

# COSTO ECONÓMICO DEL USO DE AGUA DESALADA EN LA MINERÍA CHILENA

La escasez hídrica en el norte del país ha llevado a las principales mineras a utilizar agua de mar en sus procesos y a la vez, buscar alternativas tecnológicas para su desalinización y reutilización. Al respecto, Cochilco estimó que al año 2027 el consumo de agua será de 20,1 m<sup>3</sup>/seg, y el 46% correspondería a agua de mar.

Los costos asociados a la desalinización se diferencian en la inversión necesaria para la planta desalinizadora, y los costos propios del proceso de desalinizar el agua de mar.

En cuanto a la producción y uso de agua de mar desalada en la operación minera, se considera que existen cuatro determinantes del costo de desalar e impulsar el agua de mar a la faena minera: (a) volumen de agua tratada; (b) cota de la faena; (c) la distancia de costa a faena; y (d) el costo de energía eléctrica (Cochilco, 2017b)

El caso chileno es particular porque pese a la factibilidad comprobada de las plantas desalinizadoras, la realización de impulsión a las faenas mineras, alejadas y en altura, implica mayores costos al ser un proceso intensivo en electricidad. Por esto, se considera que existe una estrecha relación entre el uso de agua de mar y el consumo energético.

El Consejo Minero estimó, en 2013, que en promedio las firmas chilenas pagan US\$5,1 por m<sup>3</sup> de agua de mar desalada puesta en la mina, mientras que la misma unidad de agua fresca costaba US\$1,6. El costo del agua de mar

desalada en Chile es mayor a los 2,3 US\$/m<sup>3</sup> que cuesta en Estados Unidos o a los 2,8 US\$/m<sup>3</sup> en México.

El alto costo de uso del agua de mar desalada en la minería se explica porque esta condicionado al costo en transporte del agua a los yacimientos mineros. Pese a este escenario actual, a partir de las recientes licitaciones y futura unión del Sistema Interconectado Norte Grande, SING, y el Sistema Interconectado Central, SIC, se espera que los precios que enfrenta la minería del cobre en el futuro sean competitivos internacionalmente, lo que permitiría - según estimaciones de Cochilco desalar el agua a un costo entre 2,6 US\$/m<sup>3</sup> y 1,9 US\$/m<sup>3</sup>.

En consideración al alto costo de inversión y al propio del proceso de desalinización de agua al cual se enfrenta la minería chilena, Cochilco planteó que a escala regional, el compartir la red de tuberías e infraestructura de desalinización para el suministro de agua de mar entre las distintas empresas de minería parece una propuesta lógica para un menor consumo de energía y la disminución de los costos financieros (Cochilco, 2017a).

Está enfocada en apoyar preferentemente el trabajo de las Comisiones Legislativas de ambas Cámaras, con especial atención al seguimiento de los proyectos de ley, contribuyendo a la certeza legislativa y a disminuir la brecha de disponibilidad de información y análisis entre Legislativo y Ejecutivo.

#### Contacto

E-mail: [atencionparlamentarios@bcn.cl](mailto:atencionparlamentarios@bcn.cl)  
Tel.: (56)32-226 3168 (Valpo.)

El presente documento responde a una solicitud de Comisión Legislativa de Minería y Energía del Congreso Nacional, conforme a sus orientaciones y particulares requerimientos. Por consiguiente, tanto la temática abordada como sus contenidos están determinados por los parámetros de análisis acordados y por el plazo de entrega convenido. Su objeto fundamental no es el debate académico, si bien su elaboración observó los criterios de validez, confiabilidad, neutralidad y oportunidad en la entrega.

#### Nicolás García Bernal

Es Administrador público (Universidad de Santiago, Chile) y Magíster en Economía mención en Políticas Públicas (Pontificia Universidad Católica, Chile). E-mail: [ngarcia@bcn.cl](mailto:ngarcia@bcn.cl) Tel.: +56 22 270 1778  
Tel.: (56) 32 226 3125

Elaborado para la Comisión de Minería y Energía de la Cámara de Diputados, en el marco de la discusión del "Proyecto que establece la desalinización del agua de mar para su uso en proceso productivos mineros" (Boletín N° 9185-08).

## I. Aproximación al costo del uso de agua de mar en la minería chilena

Al analizar los costos en los que deben incurrir las mineras para incluir en su actividad el uso de agua de mar desalinizada, se debe diferenciar entre aquellos correspondientes a la inversión necesaria para la construcción e instalación de una planta desalinizadora, y los costos propios del proceso de desalinización del agua de mar.

En términos generales, los costos de capital y de producción del agua desalinizada son dependientes del tamaño de planta y del flujo de producción, existiendo economías de escala<sup>1</sup>. Por lo anterior, no es extraño encontrar que en la industria minera chilena se hayan realizado inversiones de distinta envergadura. Por ejemplo, en 2006 BHP Billiton invirtió US\$ 60 millones en una planta desaladora con una capacidad de 525 lts/seg en Antofagasta, mientras que para el 2013 inició una inversión de US\$ 3.430 millones para una planta que producirá 2.500 lts/seg.

Ahora bien, en cuanto a la producción y uso de agua de mar desalada en la operación minera, se considera que existen cuatro determinantes del costo de desalar e impulsar el agua de mar a la faena minera; (a) volumen de agua tratada; (b) cota de la faena; (c) la distancia de costa a faena; y (d) costo de energía eléctrica<sup>2</sup> (Cochilco, 2017b)

### i) Cota de la faena y distancia de costa

Específicamente en la minería chilena se da el caso en que pese a la factibilidad comprobada de las plantas desalinizadoras, la necesidad de impulsar agua desalada a las faenas mineras (alejadas y en

altura) hace que los proyectos sean costosos por los altos requerimientos de electricidad del transporte que implica la impulsión del agua desde la zona costera hasta las propias faenas<sup>3</sup>, en su mayoría ubicadas sobre los 2.000 metros sobre el nivel del mar (msnm), y a una distancia de la costa de casi 120 km. (Ver Minería Chilena, 2016).

### ii) Costo de la energía eléctrica

En 2016 la energía eléctrica representó el 9% de los costos operacionales de las empresas de la gran minería del cobre en Chile (Cochilco, 2017a).

En cuanto al proceso de desalinización del agua de mar, existe una estrecha relación entre el uso de agua de mar y el consumo energético<sup>4</sup>, a tal punto que el costo del agua se transforma ineludiblemente en costo energético (Cochilco, 2017a). Por ejemplo, según la experiencia del Grupo CAP, la energía requerida para el proceso de desalinización representa el 67% del costo, mientras que para el bombeo de agua, que requiere un altísimo consumo de energía, representa el 97% del total del costo operacional del transporte (Comisión de Minería y Energía de la Cámara Diputados, 2017).

El Gráfico 1 muestra cómo se distribuyen los costos operacionales de una planta que utiliza el proceso de osmosis inversa para desalinizar el agua de mar<sup>5</sup>. Al respecto, se observa que el costo de energía representa el 44% del costo total de operación<sup>6</sup>.

<sup>1</sup> Por ejemplo, las plantas que producen sobre 5.000 m<sup>3</sup>/día, instalan sistemas recuperadores de energía, contribuyendo al ahorro de costo de energía.

<sup>2</sup> Cochilco indica que tanto el costo- en US\$/m<sup>3</sup> - de impulsar y desalar agua por cota y distancia a costa es creciente.

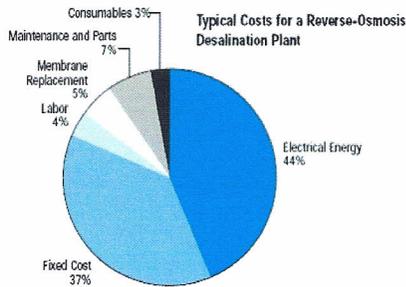
<sup>3</sup> Según Cochilco, el consumo eléctrico para la impulsión y desalación pasó de 369 TWh a 753 TWh entre 2012-16.

<sup>4</sup> De una manera u otra se estaría traspasando el obstáculo de escasez hídrica a un problema energético.

<sup>5</sup> La osmosis inversa es el proceso en donde se produce la separación de sales, permitiendo la obtención de agua dulce a partir de agua de mar.

<sup>6</sup> El hecho de que Chile tenga los costos de electricidad más altos entre los países mineros (representan 15%—20% aprox. de los costos totales de producción<sup>6</sup>), explicaría que la tecnología no sea tan masiva como potencialmente pudiera serlo (Economía y Negocios, 2015).

**Gráfico 1.** Distribución de los principales costos operacionales de una planta de osmosis inversa.



Fuente: UNAP (2017)

En esta perspectiva, el año 2016 el consumo de energía en minería – reportado por Cochilco – fue de 21,9 Tera Watts – Hora (TWh), donde el 4% del total (0,86 TWh) se usó para obtener agua de mar a través de desalinización e impulsión (Cochilco, 2016b). Por tanto, ante una creciente demanda de energía por parte de las mineras, Cochilco proyectó que para el año 2027 el consumo total de energía sería de 29,5 TWh, donde un 9% (2,69 TWh) correspondería al uso de agua de mar, pasando a ser el segundo proceso que más demandará energía (Cochilco, 2016b).

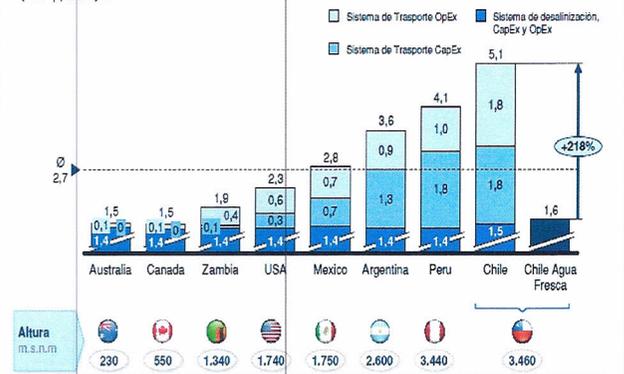
### iii) Costo del uso de agua desalinizada

Dependiendo de la capacidad de tratamiento de la planta, el costo total de desalinización oscilaría entre los 0,6 y 1,2 US\$/m<sup>3</sup> (Revista Electricidad, 2014). Sin embargo, como es de esperar, el metro cúbico de agua desalada tiene un costo menor si está en la costa (US\$ 1), y sube conforme se bombea hacia el interior. En zonas de altura, donde están varias mineras, puede llegar a costar entre US\$ 8 y US\$ 10 /m<sup>3</sup> (Economía y Negocios, 2015).

Concretamente para el caso chileno, el Consejo Minero, indicó el 2016 que el costo de producción e impulsión del agua de mar desalada al yacimiento minero estaría en torno a US\$ 5 por m<sup>3</sup>. Específicamente, en un análisis hecho en base a

datos proporcionados por Wood Mackenzie, CRU Group y Mckinsey (2013), se indicó que en promedio las firmas pagan 5,1 US\$/m<sup>3</sup> de agua de mar desalada puesta en la mina, cifra que es considerablemente mayor a la misma unidad de agua fresca que costaría 1,6 US\$/m<sup>3</sup>. El mayor costo del uso de agua de mar desalada en la minería (5,1 US\$/m<sup>3</sup>) se explicaría por 1,5 US\$/m<sup>3</sup> propio del sistema de desalinización (incluye CapEx y OpEx), y 1,8 US\$/m<sup>3</sup> por sistema de transporte OpEx y CapEx, respectivamente<sup>7</sup> (ver gráfico 2).

**Gráfico 2.** Costo del uso de agua de mar en minería (US\$/m<sup>3</sup>).



Fuente: Consejo Minero – McKinsey (2013)

A partir del mismo estudio, se desprende que por implicancias directas de la cota en la cual se encuentra la faena, el costo de energía eléctrica y la distancia desde la costa a faena, el costo de la desalinización en Chile sería dos veces más caro que en Estados Unidos, país en donde costaba solo 2,3 US\$/m<sup>3</sup>, y que México en donde ascendía a 2,8 US\$/m<sup>3</sup> en México (Mining, 2014). Por tanto, en el caso chileno el alto costo está determinado – principalmente – por la energía asociada al transporte del agua a los yacimientos mineros.

### iv) Perspectivas futuras

<sup>7</sup> Capital Expenditures (CAPEX) o gasto de capital es el dinero que una empresa gasta en comprar o mejorar sus activos productivos, como edificios, maquinaria o vehículos, con el objetivo de aumentar la eficiencia del negocio. Un gasto se considera CAPEX cuando la inversión realizada mejora la

capacidad productiva o aumenta la vida útil de un activo ya existente. Por otra parte, el Operative Expense (OPEX) es el dinero que se gasta en mantenimiento de equipos. Se asocia a gastos de funcionamiento u operativos.

Considerando las recientes licitaciones y la futura unión del SING y el SIC, se espera que los precios que enfrente la minería del cobre en el futuro sean competitivos internacionalmente (del orden de los US\$ 50 -100 por MWh). Con esta última consideración, Cochilco estimó que el costo de impulsar y desalar el agua de mar en US\$/m<sup>3</sup> a partir de un costo de energía de 100 US\$/MWh y 50 US\$/MWh. En el primer escenario el costo promedio de impulsar y desalar agua de mar de sería de 2,6 US\$/m<sup>3</sup>, mientras que en el con más bajo costo de energía sería de 1,9 US\$/m<sup>3</sup> (Cochilco, 2017b).

Por tanto, a futuro se prevé que los avances tecnológicos reducirán el costo del agua desalinizada en un 20% en los próximos cinco años, y en un 60% en los próximos 20 años convirtiéndolo en un competidor viable y rentable para la producción de agua (International Water Association, 2017). En la siguiente Tabla 1 se sintetizan las perspectivas futuras respecto a los

costos de desalinización para proyectos de tamaño mediano y grande.

Tabla 1. Previsión de costos de desalinización para proyectos de tamaño mediano y grande.

Parámetro para la mejor clase de plantas de desalinización	Año 2016	Dentro de 5 años	Dentro de 20 años
Costo del agua (US\$/m <sup>3</sup> )	0,8-1,2	0,6-1,0	0,3-0,5
Costo de construcción (US\$/MLD)	1,2-2,2	1,0-1,8	0,5-0,9
Uso de energía eléctrica (kWh/m <sup>3</sup> )	3,5-4,0	2,8-3,2	2,1-2,4
Productividad de la membrana (m <sup>3</sup> /membrana)	28-47	35-55	95-120

Fuente: Elaborado a partir de cifras publicadas por International Water Association (2016)

## Referencias

- Comisión Chilena del Cobre (2016a). Proyección de consumo de agua en la minería del cobre 2016 - 2027. Santiago, Chile. Disponible en: <http://bcn.cl/21u4x> (Septiembre, 2017)
- Comisión Chilena del Cobre (2016b). Proyección del consumo de energía eléctrica en la minería del cobre 2016 - 2027. Santiago, Chile. Disponible en: <http://bcn.cl/21u56> (Septiembre, 2017)
- Comisión Chilena del Cobre (2017a). Consumo de agua en la minería del cobre al 2016. Santiago, Chile. Disponible en: <http://bcn.cl/21u4z> (Septiembre, 2017)
- Comisión Chilena del Cobre (2017b). Presentación a la Comisión de Minería y Energía de la Cámara de Diputados. Santiago, Chile. Disponible en: <http://bcn.cl/22okc> (Septiembre, 2017)
- Consejo Minero (2016). Minería y uso sustentable del agua. Santiago, Chile. Disponible en: <http://bcn.cl/21u5g> (Septiembre, 2017)
- Economía y Negocios (2015, Agosto). "Aumentan plantas desaladoras en Chile y se proyectan cerca de 20 en cinco años". Santiago, Chile. Disponible en: <http://bcn.cl/21u5j> (Septiembre, 2017)
- International Water Association (2017, Agosto). "Desalination - Past, Present and Future". Disponible en: <http://bcn.cl/21u5n> (Septiembre, 2017)
- Mining (2014, Enero). "Chile set to make mining desalination mandatory". Disponible en: <http://bcn.cl/21u5q> (Septiembre, 2017)
- Ministerio de Obras Públicas (2012). Estrategia Nacional de Recursos Hídricos 2012 - 2025. Santiago Chile. Disponible en: <http://bcn.cl/1zemg> (Septiembre, 2017)
- Revista Electricidad (2014, Septiembre). Proceso, costo y proyectos: Desalinización en la industria minera. Disponible en: <http://bcn.cl/21u58> (Septiembre, 2017)
- Revista Minería Chilena (2016). "Agua de Mar y desalinización: Una solución más amigable, pero a mayores costos". Disponible en: <http://bcn.cl/21u5a> (Septiembre, 2017)
- UNAP (2017). Presentación Cristian Wedeles, "Desalinización: El mar como fuente de agua para el norte de Chile". Disponible en: <http://bcn.cl/21u6h> (Septiembre, 2017)