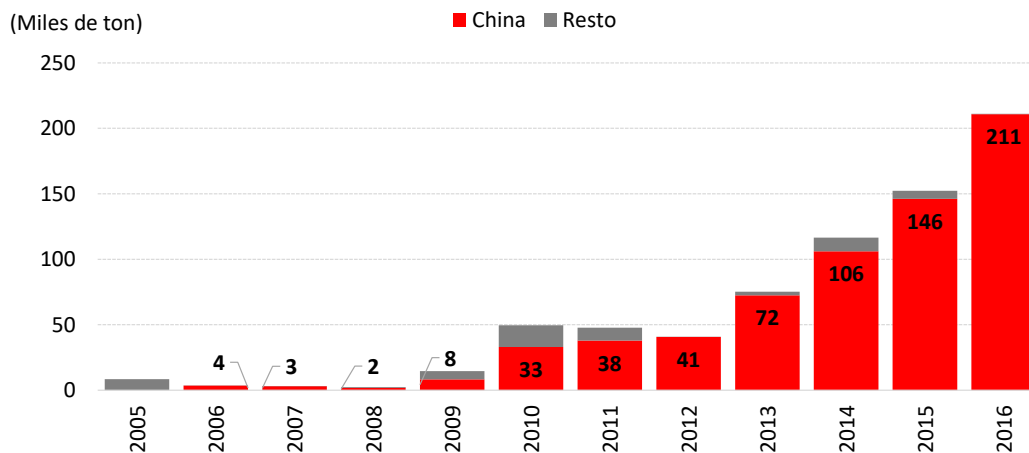
Con la entrada en operación de la planta de Aceros Chile la capacidad de producción instalada en Chile alcanzaría los 634 ktpa.

#### Importaciones y exportaciones de bolas de molienda

En relación con las importaciones (en toneladas), China se mantuvo como el principal país de origen de las bolas forjadas para molienda en minería con una participación de casi el 100% en el año 2016. El 65% corresponde a importaciones efectuadas por Elecmetal, 25% por Codelco y 5% por Minera Escondida.

En la siguiente figura se aprecia el repunte que han tenido las importaciones de bolas de molienda forjadas de origen chino en el mercado nacional, pasando de las 33 mil toneladas en el 2010 a las 211 mil toneladas en el 2016, siendo Elecmetal el principal responsable de dicha alza.



**Fig. 6: Importaciones de bolas de molienda forjadas desde China**

Fuente: Thompson Reuters (2016) en base a información de Aduanas

En el 2016 se importaron 215 mil toneladas de bolas de molienda forjadas y fundidas para la minería. Estas últimas representaron apenas el 2% del volumen total importado.

Por otro lado, en cuanto a las exportaciones, las bolas de molienda forjadas representaron el 80% del volumen total exportado durante el 2016 (143 mil toneladas de bolas fundidas y forjadas), siendo Moly-Cop el principal exportador. En el periodo 2014 -2016, el volumen de los envíos al exterior se ha mantenido constante y los principales destinos son Brasil, Perú y Argentina.

#### **Demanda estimada de bolas de molienda**

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).

Al igual que en los reportes anteriores se utilizó una tasa de consumo unitario de bolas de acero de **700 gr/ton de mineral**<sup>7</sup>, con lo cual se obtiene una estimación de la demanda global de bolas de molienda en la industria, basado en las proyecciones más recientes de la cartera de proyectos mineros al año 2026, que hace Cochilco.

De igual forma se asume la concreción íntegra de toda la cartera de proyectos mineros.

#### **Oferta estimada de bolas de molienda**

Para estimar la oferta nacional de bolas de acero se toman en consideración los siguientes aspectos:

<sup>7</sup> Se corrigió el valor de la tasa de consumo unitario de 770 a 700 grs de acero/ton material procesado. Según fuente consultada y conocedora del mercado, el valor utilizado en reportes anteriores era elevado.

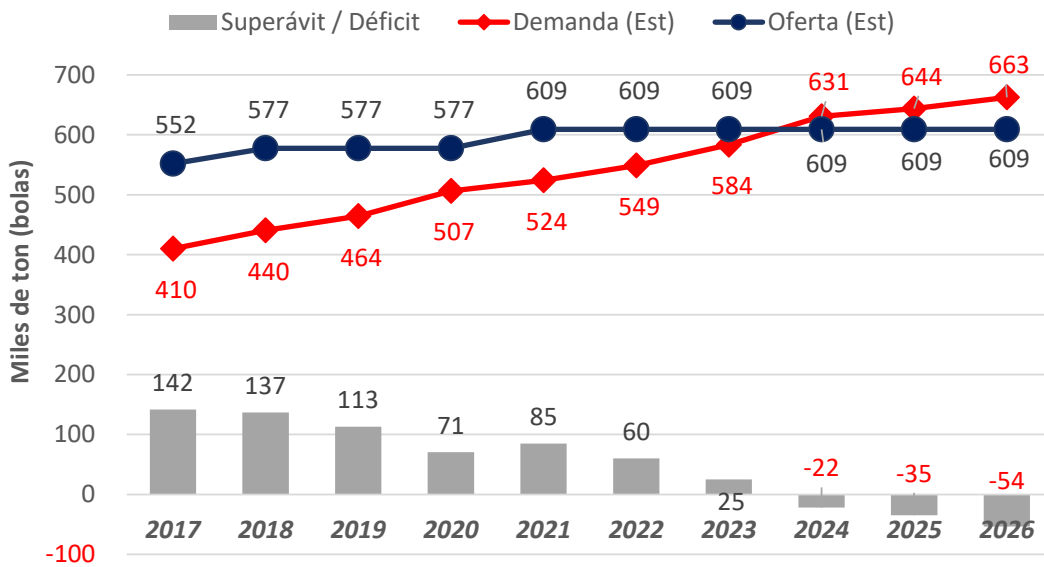
Capacidad instalada de producción nacional: Considera la capacidad actual de 586 ktpa más la entrada en operación del proyecto de Aceros Chile. S.A., en el tercer cuatrimestre del año 2017, con lo cual se alcanzan los 634 ktpa de capacidad en el año 2018.

Se toma como supuesto que la tasa de utilización de las plantas de producción es de un 80%<sup>8</sup>.

Importaciones de bolas forjadas: A pesar de que el volumen importado de bolas de molienda (especialmente las forjadas), ha crecido en forma considerable durante los últimos 4 años, se asume que para todo el periodo de análisis se mantendrá constante el volumen de bolas importado en el año 2016 y que ascendió a los 211 ktpa (cota mínima). Las importaciones de bolas fundidas no fueron consideradas ya que los volúmenes son marginales.

Finalmente la estimación de la oferta nacional de bolas de molienda considera que parte de la producción nacional se exporta. Cabe señalar que la estimación supone que durante todo el periodo de análisis al menos se exportará el volumen de bolas del año 2016, es decir, 142 ktpa (bolas forjadas y fundidas). Sin embargo, otro escenario que se podría dar es que la producción que actualmente se exporta sea redestinada al mercado nacional y sustituya parte de la actual oferta que se importa.

**Fig. 7: Balance de oferta nacional y demanda de bolas de molienda (miles de ton)**



Fuente: Cochilco

Los resultados del ejercicio indican que la capacidad de producción instalada en el país y los volúmenes de bolas importados satisfacen con holgura las necesidades internas. La oferta nacional

<sup>8</sup> Se corrigió la tasa de utilización de las plantas de 90% a 80%. Dicho valor se obtuvo analizando la capacidad de producción y las ventas efectivas (en toneladas) que informa una de las empresas fabricantes de bolas de molienda en su reporte anual.

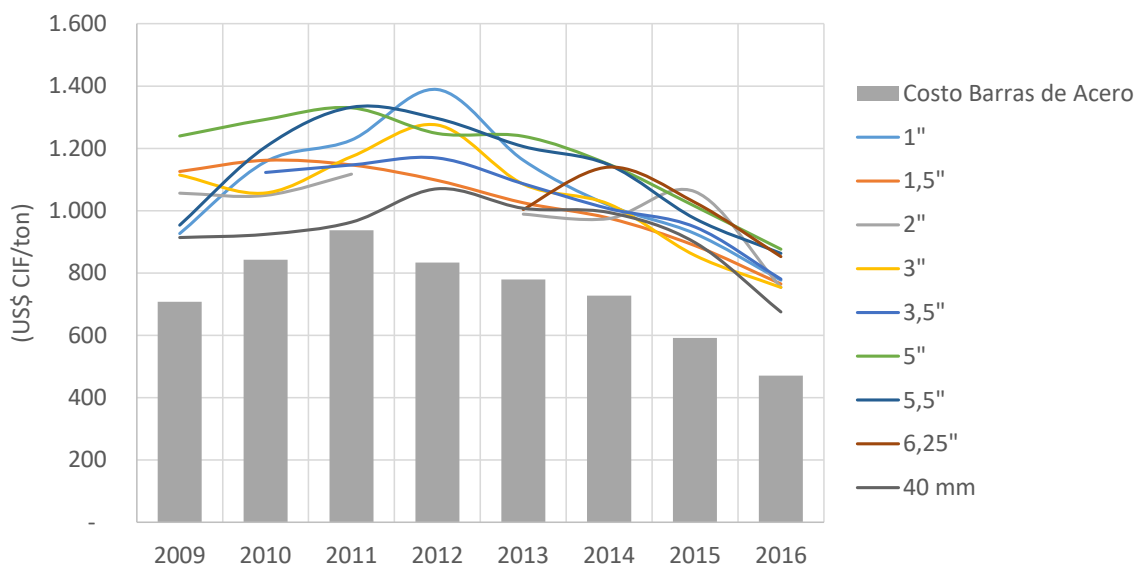
se vería superada a partir del año 2024. Sin embargo, un eventual déficit en el mercado podría ser satisfecho de dos formas:

- a) El principal productor nacional, Moly-Cop Chile, tiene la aprobación medioambiental para una expansión en Mejillones que se podría concretar si las perspectivas del mercado son auspiciosas y, por lo tanto, podría satisfacer dicho déficit, y/o
- b) Aumento de importaciones.

### Precio de las bolas de molienda

En relación a la evolución del precio, se toma como referencia el valor de las importaciones de las bolas de molienda forjadas y que en términos agregados representan el 97% del valor cif total importado en el 2016 (US\$ 174 millones). Dichos precios se comparan con el valor cif de las barras de acero importadas para la manufactura de las bolas<sup>9</sup>.

**Fig. 8: Valor CIF unitario bolas de molienda forjadas (US\$/ton)**



Fuente: Thompson Reuters (2016) en base a información de Aduanas

En el año 2016 se mantuvo la caída de los precios observada a partir del año 2012, al igual que el precio de las barras de acero que se importan para su fabricación.

<sup>9</sup> Código arancelario 72283000.

#### 4. Camiones de Extracción

A diferencia del reporte pasado, el análisis se focaliza en el mercado de los camiones fuera de carretera (off road), para transporte del material extraído en faenas mineras de cobre a cielo abierto, cuya capacidad de carga supera las 200 toneladas métricas. En dicho segmento, las marcas con mayor presencia en Chile son Caterpillar y Komatsu.

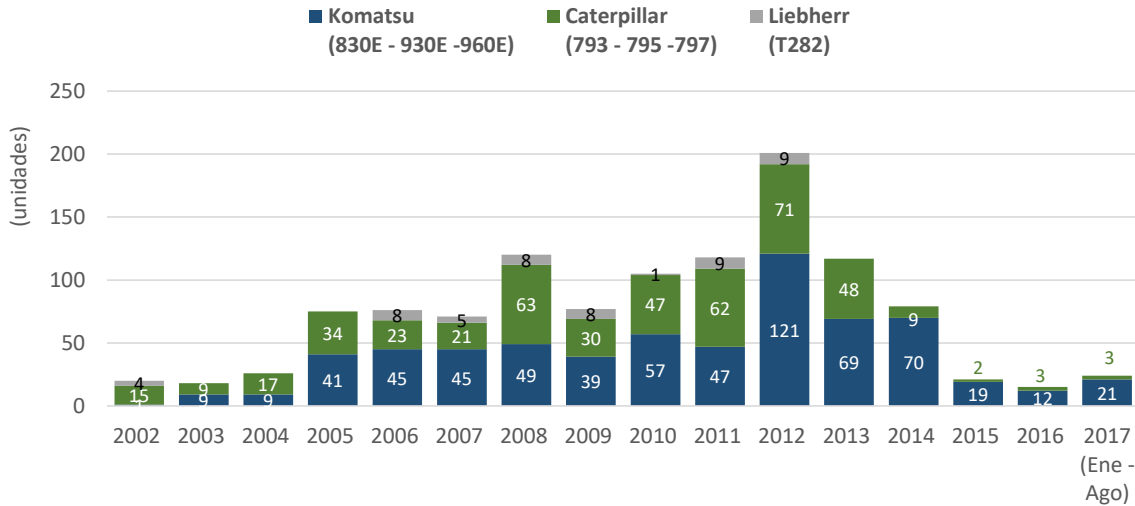
**Tabla 1: Camiones de extracción con capacidad de carga superior a 200 ton.**

Marca	Modelo	Capacidad (ton. met.)
<b>Caterpillar</b>	793F	227,0
	794 AC	306,0
	795F AC	313,0
	797F	375,0
<b>Komatsu</b>	830E	221,6
	930E	290,4
	960E	327,0
	980E-4	363,0

Fuente: Cochilco en base extraída de catálogos

La desaceleración de la actividad minera, influida por la caída de los precios de los commodities, propició la desaceleración de las importaciones de camiones del segmento analizado, pasando de las 201 en el año 2012 a tan sólo 24 unidades nuevas al mes de agosto del 2017. Sin embargo, en lo que va corrido del año 2017 las unidades nuevas importadas ya superan a las registradas en el año anterior y las del año 2015.

**Fig. 9: Importaciones de camiones mineros nuevos (capacidad > 200 ton)**



Fuente: Thompson Reuters (2017) en base a información de Aduanas

Desde el año 2011 al mes de agosto del 2017, el modelo 930E de Komatsu (capacidad de carga de 290,4 toneladas), ha sido el más demandado con 249 unidades importadas. Le sigue el modelo 793 de Caterpillar (capacidad de carga de aprox. 227 toneladas), con 132 unidades nuevas importadas en el mismo periodo.

Hay que señalar que las estadísticas no contabilizan las importaciones de camiones usados.

### **Demanda de nuevos camiones**

La demanda de camiones está dada por las necesidades de movimiento de material de las faenas en operación y de los futuros proyectos mineros a cielo abierto. A partir de las estimaciones de movimiento de material<sup>10</sup> para el periodo 2017-2026, se efectuó una estimación de la demanda de camiones para los próximos años, focalizándose en las operaciones de la Gran Minería del cobre. El dimensionamiento del parque de camiones toma en consideración variables, tales como:

- Distancia promedio de acarreo a botadero, pilas o 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 rajos

Las proyecciones de movimiento de material en operación indican que en los años 2021 y 2022 se alcanzará un peak de 3.100 millones de toneladas, para luego comenzar a decrecer.

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

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

Al igual que en las versiones anteriores de este reporte, se efectuó un modelamiento para la estimación del número de camiones **nuevos** necesarios para satisfacer la demanda de acarreo de material (lastre y mineral) para los próximos años<sup>11</sup>. A continuación se muestra una estimación de

---

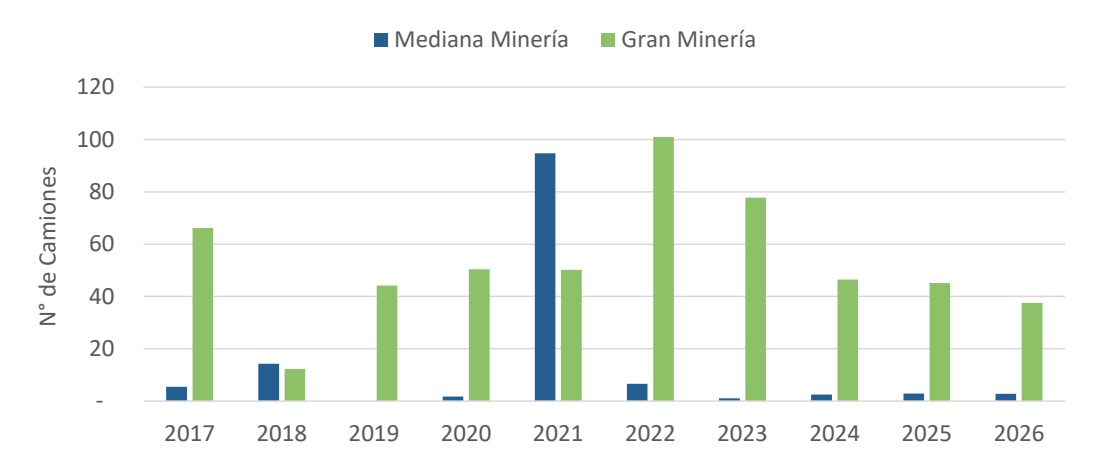
<sup>10</sup> Wood Mackenzie, Q2 2017.

<sup>11</sup> Supuestos utilizados:

- Velocidad promedio horizontal (lleno y vacío)= 64 Km/hr.
- Velocidad promedio subiendo cargado = 16 km/hr. (pendientes 12°)
- Velocidad promedio bajando vacío = 40 km/hr.
- Se mantiene la configuración de capacidad de flota de camiones en cada faena (modelos usados actualmente).
- Disponibilidad según vida útil del camión que va desde 86% a 73%.
- Horas de utilización efectiva al año: 6.000 a 6.500 hrs.

la demanda de camiones para el periodo 2017-2026, para un conjunto de operaciones que representa más del 90% del movimiento de material de minas a cielo abierto y teniendo en consideración que el valor obtenido corresponde al promedio de los modelamientos de escenarios con distintas vidas útiles de los camiones y que van desde los 10 a un máximo de 15 años.

**Fig. 10: Estimación de necesidad de nuevos camiones mineros (2017-2026)**



Fuente: Elaboración propia

Los camiones se han agrupado en 2 rangos de capacidades:

- \_ Gran Minería (Camiones asimilables a modelos Caterpillar 793-9797 y Komatsu 830E - 930E).
- \_ Mediana Minería (Camiones asimilables a modelo Caterpillar 789/ Komatsu 730E).

Según el modelamiento, en el periodo 2017-2026 la Gran Minería requeriría aproximadamente 530 unidades de camiones de extracción nuevos y la Mediana Minería en torno a las 130 unidades.

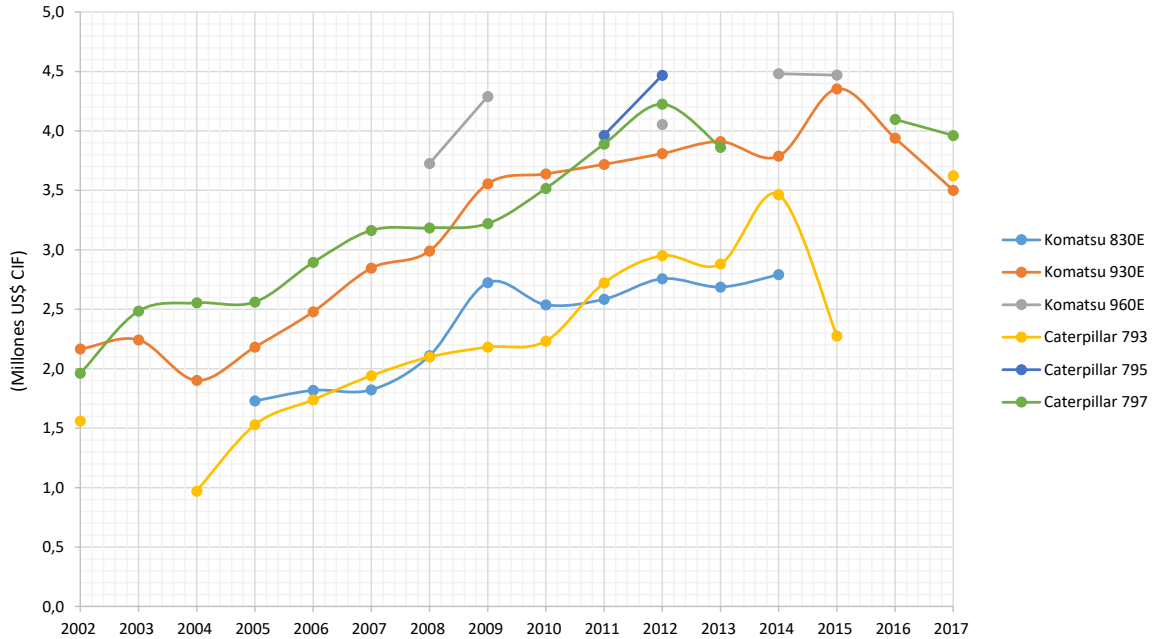
Cabe señalar que el modelamiento de la demanda de nuevos camiones toma en consideración el reemplazo de las actuales flotas de equipos producto del fin de su vida útil y asume que se mantienen las actuales configuraciones de carguío (modelos de camiones). Dicho supuesto también se aplica para cuantificar el número de camiones adicionales necesarios para satisfacer el aumento del material movido en una operación minera.

De igual forma, durante los últimos años se han importado camiones usados destinados a labores mineras. De acuerdo con el registro de importaciones, dicha práctica sería reciente y de mantenerse y aumentar en el futuro podría significar un aumento en el número de unidades requeridas para un determinado periodo, debido a que la vida útil de los camiones usados es menor.

#### **Precio camiones de extracción**

La totalidad de los camiones de extracción mineros son importados. En la siguiente figura se presenta la evolución del valor cif de las importaciones de los modelos de camiones analizados en este reporte.

**Fig. 11: Valor CIF (Millones US\$/unid) camiones**



Fuente: Thompson Reuters (2017) 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), a pesar de la diferencia en la capacidad de carga, así como también entre los modelos 830E (Komatsu) y 793 (Caterpillar).

Las variaciones en los precios pueden deberse a opcionales de fábrica, configuraciones por condiciones de operación, acuerdos globales, entre otros.

## 5. Palas de carguío

En las operaciones de la Gran Minería del Cobre a cielo abierto, las palas de cable y las hidráulicas son los equipos de carguío más utilizados.

Las palas de carguío son equipos de gran envergadura, que alcanzan elevadas producciones, con costos unitarios bajos y una alta disponibilidad mecánica. Entre otros, la diferencia entre la palas cable y las hidráulicas radica en que las primeras poseen mayor capacidad de carguío.

El análisis de palas se centra en los modelos más utilizados por las empresas de la Gran Minería del Cobre en Chile y que corresponden a:

**Tabla 2: Palas de Carguío Gran Minería del Cobre**

Marca	Serie	Tipo	Modelo	Capacidades (yd3)	Carga útil del balde (tm)	Matches Tipo de Camiones (tm)
<b>Caterpillar</b>	7495	Cable	7495HD Rope Crowd	40 a 80	81	227 a 363
			7495 Rope Crowd	40 a 82	109	313 a 363
			7495 Hydracrowd	40 a 82	109	313 a 363
			7495 HF Rope Crowd	40 a 82	109	313 a 363
			7495 HF Hydracrowd	40 a 82	109	313 a 363
<b>Caterpillar</b>	CAT serie 60	Hidráulica	6050	23,5 a 36,6	46	136 a 363
			6060	27,5 a 44,5	61,2	177 a 363
<b>P&amp;H</b>	4800	Cable	P&H 4800 XPC	86 a 92	122,7	400
<b>P&amp;H</b>	4100	Cable	P&H 4100XPC	69 a 82	108,9	240 a 400
			P&H 4100XPC AC-90	54 a 64	73 a 82	200 a 330
			P&H 4100C	60	81,6	200 a 330
<b>P&amp;H</b>	2800	Cable	P&H 2800XPC	35 a 44	59	120 a 240
<b>Komatsu</b>	PC 8000	Hidráulica	PC8000-6	55	76 (*)	218 a 363 (**)
<b>Komatsu</b>	PC 5500	Hidráulica	PC5500-6	38	52 (*)	136 a 290 (**)

Fuente: Cochilco en base extraída de catálogos

(\*\*) Se transformó de tonelada corta a métrica.

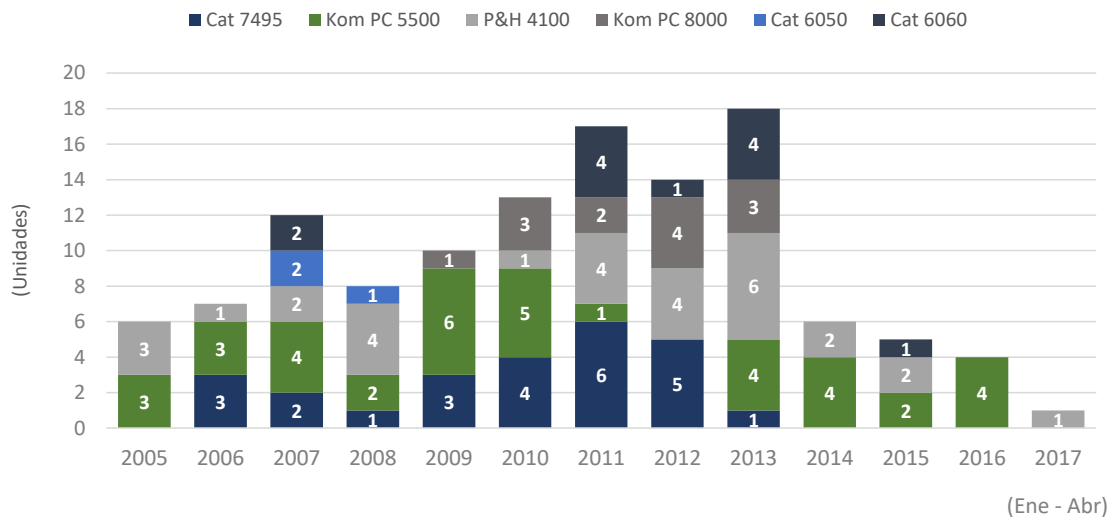
A la fecha de realización de este reporte, no se tuvo acceso a información actualizada del parque de palas existente en las operaciones mineras. La última información disponible<sup>12</sup> señalaba que en el año 2014, de un total de 128 equipos, el 73% corresponde a palas eléctricas de cable y el resto (27%) a palas hidráulicas. Dicha información fue obtenida de 18 operaciones que representaban aprox. el 75% de la producción de cobre.

<sup>12</sup> "Catastro de Equipamiento Minero 2014/2013", Editec, 2014.



El 100% de los modelos de palas analizados son importados. El peak de las importaciones de palas se alcanzó en el periodo 2011-2013, cuando se importaron entre 17 y 18 palas al año (sólo modelos analizados). A partir de entonces las importaciones han ido decreciendo y hasta abril del 2017 se había importado sólo 1 unidad del modelo P&H 4100.

**Fig. 12: Unidades importadas de palas de carguío 2005-2017(Abr.)**



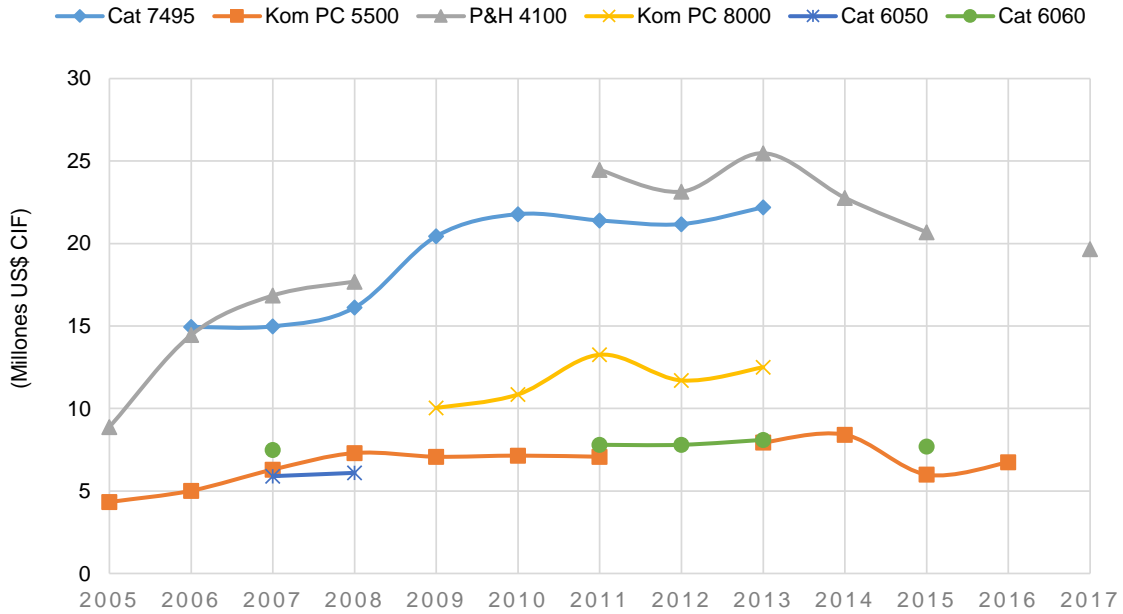
Fuente: Thompson Reuters (2016) en base a información de Aduanas

En el periodo 2005-2017 (abril) se importaron 55 unidades de los modelos de mayor tamaño (palas de cable P&H 4100 y Caterpillar 7495). Casi el 100% de las unidades de dichos modelos fue importado directamente por las compañías mineras compradoras.

**Precio palas de carguío**

En la siguiente figura se presenta la evolución del valor cif unitarios de los modelos de palas analizadas:

**Fig. 13: Valor CIF unitario Palas de Carguío 2005-2017(Abr)**



Fuente: Thompson Reuters (2017) en base a información de Aduanas

Durante el año 2016 y lo que corre del 2017 (hasta el mes de Abril), los valores cif unitarios de los equipos analizados mostraban una evolución decreciente, tomando en consideración que en el año 2013 se presentó el peak en los precios.

Las variaciones en los precios pueden atribuirse a los opcionales de fábrica, baldes de respaldo (incorporados en precio total), acuerdos globales, entre otros.

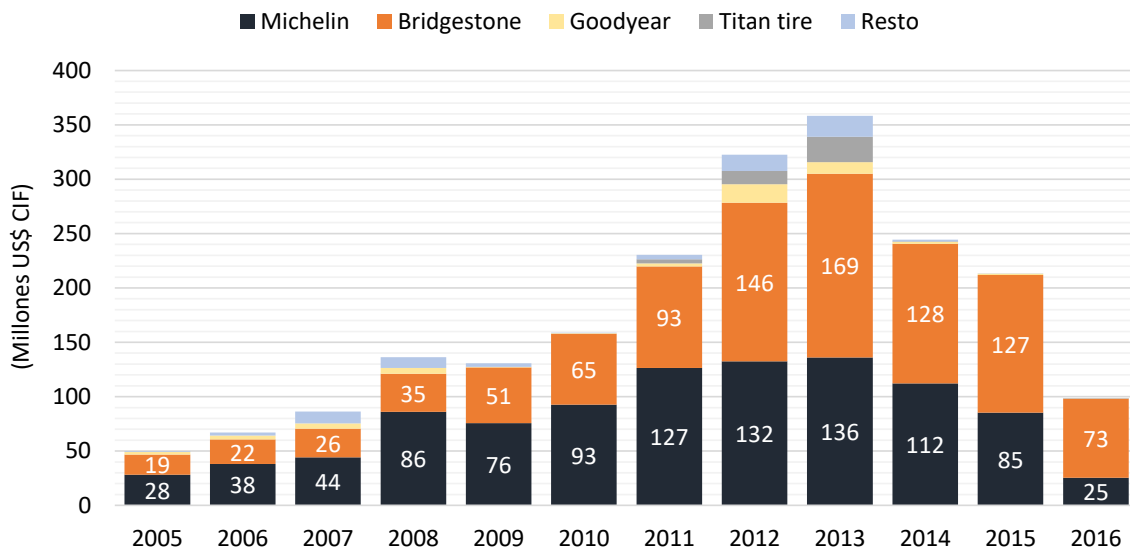
## 6. Neumáticos Mineros (Off the Road)

Al igual que en la versión anterior de este documento, el análisis se centra en los neumáticos para camiones *off the road*, utilizados en minas a rajo abierto. Los tamaños analizados corresponden a los especificados por los fabricantes de los camiones en sus catálogos, es decir, los siguientes tamaños<sup>13</sup>:

- \_ 24.00 R35
- \_ 40.00 R57
- \_ 27.00 R49
- \_ 46/90 R57
- \_ 33.00 R51
- \_ 53/80 R63
- \_ 37.00 R57
- \_ 56/80 R63
- \_ 42/90 R57
- \_ 59/80 R63

Chile no cuenta con plantas para la fabricación de neumáticos de los tamaños analizados, por lo que el 100% se importa. El detalle de los volúmenes importados (millones de US\$ cif) por marca de los tamaños analizados es el siguiente:

**Fig. 14: Importaciones de neumáticos OTR (Millones US\$ CIF)**



Fuente: Thompson Reuters (2016) en base a información de Aduanas

Hasta el año 2013 hubo un aumento sostenido de las importaciones de los neumáticos analizados, totalizando US\$ cif 358 millones, para luego empezar a decrecer y totalizar US\$ 99 millones en el

<sup>13</sup> RXX donde “R” hace referencia a la construcción radial del neumático y “XX” es el diámetro del aro en pulgadas.

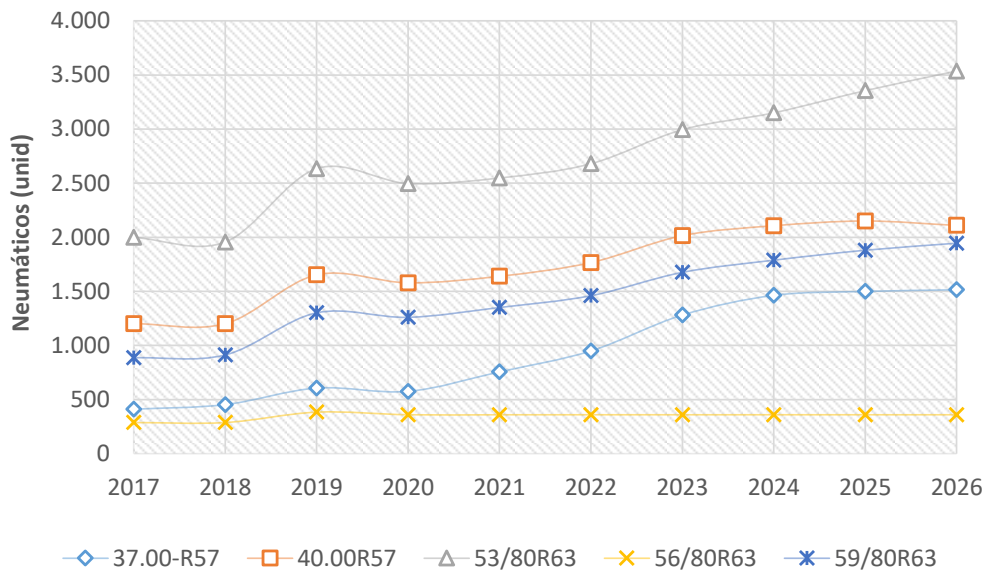
año 2016 (disminución de un 72%). Es decir, se volvió a los niveles de importaciones previos al año 2008.

Bridgestone y Michelin son los principales fabricantes de neumáticos para camiones de alto tonelaje en la minería a cielo abierto. En el periodo 2014-2016, Bridgestone importó 9.264 unidades y Michelin 7.595 unidades, representando el 53% y 44% del total de unidades importadas de los tamaños analizados, respectivamente.

**Demanda estimada de neumáticos mineros**

El análisis sólo considera aquellos neumáticos aro 57” y 63”, correspondientes a los camiones de extracción cuya capacidad supera las 150 toneladas. Por lo tanto, dicha demanda está ligada al tamaño del parque de camiones que estaría en operación durante el periodo 2017-2026<sup>14</sup> (flota actual de camiones y requerimiento de nuevos camiones por reemplazo y aumentos capacidad (expansiones y nuevos proyectos)).

**Fig. 15: Demanda estimada de neumáticos de grandes dimensiones (2017-2026)**



Fuente: Elaboración propia

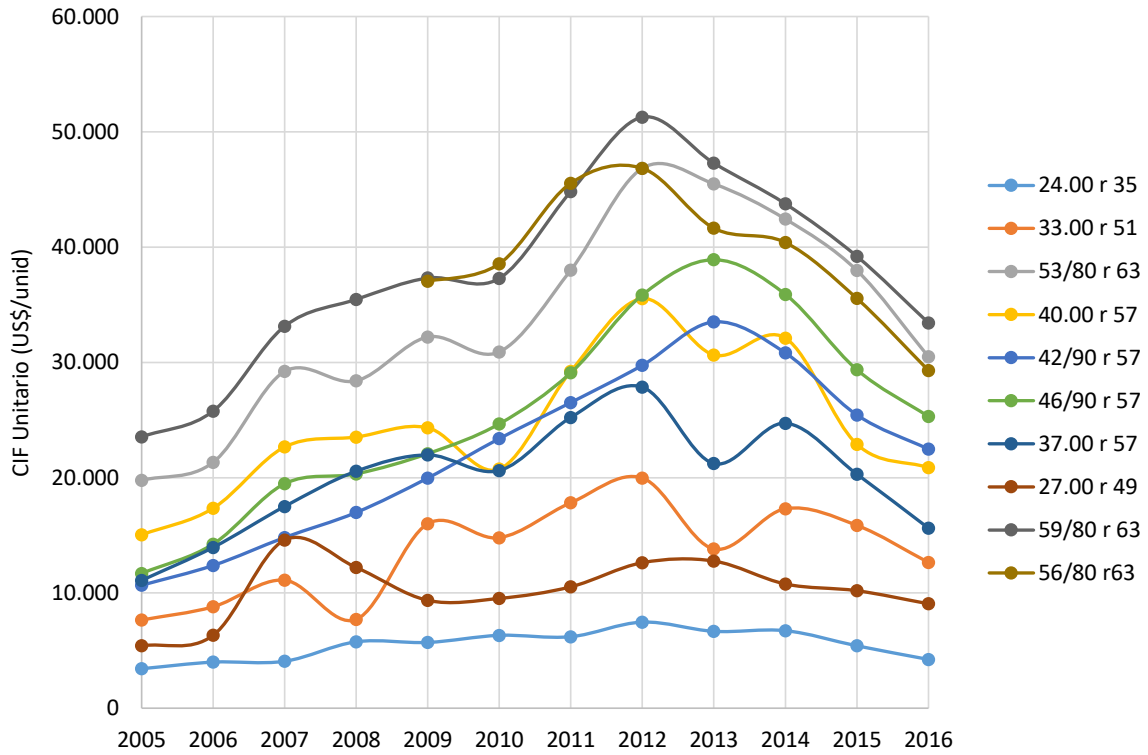
Los neumáticos analizados corresponden a los requeridos por los camiones modelos 789, 793, 797 de Caterpillar y 730E, 830E, 930E de Komatsu. La demanda de dichos neumáticos en otro tipo de maquinaria no forma parte de la proyección.

<sup>14</sup>Se asumen que la duración promedio de un neumático es de 5.000 hrs. Sin embargo, algunas operaciones mineras estarían alcanzando rendimientos cercanos a las 9.500 horas en camiones de 300 toneladas.

**Precio de los neumáticos**

Al igual que lo ocurrido con el resto de los insumos para la minería, durante los últimos años se observa una caída en el valor cif de los neumáticos para la minería.

**Fig. 16: Valor CIF unitario neumáticos (US\$/unidad)**



Fuente: Thompson Reuters (2016) en base a información de Aduanas

En el año 2016 se mantuvo la tendencia a la baja de los precios y que se acentuó en los neumáticos de mayores dimensiones, en especial de los neumáticos aro 57" y 63".

## 7. Floculantes utilizados en la minería del cobre

Los floculantes son polímeros utilizados en el proceso de concentración de minerales, específicamente en las áreas de:

- Espesamiento de concentrado (proceso físico-químico que permite la separación de los minerales sulfurados de cobre y otros elementos como el molibdeno del resto de los minerales que componen la mayor parte de la roca original), y
- Filtrado/espesamiento de relaves (permite recuperar una parte del agua utilizada en las operaciones de molienda y flotación).

Debido a que no es posible predecir teóricamente el floculante sintético adecuado para una suspensión en particular, la selección se realiza en base a pruebas de laboratorio y se basa, entre otros, en la determinación de aspectos tales como la velocidad de sedimentación de distintos polímeros con diferentes características iónicas, pesos moleculares, estructuras de cadena, etc. sobre una muestra representativa del material a sedimentar.

Según las fuentes consultadas, los floculantes (principalmente convencionales), ocupados por las principales empresas de la Gran Minería del cobre son importados y están disponibles bajo distintas marcas comerciales. A continuación se presenta un listado de algunas marcas de floculantes utilizados en la minería y que fue obtenido de los registros de importaciones:

**Tabla 3: Muestra de marcas de floculantes utilizados en minería<sup>1516</sup>**

Fabricante	Marca
SNF	FLOERGER 913-SH
	FLOERGER 923-SH
	TEC-2050
BASF	Magnafloc 1011
	Magnafloc 155
	Magnafloc 2025
	Magnafloc 333
	Rheomax 1050 (*)
Orica	Orifloc AP 2020
Kemira	Superfloc A-110

Fuente: Cochilco

(\*) Se considera un floculante reológico (no convencional)

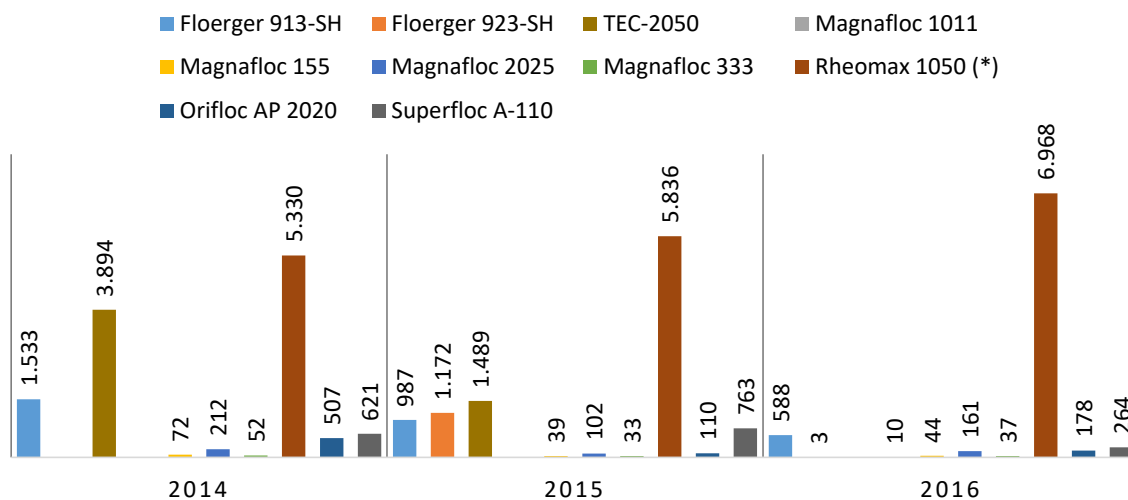
<sup>15</sup> Códigos arancelarios considerados: 39089000, 38249099, 39069000, 38089329 y 36069000.

<sup>16</sup> Se eliminaron aquellas marcas de floculantes (incluidas en reportes anteriores), cuyas importaciones se han descontinuado.

Cabe señalar que puede que existan otras marcas de floculantes importadas para ser utilizadas en la minería, sin embargo la glosa que describe el producto no entrega mayores antecedentes respecto de su uso en minería.

La evolución de las importaciones de ciertas marcas de floculantes es discontinua, lo cual dificulta su seguimiento en el tiempo y comparación (marcas de floculantes que dejan de importarse o presentan intermitencia).

**Fig. 17: Importaciones de la muestra de marcas de floculantes (miles US\$ CIF)**

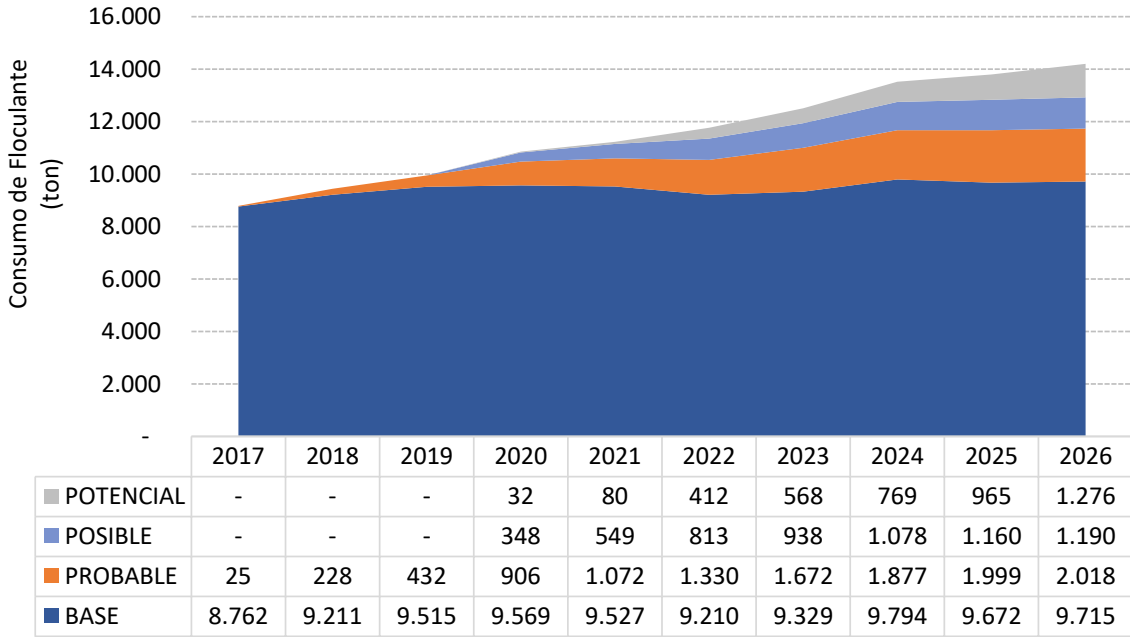


Fuente: Thompson Reuters (2016) en base a información de Aduanas

Del análisis de la muestra se desprende que los principales fabricantes de floculantes para la minería son: SNF, Kemira, BASF y Orica.

Tomando en consideración un consumo unitario de floculante por tonelada de mineral de sulfuro procesado de aprox. 15 gr/ton de mineral (criterio experto), se obtiene una estimación de consumo para los próximos 10 años.

**Fig. 18: Consumo esperado de floculantes 2017-2026 (ton)**

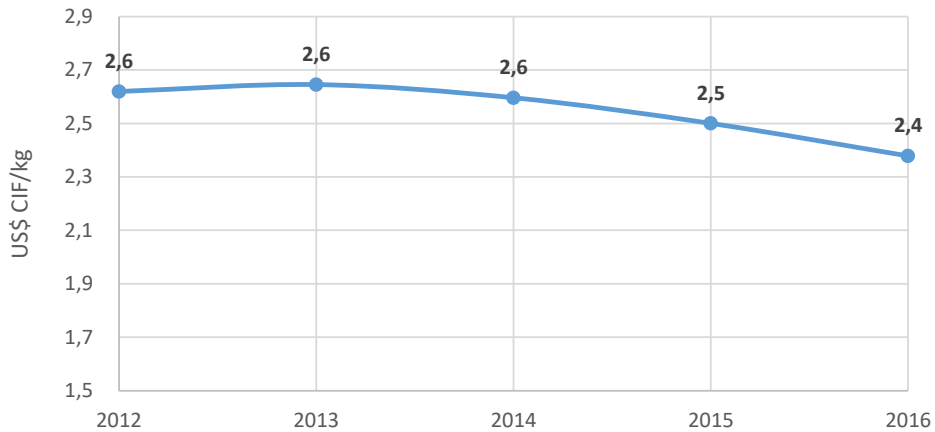


Fuente: Cochilco

El consumo esperado de floculantes podría experimentar un crecimiento sustantivo, producto de la concreción de aquellos proyectos de la cartera de inversiones mineras que se encuentran en una categoría “probable” y “posible”, es decir:

- proyectos con mayor probabilidad de materializarse en los plazos indicados por las compañías mineras propietarias, y
- aquellas inversiones mineras con menor probabilidad de materializarse en los plazos definidos por sus propietarios como también las más propensas a verse afectadas por cambios en las condiciones de mercado.



**Fig. 19: Valor CIF unitario promedio de floculantes convencionales (US\$ CIF/kg)**

Fuente: Thompson Reuters (2017) en base a información de Aduanas

Durante los últimos 3 años el valor cif de los floculantes<sup>17</sup> presenta una tendencia decreciente, situación que se ha mantenido durante los primeros meses del 2017 (Ene-Mar).

Por otra parte, en los últimos años las empresas mineras están abocados a incrementar el tratamiento de minerales, esto implica aumentar la eficiencia de los espesadores encargados de recuperar agua. En algunos casos los floculantes convencionales no son capaces de mantener su eficiencia y se producen problemas operacionales (aumento torque de rastras) y de transporte de espesado. Para solucionar estos problemas, se han creado línea de polímeros “floculantes modificadores reológicos” cuyo objetivo es aumentar la eficiencia de los espesadores.

<sup>17</sup> El valor unitario promedio considera la muestra de marcas de floculantes convencionales que presentan cierta continuidad en las importaciones en el periodo 2012-2016 (Magnafloc 155 (BASF), Magnafloc 2025 (BASF), Magnafloc 333 (BASF), Magnafloc 338 (BASF), Superfloc A-110 (Kemira), Orifloc AP 2020 (Orica), Floerger 913 SH (BASF), Floerger 923 SH (BASF) y TEC 2050 (BASF)).

## 8. Perforadoras (mina cielo abierto)

El presente capítulo tiene por alcance el análisis de las importaciones de equipos de perforación utilizados en la etapa de extracción en las minas a cielo abierto. A continuación se detalla la muestra de equipos compuesta por los principales modelos de perforadoras utilizados en minería a cielo abierto durante el periodo 2005-2016:

**Tabla 4: Muestra de perforadoras analizadas**

<b>Fabricante</b>	<b>Modelo</b>	<b>Método de perforación</b>
<b>Atlas Copco</b>	DM 45	Rotativa y DTH
	DMH-2	Rotativa
	DML	Rotativa y DTH
	DM-M3	Rotativa
	ECM 585	OTH (over the hole)
	FlexiROC D65	DTH
	FlexiROC T35	OTH (over the hole)
	FlexiROC T40	OTH (over the hole)
	PowerRoc T25	OTH (over the hole)
	PowerRoc T45	OTH (over the hole)
	PV-271	Rotativa y DTH
	PV-275	Rotativa y DTH
	PV-316	Rotativa y DTH
	PV-351	Rotativa y DTH
	ROC D7	OTH (over the hole)
	ROC F7-11	OTH (over the hole)
ROC F9	OTH (over the hole)	
ROC L6	DTH (down the hole)	
ROC L8	DTH (down the hole)	
<b>Sandvik</b>	D75KS	Rotativa
	DI600	DTH (down the hole)
	DI6400	DTH (down the hole)
	DP 1500	OTH (over the hole)
	DR 460	Rotativa y DTH
	DR560	DTH (down the hole)
	DX680	OTH (over the hole)
	DX700	OTH (over the hole)
DX800	OTH (over the hole)	
<b>Caterpillar</b>	MD5125	Rotativa
	MD6240	Rotativa
	MD6420	Rotativa
	MD6540	Rotativa

Fabricante	Modelo	Método de perforación
	MD6640	Rotativa
	SKS16 (ex Terex)	Rotativa
P&H	320XPC	Rotativa
	77XD	Rotativa

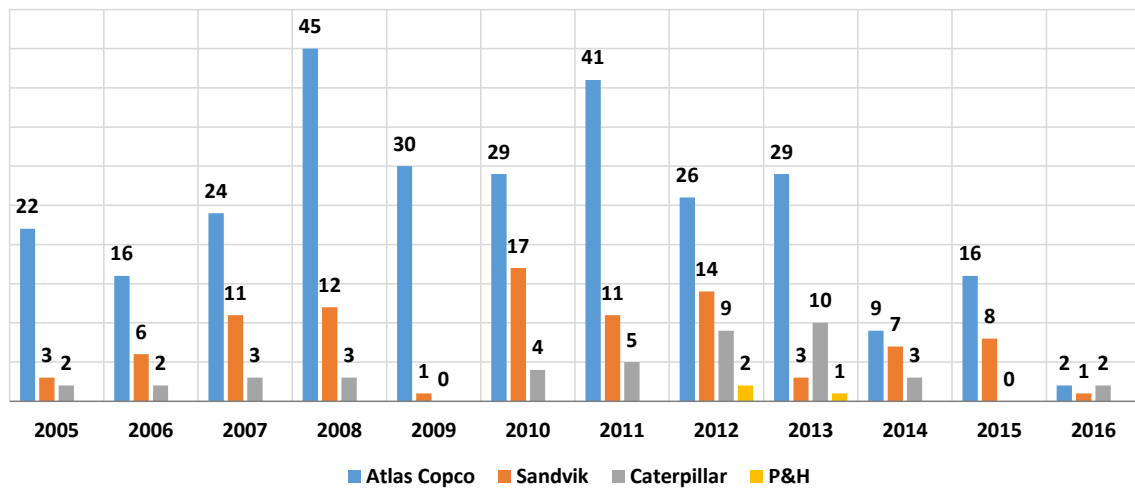
Fuente: Cochilco

Se trata de una muestra de equipos nuevos de perforación utilizados en minería a cielo abierto y que incluye sistemas de:

- \_ Perforación a rotación (Rotary drilling)
- \_ Perforación con martillo en cabeza (Top Hammer Drilling o Over the hole, OTH)
- \_ Perforación con martillo en fondo (Down The Hole Drilling, DTH)

Atlas Copco, Sanvik y Caterpillar son los principales fabricantes de equipos de perforación para minería a cielo abierto. La evolución de las importaciones de perforadoras<sup>18</sup>, por fabricante, entre los años 2005 y 2016 ha sido el siguiente:

Fig. 20: Unidades de perforadoras importadas de la muestra (2005-2016)



Fuente: Cochilco

Las marcas Bucyrus y Terex se han considerado como parte de los equipos Caterpillar. Bucyrus terminó de adquirir a Terex en el año 2010 y al año siguiente Caterpillar adquirió a Bucyrus.

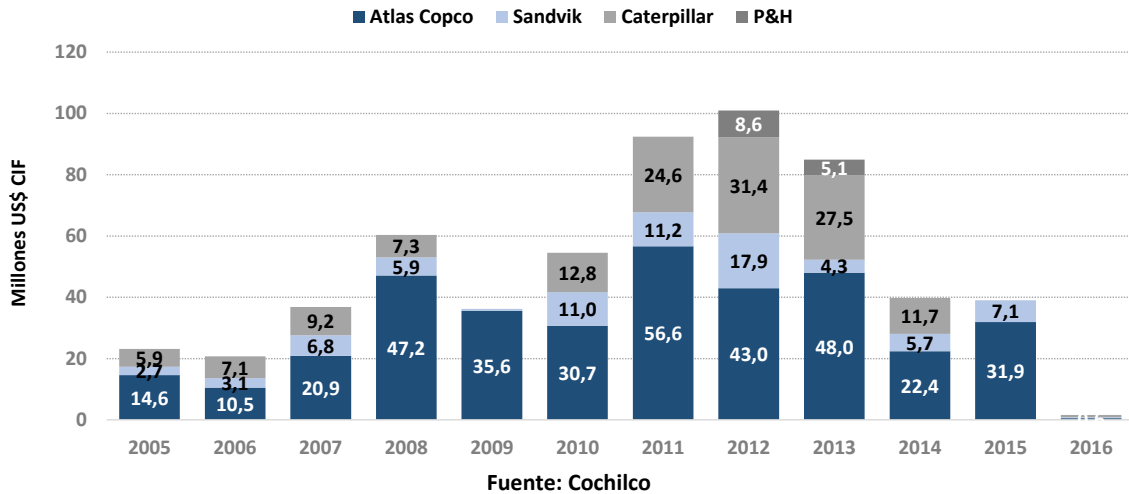
<sup>18</sup> Códigos arancelarios: 84303100, 84303900, 84304110, 84304190, 84304910, 84304990.

Atlas Copco destaca como el principal proveedor de equipos de perforación para minas a cielo abierto, representando el 67% de las unidades importadas de la muestra en el periodo 2005-2016. Le siguen Sandvik con un 22%, Caterpillar con un 10% y P&H con un 1%.

Durante el año 2011 se alcanzó el peak en el número de unidades importadas, para luego disminuir de manera ostensible hasta el año 2016 en que sólo hay registro de 5 unidades de perforación importadas (muestra analizada). Es necesario destacar que el análisis no incluye la importación de equipos usados.

En términos de volumen de importaciones, entre los años 2005 y 2016, se importaron US\$590 millones cif en equipos de perforación (modelos analizados).

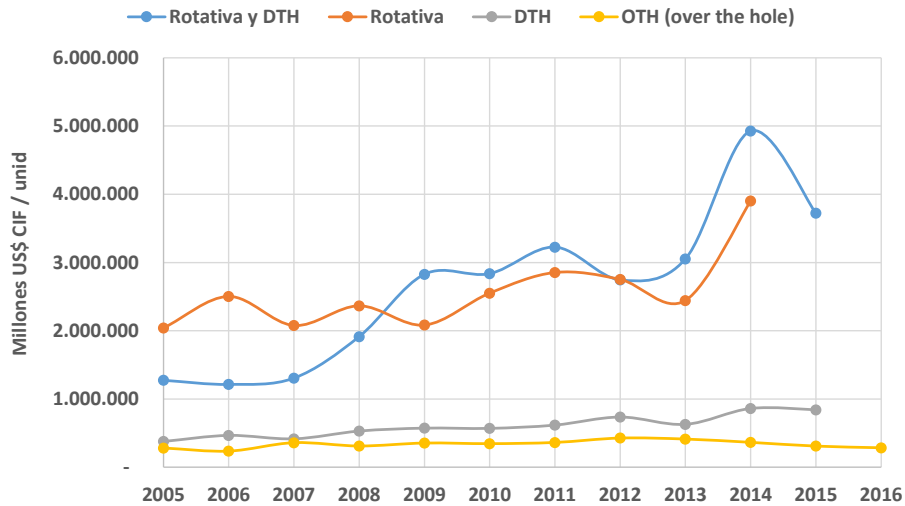
**Fig. 21: Valor CIF importación de perforadoras para minería a cielo abierto (2005-2016)**



Atlas Copco es responsable del 61% de las importaciones del periodo (US\$ 362 millones cif), siendo el fabricante de perforadoras en minería a cielo abierto con mayor presencia en el mercado nacional.

Por otro lado, debido a que la muestra contiene equipos de diversas características, estas fueron agrupadas de acuerdo al método de perforación: Rotativa, Rotativa y con martillo en el fondo (DTH), sólo con martillo en el fondo (DTH) y con martillo en la cabeza (OTH). De esta forma se calculó un valor unitario cif ponderado, medido en millones de US\$ por unidad.

**Fig. 22: Índice valor CIF unitario perforadoras minería a cielo abierto (2005-2016)**



Fuente: Cochilco

Existe una primera línea compuesta por perforadoras rotativas -DTH y sólo rotativas (de una y varias pasadas), cuya principal característica es que permiten hacer agujeros de mayor diámetro y alcanzar mayores profundidades. Estos equipos son los que han presentado la mayor variación en sus valores cif, alcanzando el peak en el año 2014 para luego comenzar a disminuir. Para evitar un sesgo en el análisis de las perforadoras giratorias, se omitió el cálculo del valor unitario de los años 2015 y 2016, debido a que en cada año sólo se importó un equipo.

Los modelos de perforadoras sólo con martillo en el fondo (DTH) o sólo con martillo en la cabeza (OTH) no presentan variaciones de consideración en sus valores cif.

## 10.Extractantes (SX)

La producción de cobre a través de extracción por solventes (SX) y electro obtención (EW) era prácticamente inexistente antes de los años sesenta.

La extracción por solventes es el método de separación de una o más sustancias de una mezcla mediante el uso de solventes. En el proceso de extracción de cobre se utiliza una resina orgánica diluida en un solvente orgánico (parafina), la cual se mezcla por agitación con la solución PLS proveniente de la lixiviación. La resina orgánica permite capturar el cobre en solución, dejando las impurezas, tales como el hierro, aluminio, manganeso y otros en la solución original. La solución orgánica cargada con cobre es separada en otro estanque, donde se la pone en contacto con electrolito que tiene una alta acidez. Esto provoca que la resina suelte el cobre y se transfiera a la solución electrolítica, la cual finalmente es enviada a la planta de electroobtención.

Los extractantes (resina orgánica), ocupados en la minería son importados y están disponibles bajo distintas marcas comerciales. A continuación se presenta un listado de los principales fabricantes y marcas de extractantes utilizados en la minería y que fue obtenido de los registros de importaciones para el periodo 2010-2016<sup>19</sup>:

**Tabla 5: Marcas de extractantes para minería**

Fabricante	Marca
<b>Solvay</b>	Acorga M5774
	Acorga M5640
	Acorga m5850
	Acorga M5910
	Acorga PT5050
	Acorga NR10
	Acorga NR20
	Acorga OPT5510 (*)
	Acorga OPT5520 (*)
	Acorga OR15 (*)
	Acorga OR25 (*)
Acorga OPT5540 (*)	
<b>BASF</b>	LIX 84-IC (**)
	LIX 984N-C (**)
	LIX 860-IC (**)
	Lix 9790N
	LIX 612N-LV (*)
	LIX 8180 (*)
	LIX 684N-LV (*)

<sup>19</sup> Código arancelario: 38249041

<b>Fabricante</b>	<b>Marca</b>
<b>Mextral</b>	<b>Mextral</b>

Fuente: Cochilco

(\*) Corresponden a productos que registran intermitencia en las importaciones anuales, se han dejado de importar o los volúmenes importados son menores.

(\*\*) Reactivos en Base Concentrada.

Los principales fabricantes de extractantes que abastecen el mercado nacional son Solvay y Basf. Ambas compañías tienen presencia global, donde la primera tiene sus oficinas centrales en Bélgica y la segunda en Alemania.

En términos de volúmenes importados (miles US\$ cif), en el siguiente tabla se muestra la evolución de las principales marcas de extractantes de los 2 principales fabricantes (Solvay y Basf) y, además, se incluyó a Mextral un fabricante de origen chino que recién está ingresando al mercado nacional.

**Tabla 6: Importaciones de extractantes para la minería (miles US\$) 2010-2016**

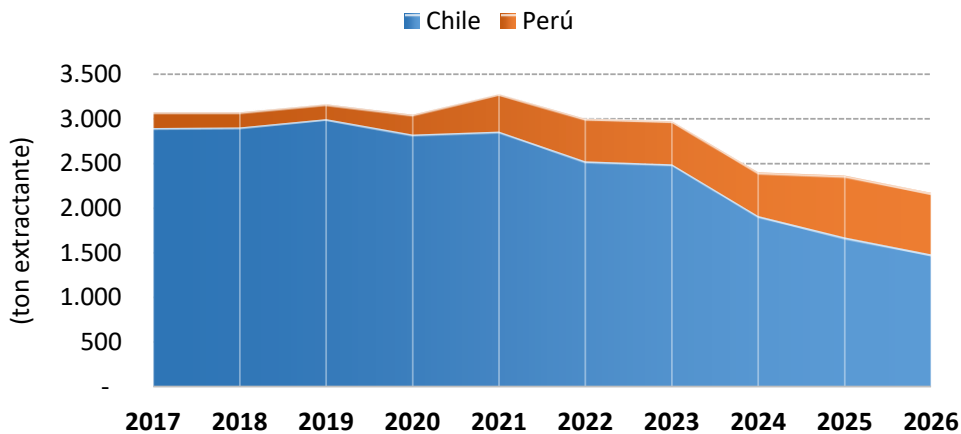
Fabricante / Marca	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
<b>Solvay</b>	<b>21.025</b>	<b>22.338</b>	<b>26.396</b>	<b>27.480</b>	<b>24.604</b>	<b>27.171</b>	<b>17.981</b>
Acorga M5774	10.488	2.595	2.448	5.738	7.064	7.254	8.139
Acorga M5640	5.438	5.655	3.397	5.223	4.337	4.166	2.489
Acorga m5850	3.305	3.651	3.643	4.036	3.761	8.666	3.901
Acorga M5910	411	1.058	4.211	6.385	5.276	4.328	230
Acorga PT5050	1.039	625	876	377	1.046	181	472
Acorga NR10	0	834	877	256	1.471	864	1.129
Acorga NR20	42	31	0	0	1.648	1.393	1.621
Acorga otros	303	7.889	10.945	5.466	0	318	0
<b>BASF</b>	<b>21.016</b>	<b>23.391</b>	<b>30.753</b>	<b>18.446</b>	<b>29.888</b>	<b>24.015</b>	<b>17.615</b>
LIX 84-IC	11.677	12.282	17.837	11.613	22.814	15.738	9.306
LIX 984N-C	3.693	4.197	3.996	4.547	3.624	5.283	2.886
LIX 860-IC	1.950	3.197	5.088	1.906	2.265	1.973	4.843
Lix 9790N	1.914	1.968	3.811	360	1.129	967	579
Lix otros	1.782	1.748	20	19	57	54	0
<b>Mextral</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>2</b>	<b>4</b>	<b>155</b>	<b>501</b>
Mextral	0	0	0	2	4	155	501
<b>Total</b>	<b>42.041</b>	<b>45.729</b>	<b>57.150</b>	<b>45.928</b>	<b>54.496</b>	<b>51.340</b>	<b>36.097</b>

Fuente: Thompson Reuters (2017) en base a información de Aduanas

Los dos principales fabricantes de extractantes acusan una menor valoración de sus importaciones durante el año 2016. Sin embargo, en el periodo 2010 -2016 las importaciones de extractantes de ambos fabricantes ascendió a US\$ 332 millones cif.

Para efectuar una estimación de la demanda de extractante, se aplicó una tasa de consumo promedio de 2,0 kg por tonelada de cobre catódico<sup>20</sup>. Además, debido a la cercanía del mercado para las empresas proveedoras de dicho insumo, se calculó el consumo esperado de extractantes en el mercado minero del Perú. El resultado fue el siguiente:

**Fig. 23: Consumo estimado de extractante en Chile y Perú (2017-2026)**



Fuente: Cochilco en base a estimaciones propias y de Wood Mackenzie.

Los resultados indican que el consumo conjunto de ambos países decrecería en línea con la disminución de producción de cobre catódico debido al agotamiento de los recursos de óxidos. A pesar de que se observa un repunte de la producción de cobre catódico en el mercado peruano, los niveles exhibidos son menores en comparación a la producción de Chile.

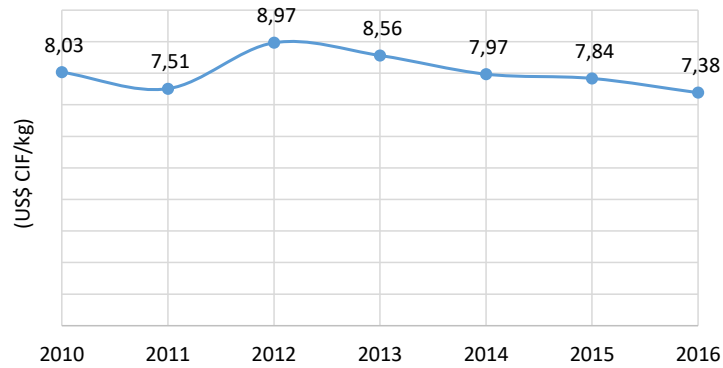
De todas formas y según opinión de un proveedor consultado, si bien el mercado de cátodos SX-EW se proyecta en caída, las empresas están trabajando fuertemente en tecnologías de lixiviación para suplir la carencia de minerales lixiviables, lo que podría en el mediano plazo levantar esa tendencia dada la capacidad disponible de plantas SX-EW de Chile.

En relación al precio de los extractantes, en la siguiente figura se presenta el valor cif unitario promedio que ha sido ponderado por las toneladas importadas.

<sup>20</sup> La tasa de consumo de extractantes corresponde a un promedio entre los valores informados por algunas mineras en publicaciones especializadas e información aportada por un proveedor minero.



**Fig. 24: Valor CIF unitario promedio de extractantes (US\$ CIF/kg) (\*)**



Fuente: Thompson Reuters (2017) en base a información de Aduanas

(\*) Considera ajuste de precios de los reactivos en Base Concentrada (LIX-C)

Al igual que con otros insumos mineros, los extractantes han presentado una disminución de los valores cif unitarios durante los últimos 4 años.

El valor cif promedio, en la figura anterior, toma en consideración el hecho de que existen marcas de extractantes cuyo rendimiento es hasta 3 veces superior que su competencia, debido a su mayor concentración.

## 11. Bibliografía

- Aceros Chile S.A. (s.f.). *Servicio de Evaluación Ambiental*. Obtenido de [http://seia.sea.gob.cl/expediente/ficha/fichaPrincipal.php?modo=ficha&id\\_expediente=2128479692](http://seia.sea.gob.cl/expediente/ficha/fichaPrincipal.php?modo=ficha&id_expediente=2128479692)
- (s.f.). *Brochure Camiones Caterpillar (773 -775 -777-785-789-793-795-797) (56 ton); Komatsu (730E- 830E -930E -960E- HD465 - HD605- HD785); Liebherr (T282)*.
- (s.f.). *Brochure Palas Mod. Caterpillar (7495); P&H (2800-4100); Komatsu (PC 8000 - PC 5500)*.
- (s.f.). *Brochure Perforadoras Modelos Atlas Copco, Sandvik, Caterpillar y P&H*.
- Cochilco. (2007). Oportunidades de Negocios para Proveedores de Bienes, Insumos y Servicios Mineros en Chile.
- Cochilco. (2017). *Actualización de la inversión en la minería chilena -cartera de proyectos 2017 - 2026*.
- Comisión Chilena del Cobre (COCHILCO). (2017). *Anuario de Estadísticas del Cobre y Otros Minerales 1997 - 2016*.
- Editec S.A. (2014). *Catastro de Equipamiento Minero 2013-2014*. Santiago: Editec. S.A.
- Graciela A. Castro, E. C. (2007). *Industria de la cal en San Juan (Argentina)*.
- Sopromin Tocopilla Ltda. (s.f.). *Modificación DIA Planta de Cal*. Obtenido de Servicio de Evaluación Ambiental: [http://seia.sea.gob.cl/expediente/ficha/fichaPrincipal.php?modo=ficha&id\\_expediente=8332747](http://seia.sea.gob.cl/expediente/ficha/fichaPrincipal.php?modo=ficha&id_expediente=8332747)
- Thompson Reuters. (2017). CheckPoint. *Base de Datos Exportaciones e Importaciones*.
- Wood Mackenzie. (2017). *Copper Mine Costs Model Q2 2017*.

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

**Ronald Monsalve Helfant**

[rmonsalv@cochilco.cl](mailto:rmonsalv@cochilco.cl)

Analista de Mercado Minero

**Jorge Cantallopts**

Director de Estudios y Políticas Públicas

Octubre / 2017