



Proyección de consumo de agua en la minería del cobre 2017-2028

DEPP 22/2017

Registro Propiedad Intelectual

N° 285090

Resumen Ejecutivo

Cada año, la Comisión Chilena del Cobre realiza, a partir de las proyecciones de producción de cobre y las encuestas de consumo de agua de las empresas mineras, la proyección de consumo de agua en la minería del cobre en Chile a diez años a futuro. Esta proyección diferencia el agua según su origen, continental o de mar, por región, según tipo de proceso, según condición de proyecto, según etapa de desarrollo y según estado de permisos ambientales. Este año, a partir de los datos del 2016, se proyecta el consumo de los años 2017 al 2028.

Según origen, se proyecta que el consumo de agua de mar será cada vez mayor, alcanzando los 11,2 m³/seg en el 2028, lo cual representa un 289,9% de crecimiento respecto de los 2,9 m³/seg consumidos el 2016. Respecto del consumo de agua de origen continental, esta disminuye de 12,3 el año 2016, y llegaría a 11,5 m³/seg el año 2028, lo cual representa un 6,3% de decrecimiento.

Respecto del consumo regional, la región que más varía su consumo de agua de mar y continental, es Antofagasta que reduce su consumo de agua continental en un 55%. O'Higgins también lo reduce, pero en un 13,4%, mientras Tarapacá aumenta en un 82%, Atacama en un 21,7%, Coquimbo en un 52,3%, Valparaíso 20,1% y Metropolitana en un 19,3%. Antofagasta también destaca en el consumo de agua de mar, ya que al año 2028 llegaría a consumir 8,28 m³/seg, es decir, un 248,5% más que en el año 2016. En segundo lugar está Atacama que llegaría a consumir 1,57 m³/seg el 2028, 222% más que el 2016. El proceso que más utiliza agua es la concentración, la cual aumentaría su consumo de agua total aún más al 2028 (casi un 75%), mientras que el proceso de hidrometalurgia disminuiría su consumo total en un 51,7%.

Respecto a la condición de los proyectos, cabe destacar que los proyectos que explicarían casi la mitad del consumo de agua de mar al 2028, son probables, potenciales o posibles, es decir, tienen un grado de incertidumbre en su materialización. Algo similar ocurre con el consumo de agua de mar según etapa de desarrollo de los proyectos, ya que solo el 42,8% del consumo al 2028 se explicaría por proyectos en operación. Respecto del uso de agua según estado de permisos ambientales, al 2028 el 61% del consumo sería de proyectos que están al día con la tramitación ambiental.

Existen diferencias respecto de la proyección de consumo de agua del año pasado, dado, principalmente, por huelgas que no se tenían consideradas, entrada de nuevos proyectos a la carpeta (mineros y de plantas desaladoras) y cierre de algunas faenas de hidrometalurgia.

Se destaca que si bien el uso de agua de mar soluciona el problema de escasez de agua en la zona del norte grande de Chile, no soluciona el problema de la calidad del agua por los residuos mineros, por lo que es necesaria una buena gestión y eficiencia en el uso de agua, independiente de su origen.



Índice

1	Introducción y objetivo.....	4
2	Metodología.....	4
3	Resultados	7
3.1	Principales hallazgos para la proyección	7
3.2	Proyección de consumo de agua según origen	9
3.3	Proyección de consumo de agua por región	10
3.3.1	<i>Agua continental por región</i>	<i>10</i>
3.3.2	<i>Agua de mar por región.....</i>	<i>11</i>
3.4	Proyección de consumo de agua según tipo de proceso	12
3.4.1	<i>Consumo de agua continental según tipo de proceso</i>	<i>14</i>
3.4.2	<i>Consumo de agua de mar según tipo de proceso.....</i>	<i>15</i>
3.5	Consumo de agua según condición de proyectos	15
3.5.1	<i>Consumo de agua continental según condición de proyectos</i>	<i>16</i>
3.5.2	<i>Consumo de agua de mar según condición de proyectos.....</i>	<i>16</i>
3.6	Consumo de agua según etapa de desarrollo	17
3.6.1	<i>Consumo de agua continental según etapa de desarrollo.....</i>	<i>17</i>
3.6.2	<i>Consumo de agua de mar según etapa de desarrollo</i>	<i>18</i>
3.7	Consumo de agua según estado de los permisos ambientales	19
3.7.1	<i>Consumo de agua continental según estado de los permisos ambientales.....</i>	<i>20</i>
3.7.2	<i>Consumo de agua de mar según estado de los permisos ambientales</i>	<i>21</i>
4	Análisis de los resultados.....	21
5	Comentarios finales.....	24
Anexos	25
	Anexo 1: Matriz de probabilidades	25
	Anexo 2: Condiciones de materialización de un proyecto.....	25
	Anexo 3: Etapas de desarrollo de un proyecto	26
	Anexo 4: Tabla consumo esperado por región (m3/seg).....	26
	Anexo 5: Tabla consumo esperado según tipo de proceso (m3/seg).....	27
	Anexo 6: Tabla consumo esperado según condición (m3/seg)	27
	Anexo 7: Tabla consumo esperado según etapa de desarrollo (m3/seg).....	28
	Anexo 8: Tabla consumo esperado según estado de permisos ambientales (m3/seg).....	28



Índice de figuras

<i>Figura 3-1: Proyección de producción de concentrados y cátodos 2016-2028</i>	7
<i>Figura 3-2: Probabilidad de ocurrencia según año en escenario “más probable”</i>	8
<i>Figura 3-3: Proyección de consumo de agua según origen 2016-2028</i>	9
<i>Figura 3-4: Consumo de agua continental por región 2016-2028</i>	10
<i>Figura 3-5: Consumo de agua de mar por región 2016-2028</i>	11
<i>Figura 3-6: Diagrama general procesos de la minería del cobre</i>	12
<i>Figura 3-7: Consumo de agua total por proceso 2016-2028</i>	13
<i>Figura 3-8: Consumo de agua continental por proceso 2016-2028</i>	14
<i>Figura 3-9: Consumo de agua de mar por proceso 2016-2028</i>	15
<i>Figura 3-10: Consumo de agua de mar por condición de proyecto 2016-2028</i>	16
<i>Figura 3-11: Consumo de agua de mar por condición de proyecto 2016-2028</i>	17
<i>Figura 3-12: Consumo de agua continental según etapa de desarrollo 2016-2028</i>	18
<i>Figura 3-13: Consumo de agua de mar según etapa de desarrollo 2016-2028</i>	19
<i>Figura 3-14: Consumo de agua continental según estado de permisos ambientales 2016-2028</i>	20
<i>Figura 3-15: Consumo de agua de mar según estado de permisos ambientales 2016-2028</i>	21
<i>Figura 4-1: Diferencia entre proyección de producción del 2016 y del 2017</i>	22
<i>Figura 4-2: Diferencias entre proyección 2016 y 2017 agua continental</i>	23
<i>Figura 4-3: Diferencias entre proyección 2016 y 2017 agua de mar</i>	23

Índice de tablas

<i>Tabla 3-1: Consumo unitario de agua por procesos año 2016</i>	8
--	---



1 Introducción y objetivo

La minería es una de las principales actividades económicas de Chile, aportando cerca del 13,1% del PIB, 14,3% de los impuestos recaudados, y 60% de las exportaciones entre los años 2007 y 2016. Además, es responsable del 3% de los empleos de forma directa y del 10% en forma indirecta. La minería del cobre es la principal actividad minera de Chile y es responsable de cerca de un tercio de la producción de cobre mundial (COCHILCO 2017). El agua es un insumo fundamental para la minería, ya que es necesaria en muchas etapas del proceso productivo. En términos comparativos, la industria minera no es uno de los principales consumidores de agua del país, con un consumo que asciende al 3% del agua total consumida en Chile. Sin embargo, la mayor parte de las actividades mineras se ubican en la zona del Norte Grande (un 78% de las empresas de extracción de cobre), donde está solamente el 0,13% de la escorrentía de agua nacional, se tiene un clima semi-árido con 87 mm por año de precipitaciones, y cuenta con la presencia de vegas y bofedales, los cuales son ecosistemas únicos, frágiles y de gran valor ecológico a nivel nacional (DGA 2016). Por otro lado, el agua es un insumo fundamental para las personas y el medio ambiente. Es fundamental para la supervivencia y salud humana, para la mantención de cultivos y animales, y para la mantención de ecosistemas sensibles.

Dado lo anterior es que una correcta gestión del agua en zonas mineras es necesaria para un desarrollo sustentable en la región. En este contexto, el presente informe “Proyección de consumo de agua en la minería del cobre 2017-2028” pretende ser una herramienta útil para la planificación y toma de decisiones, tanto de las empresas consumidoras de agua, como de las autoridades públicas sectoriales.

El objetivo de este informe es, entonces, generar datos de estimaciones de proyección de consumo de agua entre los años 2017 y 2028, para la minería del cobre en Chile. Las proyecciones de uso futuro se han realizado sobre supuestos que podrían denominarse inciertos, dado que la producción está sujeta a las decisiones de las empresas respecto a la viabilidad de los proyectos. Se ha limitado el alcance de la proyección al consumo de agua de la minería del cobre existente entre las regiones de mayor presencia minera, es decir, entre Arica y Parinacota y O’Higgins, en un rango de tiempo 2017 al 2028, considerando también los datos reales del año 2016.

El detalle de los resultados se entrega a nivel nacional, diferenciando agua continental de agua de mar, por región, según tipo de proceso para el tratamiento del mineral, según condición de los distintos proyectos u operaciones, por etapa de desarrollo y según el estado de avance de los permisos ambientales.

2 Metodología

La metodología para la proyección del valor esperado del consumo de agua en la minería del cobre en Chile, consta de un proceso de cuatro etapas consecutivas: (i) actualización de la proyección de producción de cobre tanto en concentrados como en cobre fino en el período de tiempo de estudio, (ii) determinación del consumo unitario de agua por proceso y empresa minera, (iii) determinación



de la probabilidad de ocurrencia de la proyección de producción, diferenciando un escenario máximo, más probable y mínimo, y (iv) con lo anterior, modelación de la proyección de consumo de agua esperado para el período determinado.

A continuación se explican de manera más detallada las etapas propuestas anteriormente.

i. Primera etapa: proyección de producción.

Para determinar la proyección de producción se utilizó el catastro de proyectos que elabora COCHILCO todos los años con la información actualizada de las operaciones y nuevos proyectos al 2028. En dicha proyección, se estima la producción de cobre, tanto en concentrados como en cátodos SxEw (del inglés, *solvent extraction and electro-winning*, o bien, extracción por solvente y electro obtención), y en fundición y refinación (COCHILCO 2017) de las distintas faenas mineras, según la condición del proyecto, la cual puede ser base, posible, probable o potencial. Se especifica también su ubicación (región), tipo de proyecto, etapa de desarrollo, estado de permiso ambiental y año de puesta en marcha (efectivo o esperado).

ii. Segunda etapa: consumo unitario de agua.

En segundo lugar, se conocen los consumos unitarios de agua continental y de agua de mar de la industria minera del cobre gracias a la encuesta realizada por COCHILCO anualmente directamente a las empresas. Con esta información se obtienen los coeficientes unitarios de consumo de agua continental y agua de mar por los distintos procesos en los distintos tipos de procesamientos. Esto es, en extracción en mina de sulfuros y óxidos, en procesamiento de concentrados y en hidrometalurgia, en otros consumos en las distintas instalaciones (principalmente servicios y consumo humano en campamento), y en fundición y refinación, además de sus otros consumos (servicios). Para establecer los coeficientes de las operaciones y proyectos se utilizaron los siguientes criterios:

- Para las faenas en operación se utiliza el coeficiente de consumo de agua continental reportado al 2016 (último año con datos reales disponibles), los cuales se mantienen constantes en el tiempo.
- Para proyectos de expansión se utiliza el mismo coeficiente que la operación madre u operaciones de análogas características.
- Para los nuevos proyectos se consideran coeficientes unitarios de operaciones similares, o el promedio de la industria.
- En el caso de agua de mar, se establecen coeficientes similares a los de las operaciones actuales con agua de mar, y además, su consumo está asociado a las capacidades de las plantas desalinizadoras y sistemas de impulsión.

iii. Tercera etapa: matriz de probabilidades.

En tercer lugar, en base a la información histórica sobre la materialización de los proyectos de inversión, se determina la probabilidad de ocurrencia de la producción prevista en las fechas



presentadas, con lo que se crean tres escenarios de consumo de agua: máximo, más probable y mínimo, los cuales se agrupan en una matriz de probabilidad. Los valores de dichos escenarios se determinan bajo los siguientes criterios.

- **Escenario de producción máxima:** considera que las operaciones continúan según lo planificado y todos los proyectos se ponen en marcha en la fecha y capacidad productiva estimada actualmente por sus titulares.
- **Escenario de producción más probable:** pondera los perfiles de producción de cobre esperado y reportado por las firmas mineras con valores menores a la unidad, ya que existe una alta probabilidad de que los proyectos sufran variaciones y no se lleven a cabo en la fecha y capacidad productiva estimada inicialmente. Esta ponderación ha sido determinada por COCHILCO en base a información histórica (desde el 2005) del comportamiento de la materialización de proyectos mineros, obtenida de los catastros de proyectos históricos publicados por COCHILCO.
- **Escenario de producción mínima:** que ajusta el escenario más probable con cifras inferiores dentro de un criterio técnico razonable.

iv. Cuarta etapa: proyección de consumo de agua.

En cuarto lugar, se multiplica la matriz de probabilidades (tercera etapa) por la proyección de producción (primera etapa) y el consumo unitario de agua (segunda etapa), para generar los escenarios de probabilidades máximo, mínimo y más probable, los cuales serán sometidos a una simulación de Montecarlo para determinar el valor esperado de la proyección.

El valor del consumo de agua para un año t se calcula como se muestra en la ecuación (1):

$$\text{Consumo_Agua}_t = \sum_i E[f(X_{ijkt}; Y_{ijkt}; Z_{ijkt})] \quad (1)$$

Donde,

- i : Faena minera considerada.
- j : Tipo de producto final considerado.
- K : Condición/estado del proyecto minero considerado¹.
- t : Año considerado en el periodo de proyección.
- f : Distribución de probabilidad que describe el rango de valores que puede tomar el consumo de electricidad y la probabilidad asignada a cada valor de acuerdo a las variables de entrada.
- Z_{ijkt} : Corresponde a la producción máxima de cobre fino en la faena i , en el proceso j , de acuerdo a la condición/estado k del proyecto, en el año t . La unidad de medida es ktpa.
- Y_{ijkt} : Corresponde a la producción más probable de cobre fino en la faena i , en el proceso j , de acuerdo a la condición/estado k del proyecto, en el año t . La unidad de medida es ktpa.

¹ Las condiciones/estados de los proyectos que se establecen en el presente informe son: Base, Probable, Posible-factibilidad, Potencial-factibilidad y Potencial-prefactibilidad.



- X_{ijkt} : Corresponde a la producción mínima de cobre fino en la faena i , en el proceso j , de acuerdo a la condición/estado k del proyecto, en el año t . La unidad de medida es ktpa.

Por otra parte, con respecto al ponderador para la capacidad de la operación o proyecto, éste depende del estado y condición del proyecto y del escenario que se estaba generando.

A partir de la generación de escenarios se obtiene tres valores de consumo anual del proceso individualizado, uno por cada escenario, los que se someten a la simulación Montecarlo con el fin de generar una distribución probabilística de su consumo anual, a la cual se le calcula el estadístico valor esperado.

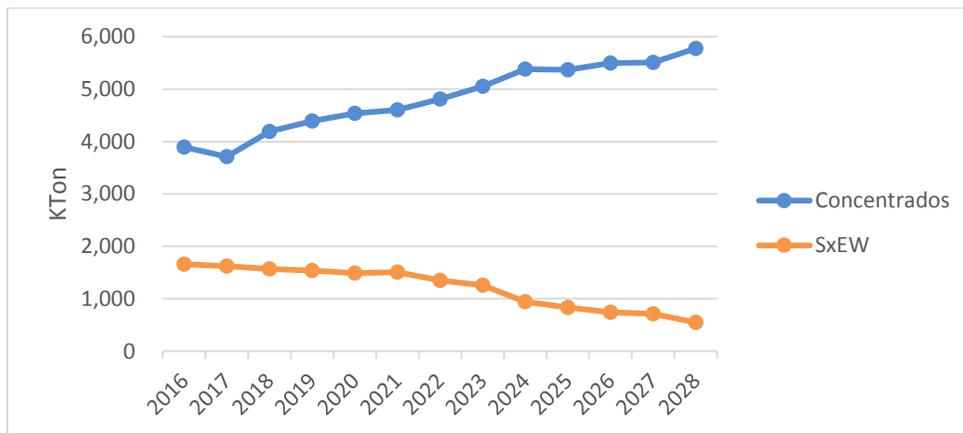
3 Resultados: Proyección esperada de consumo de agua al 2028

A continuación se muestran los resultados obtenidos para las primeras tres partes de la metodología, junto con los resultados de la etapa 4, que corresponde a las proyecciones de consumo de agua. Dichos resultados se muestran respecto de su origen, por región, por proceso, por condición de proyecto, por etapa de desarrollo, y por estado de permisos ambientales.

3.1 Principales hallazgos para la proyección

En la etapa 1, correspondiente a la proyección de producción de cobre, se puede ver que ésta tiene una tendencia al alza respecto de la producción de concentrados, y una baja respecto de los cátodos SxEw. Ver Figura 3-1 donde se muestran datos reales del 2016 y proyección del 2017 al 2028.

Figura 3-1: Proyección de producción de concentrados y cátodos 2016-2028



Fuente: Cochilco, 2017

Tal como se concluye en el informe de Proyección de la producción esperada de cobre en Chile 2017-2028, desde el 2016 (dato real) al 2028 la producción de cátodos SxEw disminuye en un 67,2% (un 8,2% anual en promedio), mientras que la producción de cobre fino por concentrados aumenta en un 48,5% (con una tasa del 0,31% anual). Esto deja de manifiesto la evolución que están teniendo los yacimientos de cobre en Chile, los cuales están envejeciendo y conteniendo cada vez menos óxidos de cobre, los cuales se encuentran más en la superficie y son lixiviables, y cada vez más



sulfuros, los cuales se encuentran a mayores profundidades y se procesan, generalmente, a través de flotación-concentración. A nivel nacional, la producción de cobre al año 2028 respecto del 2016, aumenta en un 13,9%.

En la etapa 2, de consumo unitario de agua, se obtienen, mediante la encuesta a las empresas mineras, los consumos unitarios de agua de cada una de ellas según etapa y proceso. Los valores de dichos consumos unitarios no se pueden entregar de manera desagregada por ser confidenciales. No obstante, el consumo en planta concentradora y en hidrometalurgia se entregan en forma agregada como metros cúbicos de agua por tonelada de mineral procesado en la siguiente tabla (COCHILCO 2017).

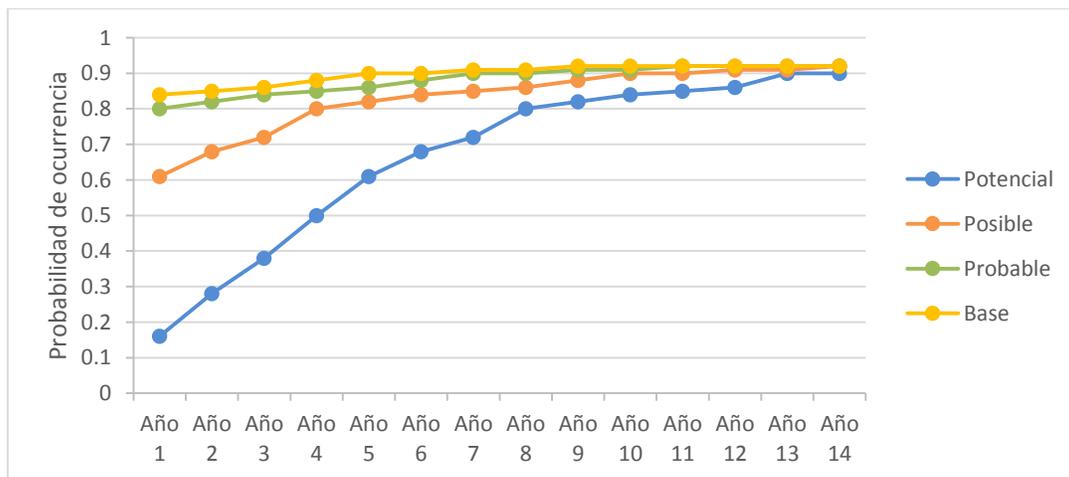
Tabla 3-1: Consumo unitario de agua por procesos año 2016

Proceso	Unidad	Agua continental
Concentración	(m ³ /ton_min)	0,5
Hidrometalurgia	(m ³ /ton_min)	0,1

Fuente: Cochilco, 2017

En la etapa 3, de matriz de probabilidades se realiza para proyectos base, probables, posibles y potenciales, definiendo un escenario mínimo, más probable y máximo para cada uno de ellos. El gráfico a continuación muestra la probabilidad de ocurrencia en el escenario definido como “más probable”, para los cuatro tipos de proyectos. Se puede ver en la Figura 3-2 que las estimaciones se hacen tal que en el largo plazo (año 2028 en este caso) los cuatro tipos de proyectos tienen una probabilidad alta de materializarse (superior al 0,9). Se puede ver también que los proyectos que son definidos como más difíciles de realizarse (como los potenciales) parten en el año 1 con una probabilidad muy baja de ocurrencia, la cual va creciendo a medida que transcurren los años.

Figura 3-2: Probabilidad de ocurrencia según año en escenario “más probable”



Fuente: Cochilco 2017



Para el caso del escenario máximo, se tiene la situación más optimista, que sería que todos los proyectos tienen probabilidad 1 de ocurrencia al final del horizonte de tiempo. Por otro lado, el escenario mínimo, es un escenario más pesimista en donde las probabilidades de ocurrencia se mantienen bajas con el transcurso de los años. Para mayor detalle de la matriz de probabilidad y para conocer los valores máximos y mínimos, ver Anexo 1: Matriz de probabilidades

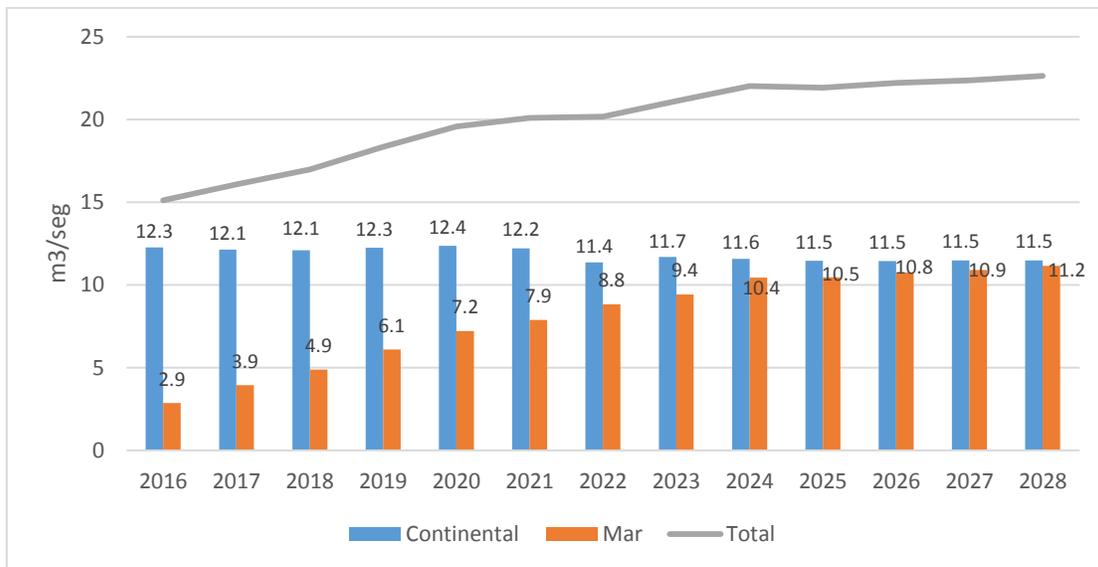
A continuación se describen los resultados de la etapa 4, que corresponde a las proyecciones del consumo de agua según los distintos puntos de vista. Cabe destacar que los resultados a continuación muestran datos reales del 2016, y proyecciones del 2017 al 2028.

3.2 Proyección de consumo de agua según origen

Los orígenes del agua pueden ser dos, agua continental, que abarca aguas superficiales, subterráneas y adquiridas de terceros, o agua de mar, que abarca agua desalada y agua salada. La proyección por origen se puede ver en la Figura 3-3. Se puede ver también en esta figura que el uso de agua de mar se espera que tenga un fuerte crecimiento (cerca del 289,9%) mientras el uso de agua continental tiene un leve decrecimiento (del 6,3%) en el período entre el 2016 y 2028. El consumo total de agua tiene un aumento del 49,7% en el mismo periodo.

El aumento del consumo de agua de mar se explica por una serie de plantas desaladoras que se planea construir. Dentro de ellas destacan las plantas de BHP, Escondida Water Supply y Spence Growth Project para el 2017 y 2019 respectivamente; la de Codelco Norte, Distrito Norte, para el 2021; y la de Teck, Quebrada Blanca fase 2 para el 2021.

Figura 3-3: Proyección de consumo de agua según origen 2016-2028



Fuente: Cochilco, 2017



De la figura anterior destaca la estabilidad en el consumo de agua continental hasta el año 2022, en donde deja de operar Chuquicamata rajo y empieza a operar Chuquicamata subterráneo, la cual contempla uso de agua de mar. Además, ese mismo año dejaría de operar RT Sulfuros Fase I, para luego entrar en operación la Fase II de RT sulfuros que también contempla el uso de agua de mar.

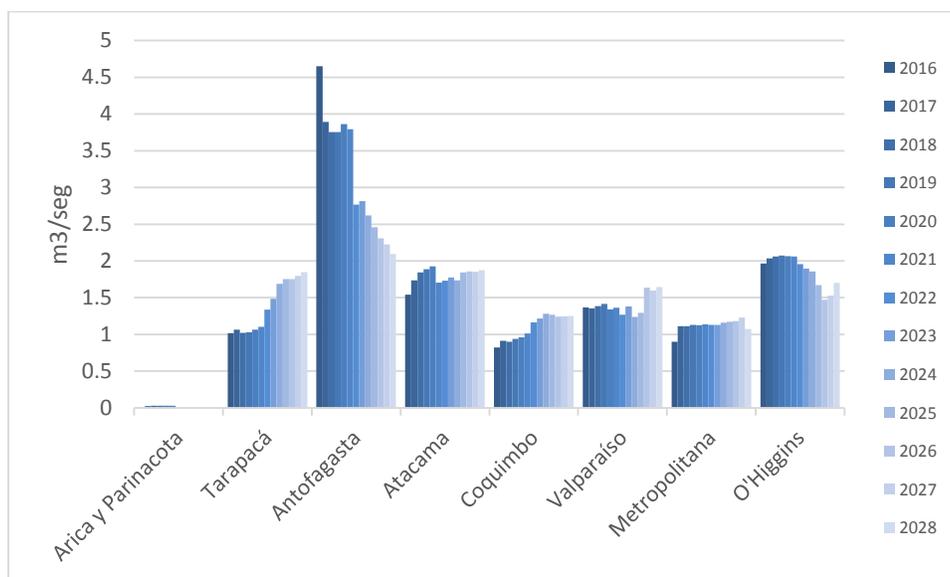
3.3 Proyección de consumo de agua por región

A nivel regional, existen grandes diferencias respecto de la proyección de consumo de agua. Mientras algunas regiones tienen tendencias al alza en el consumo de agua continental (como Tarapacá, Coquimbo y Valparaíso), otras tienen tendencia a la baja en el agua de esta fuente y alza en el consumo de agua de mar, como es el caso de Antofagasta.

3.3.1 Agua continental por región

En la figura a continuación se puede ver un fuerte decrecimiento del consumo de agua continental por parte de Antofagasta del año 2016 (datos reales) al año 2017, lo cual se explica por la entrada en marcha de la planta desaladora de Escondida. Esta disminución, sin embargo, puede estar sobreestimada debido a que no se consideró la huelga y paro de actividades que sufrió Escondida a principios del 2017. Luego observamos una fuerte disminución del año 2021 al año 2022, la cual se debe al cese de actividades de Chuquicamata rajo. Cabe destacar que Chuquicamata subterránea inicia actividades de manera paulatina el año 2020, por eso un consumo no reemplaza al otro, además, este proyecta mejorar las eficiencias de uso de agua en los procesos y utiliza agua de mar. El decrecimiento total del 2016 al 2028 se espera que sea de un 55%.

Figura 3-4: Consumo de agua continental por región 2016-2028



Fuente: Cochilco, 2017

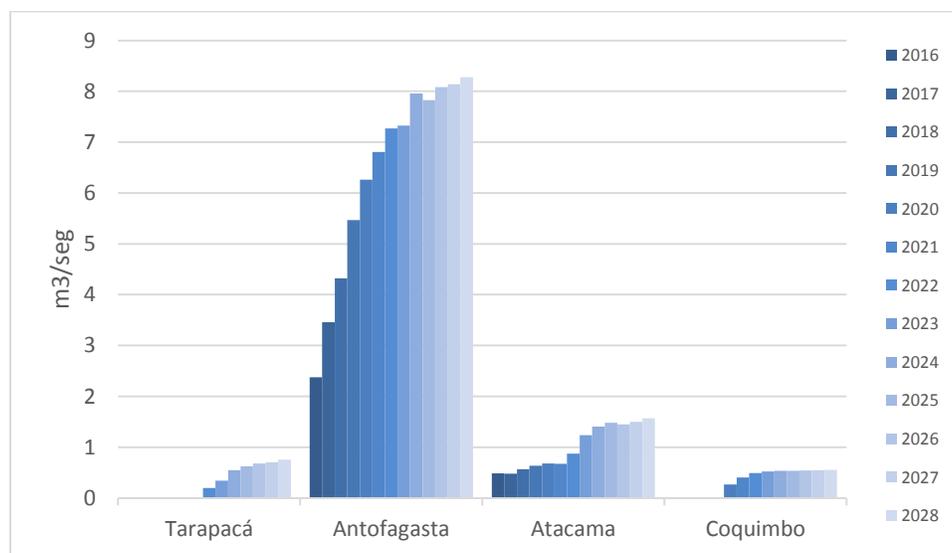


Respecto de las demás regiones, se ve que tanto Tarapacá como Coquimbo tienen una tendencia al alza en el consumo de agua continental. Tarapacá tiene la entrada del proyecto Quebrada Blanca Hipógeno el año 2022, mientras que Coquimbo tiene el inicio de la ampliación de Los Pelambres el mismo año, ambas faenas utilizarán tanto agua de mar como continental. Vemos el caso de Valparaíso que el año 2026 experimenta un alza, la cual se explica por la expansión de Andina proyectada para ese año. Respecto de la región de O'Higgins, esta tiene una tendencia a la baja, la cual se explica por mayores eficiencias en el uso de agua del proyecto Nuevo Nivel Mina de El Teniente y el cese de la antigua operación, junto con que Nuevo Nivel Mina no alcanzaría las producciones estimadas en años anteriores.

3.3.2 Agua de mar por región

En el gráfico a continuación se puede ver que el aumento en el uso de agua de mar se explica principalmente por iniciativas en la región de Antofagasta, sobre todo entre los años 2017 y 2024. En ese período de tiempo ocurre la puesta en marcha o ampliación de diversas plantas desaladoras, tales como las plantas de BHP Escondida y Spence, Distrito Norte de Codelco, la planta de Centinela para suplir agua al proyecto Distrito Centinela de Antofagasta Minerals, y la extracción de agua de mar para la posible expansión de Sierra Gorda de KGHM. Entre los años 2016 y 2028 se espera un crecimiento del 248% en el uso de agua de mar en esta región, con promedio de un 11,7% anual.

Figura 3-5: Consumo de agua de mar por región 2016-2028



Fuente: Cochilco, 2017

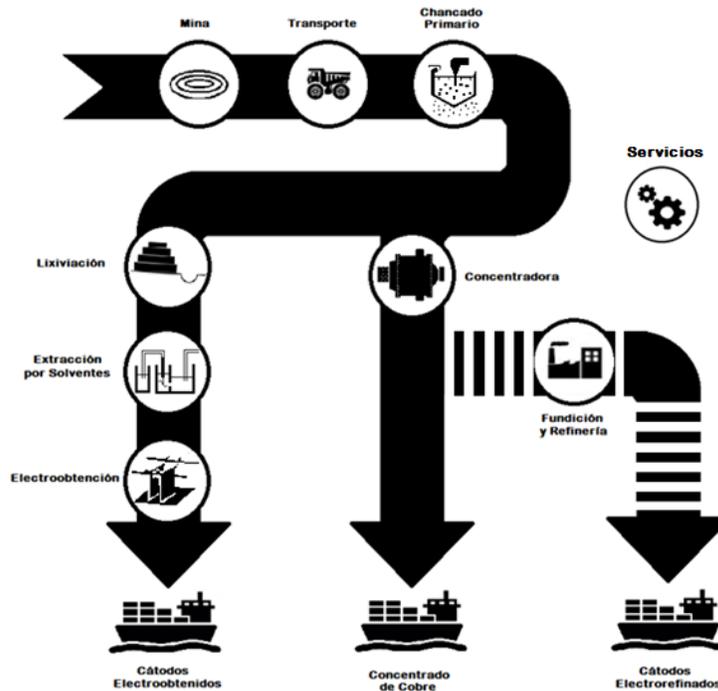
Por su parte las regiones de Tarapacá, Atacama y Coquimbo, también utilizarán agua de mar, pero en menor proporción. Proyectos importantes que contemplan el uso de agua de mar en esta región serían el proyecto Nueva Unión y Santo Domingo. Las demás regiones, en cambio, no tienen proyectado utilizar agua de mar en el período de estudio.



3.4 Proyección de consumo de agua según tipo de proceso

La utilización de agua en el proceso minero es descrita brevemente en la siguiente figura. La división de los procesos, sin embargo, se hizo en tres grandes grupos dependiendo el tipo de mineral a procesar. Estos son uso de agua en mina, en procesos y otros. Para el caso de los óxidos de cobre, en hidrometalurgia, el ítem procesos se refiere a la lixiviación, extracción por solvente y electro-obtención (LIX-SX-EW). Mientras que para el procesamiento de sulfuros, el proceso se refiere a flotación y concentración. El ítem “otros” en ambos se refiere a servicios, consumo humano, etc. El caso de la fundición refinería, el uso de agua se divide en fundición, refinería y otros. En resumen, existen tres actividades independientes con tres procesos cada una: (1) Producción de cátodos SX-EW, (2) Producción de concentrados, ambos con uso de agua en mina, en procesos y otros, y (3) Producción de cátodos en fundición-refinería (FuRe), con consumo de agua en fundición, refinería y otros. Ahora bien, hay ciertas instalaciones que extraen óxidos y sulfuros de la mina, en donde el agua utilizada para esto no se diferencia. En cuyos casos el agua mina se contabilizó solamente en las actividades de producción de concentrados (porque en proporción la producción de concentrados es mayor), por lo que el agua mina total en la producción de cátodos SX-EW, está subestimada, no así el agua mina utilizada en total en las dos actividades.

Figura 3-6: Diagrama general procesos de la minería del cobre



Fuente: Cochilco, 2017

En el caso del área mina este incluye la mina, ya sea a cielo abierto o subterránea y el transporte del material hasta el chancado primario. En esta área el agua es utilizada principalmente para la supresión de polvo en caminos, y en la extracción y bombeo desde labores subterráneas.



El área de planta concentradora comprende el procesamiento de minerales. Esta área involucra la conminución del mineral, luego la flotación, clasificación y espesamiento. Según la distancia entre la concentradora y las instalaciones de filtrado y almacenaje, las aguas residuales pueden o no ser recirculadas al proceso. Una parte importante del agua que se utiliza en la flotación pasa a formar parte de los relaves, que se envían a la etapa de espesamiento para recuperar una parte del agua que contienen.

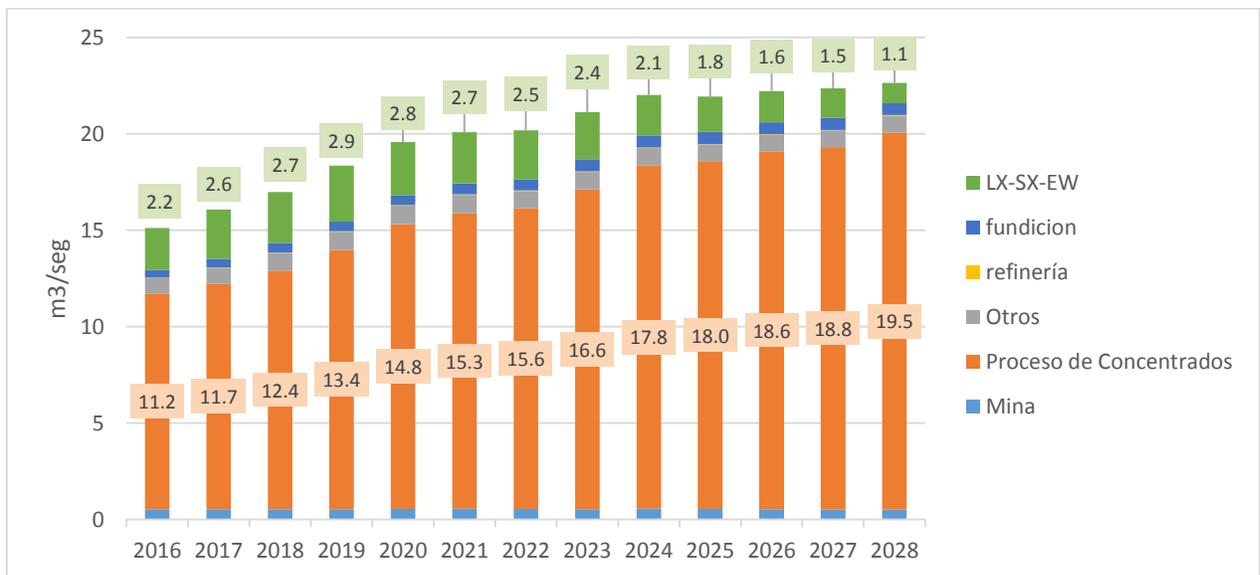
Por su parte, en el área planta hidrometalúrgica los principales consumos de agua resultan como consecuencia de la evaporación de las pilas de lixiviación donde se vierte una solución ácida, de agua con ácido sulfúrico en la superficie de las pilas. Esta solución se infiltra en la pila disolviendo el cobre contenido en los minerales oxidados.

En cuarto lugar está la fundición y refinería. El concentrado seco se somete a un proceso de pirometalurgia para obtener placas gruesas, de forma de ánodos. Este es comercializado directamente o enviado al proceso de refinación la cual se lleva a cabo en las celdas electrolíticas en una solución de ácido sulfúrico. Se le aplica una corriente eléctrica, que hace que se disuelva el cobre del ánodo y se deposite en el cátodo inicial, lográndose cátodos de alta pureza.

Finalmente el área otros o servicios, comprende aquellas actividades con volúmenes de consumo de agua poco significativos frente al total consumido en una operación minera. El principal uso del agua es para bebida, cocción, lavado, riego y baños en los campamentos, las plantas de molibdeno en operaciones que tengan, y otros consumos menores.

El gráfico a continuación muestra el consumo de agua total por proceso. Como es de esperar, el consumo de agua por proceso de concentrados aumenta, mientras el agua por proceso hidrometalúrgico (LxSxEw) disminuye.

Figura 3-7: Consumo de agua total por proceso 2016-2028



Fuente: Cochilco, 2017



El consumo de agua por concentradora aumenta en un 74,7% del 2016 al 2028, mientras que en el mismo período, se reduce el consumo por SxEw en un 51,7%. El uso de agua en mina se reduce en un 3,5%. En fundición aumenta un 56,4%, en refinería un 7,4% y en otros procesos un 9,8%.

El proceso de concentración es el que utiliza más agua, con un 78,3% en promedio en el periodo de estudio, el cual va de un 74% el año 2016 aumentando a un 86,3% el año 2028. El proceso de LxSxEw, en cambio, utiliza un 11,5% del agua total en el periodo de estudio, el cual varía de un 14,4% en el 2016 hasta reducirse a un 4,6% el año 2028.

3.4.1 Consumo de agua continental según tipo de proceso

Respecto del consumo de agua continental, el proceso que lidera el consumo es la concentración que consume un 75% del agua continental en promedio en el periodo de estudio, partiendo con un 72% el año 2016 y aumentando a un 82,4% el año 2028. El segundo lugar lo ocupa el proceso de LxSxEw con un 9,7% en promedio en el periodo de estudio, partiendo con un 13,6% el 2016 y terminando con un 1,9% el 2028, lo cual se explica principalmente con la reducción de la extracción de óxidos en Chile en los próximos años. La Figura 3-8 muestra los flujos absolutos proyectados por proceso hasta el año 2028.

Figura 3-8: Consumo de agua continental por proceso 2016-2028



Fuente. Cochilco, 2017

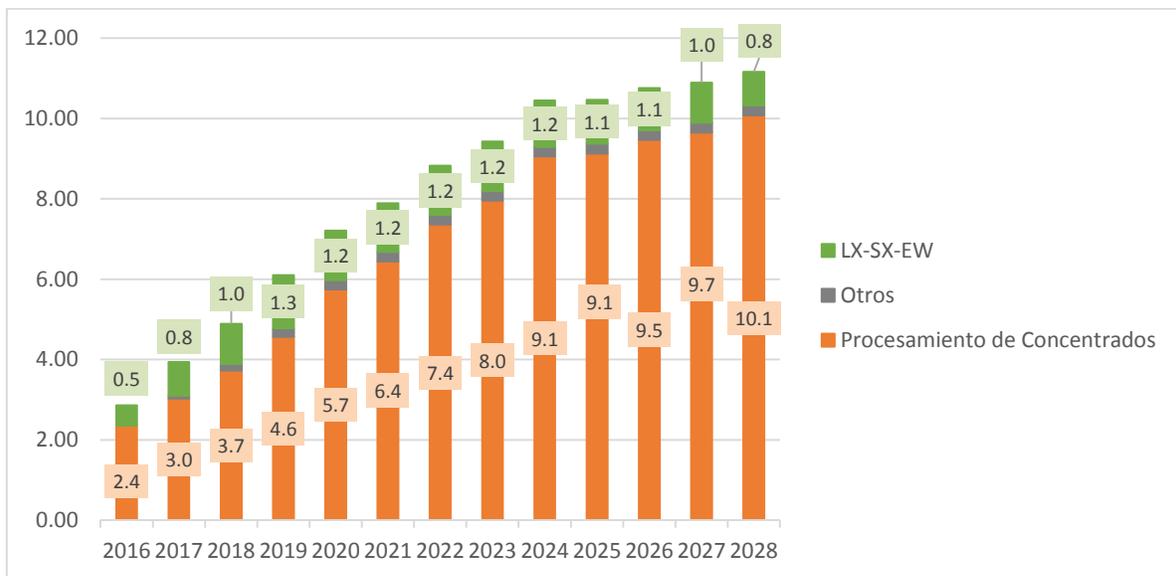
Respecto de los demás procesos estos representan, actualmente, el 14,4% del consumo de agua continental, llegando al 15,7% el año 2028. En el periodo entre el 2016 y 2028, los procesos de refinería y otros (servicios) tienen un aumento del 7,1 y 7,4% respectivamente, mientras el agua usada en la mina se reduce en un 3,5%. El proceso de fundición, en cambio, aumenta su uso de agua en un 56% en este periodo, lo cual se explica, principalmente por la planta nueva Paipote que se planea construir, y cuya puesta en marcha sería el año 2021.



3.4.2 Consumo de agua de mar según tipo de proceso

El uso de agua de mar que se proyecta para los próximos diez años, es principalmente para abastecer el proceso de concentración. En el 2016, de los 2,86 m³/sg de agua de mar que se usaron en la minería, un 82,1% fue utilizado para el proceso de concentración. El total del agua de mar que se consumirá en el 2028 subiría a 11,16 m³/sg el 2028, de los cuales un 90% será para el proceso de concentración. Es decir, el uso de agua de mar para concentración aumentaría en un 328,8% en los próximos 10 años. Los demás procesos que usan agua de mar son, la hidrometalurgia, con un promedio del 14,5% del consumo de agua de mar en el período de proyección, y otros procesos (o servicios) con un uso promedio de 2,4% en el periodo de proyección.

Figura 3-9: Consumo de agua de mar por proceso 2016-2028



Fuente: Cochilco, 2017

Como se vio en acápite anteriores, el año 2028 el agua de mar representará cerca de la mitad del agua consumida en minería ese mismo año. Cabe destacar que hoy la minería recircula un alto porcentaje de agua (más del 70%) debido a la escasez de esta en la zona norte. Esto produce externalidades positivas ya que los relaves que se descartan tienen un menor contenido de humedad, lo cual provoca que sean menores en volumen y que sean más estables. Dado que el agua de mar es un recurso abundante, es necesario que esta tenga una adecuada gestión para que no disminuya el nivel de recirculación de los procesos actuales, ya que el uso de agua de mar, si bien soluciona el tema de la cantidad de agua, no soluciona los problemas asociados a deterioro de la calidad del agua.

3.5 Consumo de agua según condición de proyectos

En la proyección de producción, se definen cuatro condiciones: base, probable, posible y potencial, asociado a los atributos específicos de tipo de proyecto, a la etapa de avance en que se encuentra,

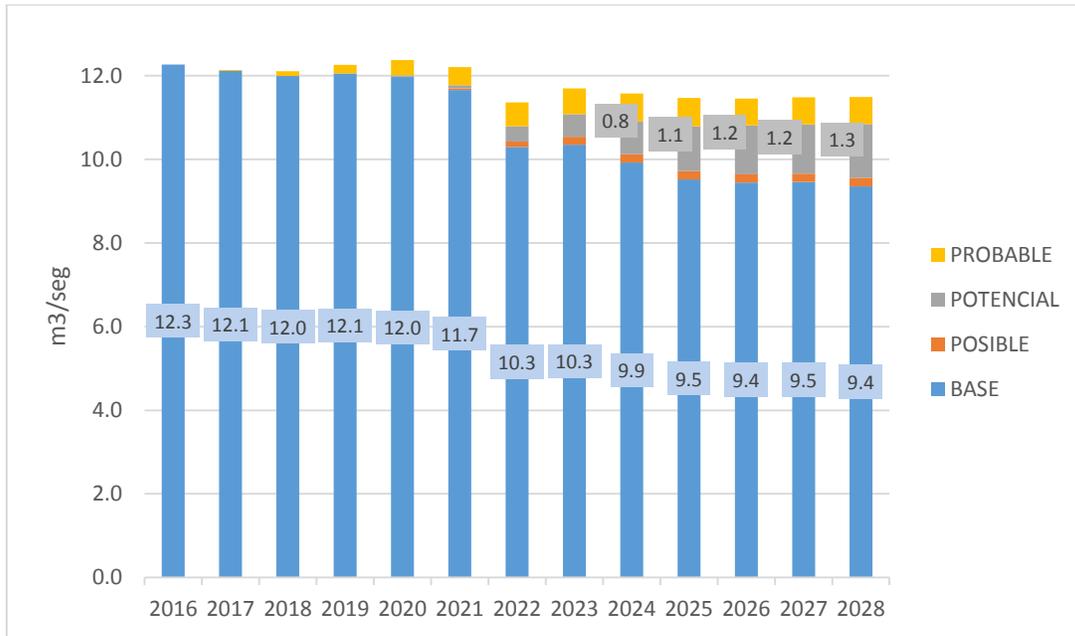


al estado de la tramitación en el Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA) y a la fecha estimada de puesta en marcha. Con la combinación de cada uno de estos atributos se puede determinar la condición de cada proyecto, lo cual indica su probabilidad de materialización.

3.5.1 Consumo de agua continental según condición de proyectos

La distribución de los proyectos según su condición, respecto al uso de agua continental, tiende a estar marcado por los proyectos en condición base, es decir, los que se encuentran operativos. Estos pasan de ser el 100% el año 2016, a un 81,4% el año 2028. Los proyectos en condición potencial también tienen un porcentaje importante del uso de agua continental a partir del año 2022. Dentro de estos proyectos destacan Rajo Inca de Codelco, Quebrada Blanca Hipógenos de Teck, y Expansión Andina de Codelco. Todos ellos en etapa de pre-factibilidad y sin haber sido presentados aún al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental.

Figura 3-10: Consumo de agua continental por condición de proyecto 2016-2028



Fuente: Cochilco, 2017

Los proyectos probables (que tienen la segunda mayor probabilidad de materializarse después de los proyectos base) son, generalmente, proyectos de expansión.

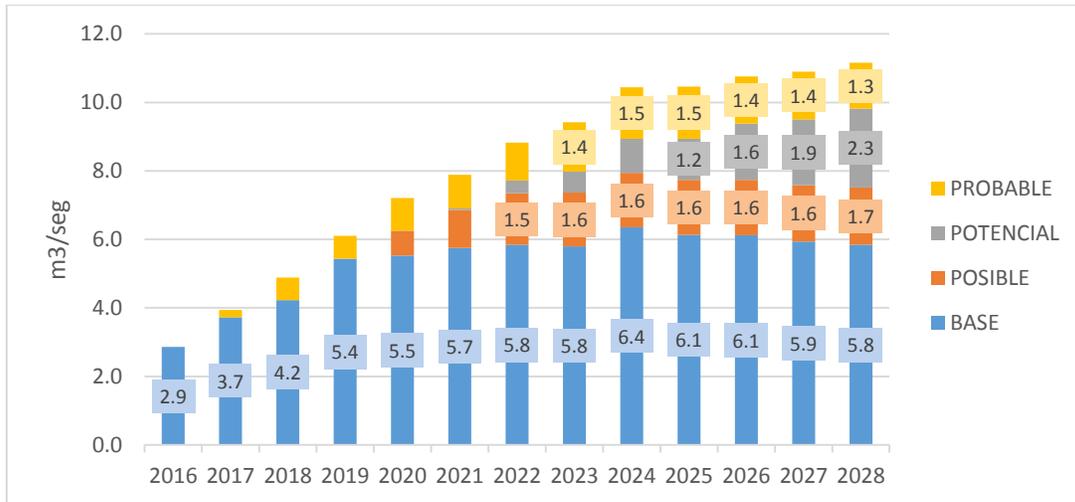
3.5.2 Consumo de agua de mar según condición de proyectos

La proyección de uso de agua de mar tiende a ser más homogénea en el tiempo respecto de las distintas condiciones de los proyectos. Si bien el 2016, como es de esperar, el 100% del uso de agua de mar es de proyectos base, se espera que el año 2028 los proyectos en esta condición solo sean el 52,4%, mientras que ese mismo año los proyectos posibles serían el 14,9%, los proyectos



potencial 20,6%, y los proyectos probables el 12%. Esto deja de manifiesto que cerca de la mitad de los proyectos que proyectan consumir agua de mar el año 2028, tiene una probabilidad de no materializarse.

Figura 3-11: Consumo de agua de mar por condición de proyecto 2016-2028



Fuente: Cochilco, 2017

3.6 Consumo de agua según etapa de desarrollo

Para analizar la demanda esperada de agua fresca en la minería del cobre según el estado de avance de los proyectos en el catastro de inversiones, se definieron cuatro etapas de desarrollo; pre-factibilidad, factibilidad, en ejecución y operación. El avance de un proyecto se puede ver afectado por algún tipo de suspensión sea por situaciones internas o externas a la voluntad de la compañía. Al estar suspendido el proyecto se detiene en su avance y en algunos casos deberá volver al estado anterior para rehacer estudios y así resolver las dificultades planteadas interna o externamente.

La pre-factibilidad corresponde a la etapa de generación y selección de alternativas de proyectos, también conocida como ingeniería conceptual. La factibilidad corresponde a la etapa de desarrollo de la alternativa seleccionada o ingeniería básica. Los proyectos en ejecución son aquellos que se encuentran en construcción, montaje y puesta en marcha del nuevo activo, donde se busca capturar la promesa ofrecida privilegiando los aspectos plazo, costo, calidad y sustentabilidad. Finalmente las operaciones son las actualmente en producción.

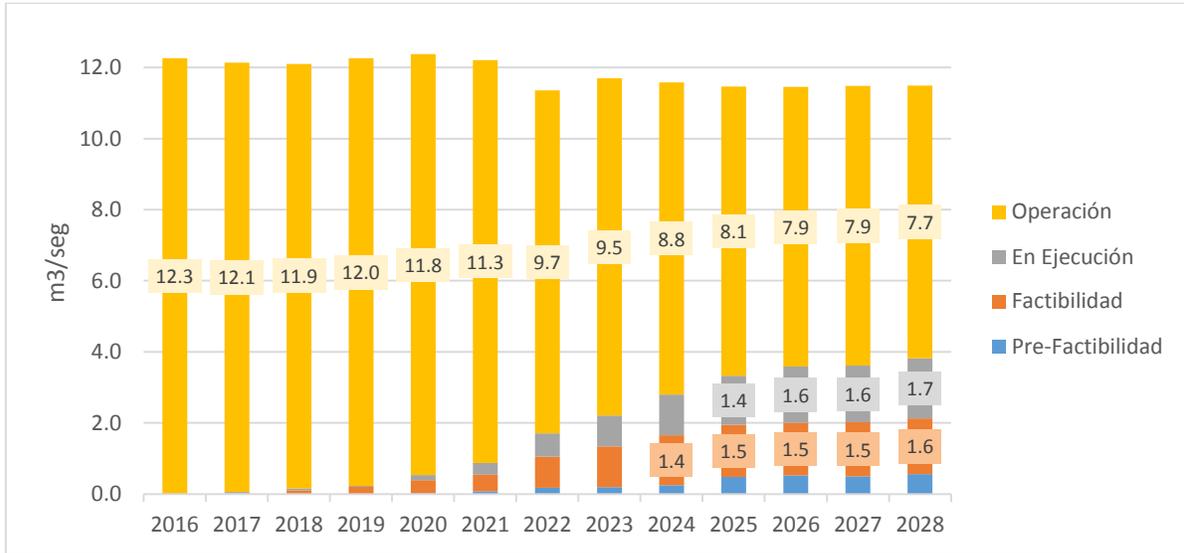
3.6.1 Consumo de agua continental según etapa de desarrollo

Respecto del agua continental que se usa en proyectos en operación, se espera que en los próximos 10 años, esta disminuya en un 37,5%, llegando de un 100% en el 2016 a un 66,7% el 2028. Esto se debe principalmente a los cierres de Chuquicamata Rajo y Salvador, que serán reemplazados por



nuevos proyectos. Por su parte, los proyectos que hoy están en etapa de ejecución, llegarían a representar el 14,7% del consumo, y los proyectos en factibilidad, el 13,7% del consumo. Por su parte, los proyectos en pre-factibilidad solo utilizarían el 4,9% del agua continental el año 2028.

Figura 3-12: Consumo de agua continental según etapa de desarrollo 2016-2028



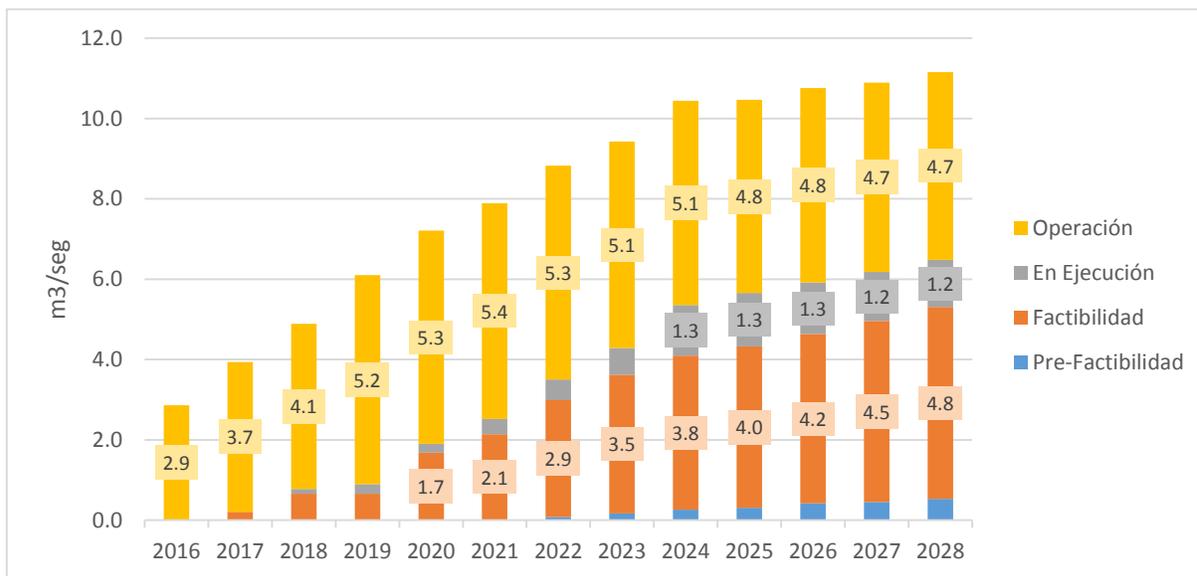
Fuente: Cochilco, 2017

3.6.2 Consumo de agua de mar según etapa de desarrollo

Con respecto al agua de mar, Los proyectos que se encuentran en operación aumentarían su consumo de esta fuente en un 63,4%. Por otro lado, el consumo de agua proyectado al 2028, se explica en un 42,8% por proyectos en factibilidad, en un 10,5% por proyectos en ejecución, un 4,8% por proyectos en pre-factibilidad y un 41,9% por proyectos en operación.



Figura 3-13: Consumo de agua de mar según etapa de desarrollo 2016-2028



Fuente: Cochilco, 2017

3.7 Consumo de agua según estado de los permisos ambientales

Todos los proyectos deben contar con una Resolución de Calificación Ambiental (RCA) favorable para poder operar, la cual se obtiene luego de someterse al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA) según lo establecido en la Ley 19.300 de Bases Generales del Medio Ambiente. Este proceso asegura que el proyecto cumpla con la normativa ambiental vigente, junto con que tenga una correcta gestión ambiental y social, la cual proponga medidas de prevención, mitigación y/o compensación, según corresponda, por los impactos asociados a la actividad productiva. La evaluación ambiental puede ser a través de un Estudio de Impacto Ambiental (EIA) o de una Declaración de Impacto Ambiental (DIA), dependiendo de la magnitud y naturaleza de los impactos asociados a éste. Dado lo anterior, se distinguen tres estados de mayor a menor seguridad de materialización:

- EIA o DIA aprobada
- EIA o DIA presentado (en proceso de evaluación).
- Sin EIA o DIA presentada

Ahora bien, también hay proyectos a los cuales no les aplica esta categorización (identificados con N/A) ya que su construcción fue previa a la entrada en vigencia de la Ley 19.300 por lo que no tuvo que someterse a evaluación de impacto ambiental en su momento, o bien, el proyecto representa solo cambios menores a la operación, los cuales no son pertinentes de someterse al SEIA.

Cabe destacar que tener la aprobación ambiental de un proyecto no garantiza su materialización, ya que este siempre debe ir acompañado de una “licencia social” que es no es un permiso legal, sino ficticio que es “otorgado” por la comunidad si es que esta está contenta y de acuerdo con el



proyecto. Dicha licencia es dinámica e impermanente, por lo que el titular del proyecto debe trabajar para obtenerla y conservarla.

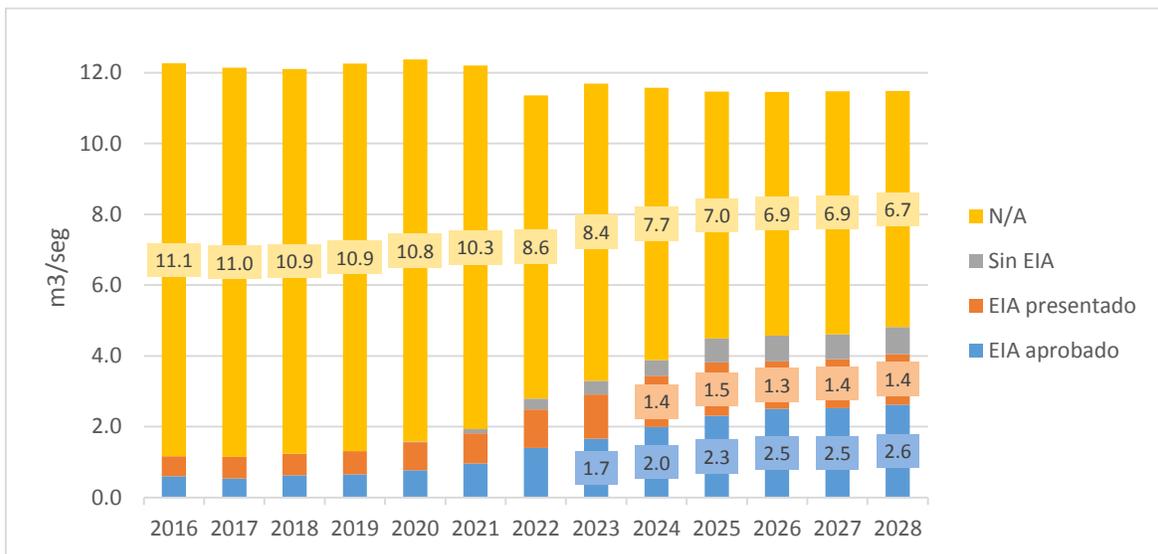
Estadísticamente, cerca de un 50% de los proyectos mineros presentados son aprobados, los cuales demoran, en promedio, entre 9 y 10 meses en obtener su RCA favorable. Ahora bien, solo un 2% de los proyectos se rechazan, siendo el porcentaje restante proyectos no admitidos a tramitación, en evaluación o desistidos (Cochilco 2017).

3.7.1 Consumo de agua continental según estado de los permisos ambientales

Los proyectos que están en la categoría "N/A", en su mayoría proyectos cuyo inicio es previo a la entrada en vigencia de la Ley 19.300, representan la mayoría del consumo de agua del 2016. Sin embargo, si alguno de esos proyectos quiere someterse a modificaciones de cierta magnitud hacia arriba, debe someterse al SEIA y obtener un RCA aprobado. Lo mismo para proyectos nuevos. Es por esto que los proyectos en categoría N/A se espera que se vean reducidos en el tiempo, y por lo tanto su consumo de agua también. Si el año 2016 representaban el 90,5% del consumo de agua, al año 2028 se espera que represente solo el 58,1%. Ese mismo año, se espera que los proyectos que ahora tienen EIA aprobado representen 22,8% del consumo de agua continental, mientras que los con EIA presentado y sin EIA 12,5 y 6,6% respectivamente.

La Figura 3-14 muestra la proyección del consumo de agua en cada una de las categorías definidas según su estado de permiso ambiental.

Figura 3-14: Consumo de agua continental según estado de permisos ambientales 2016-2028



Fuente: Cochilco, 2017

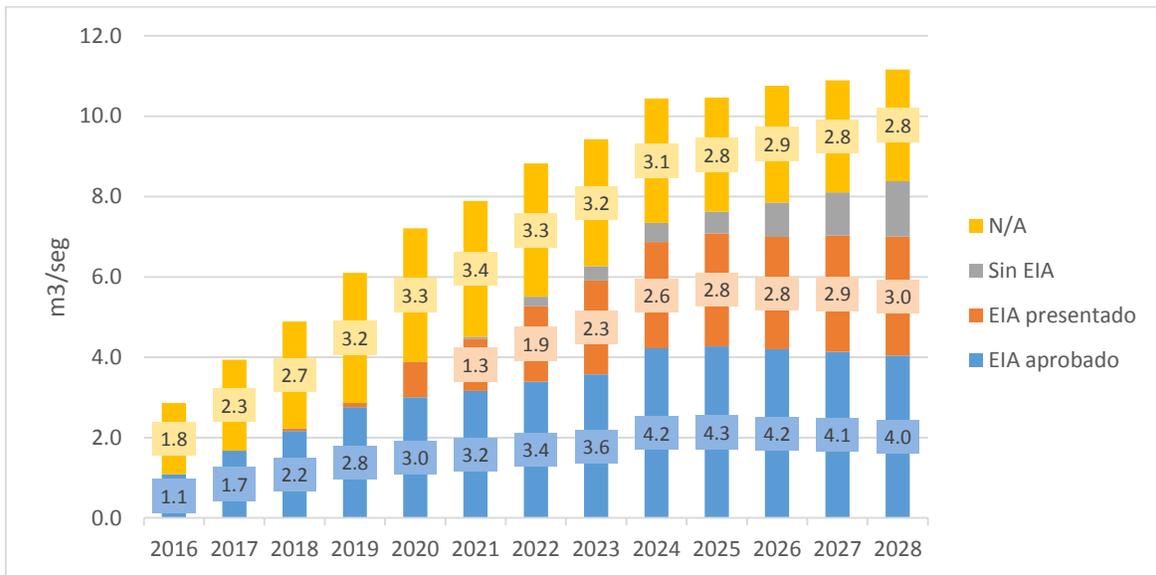


3.7.2 Consumo de agua de mar según estado de los permisos ambientales

A diferencia del agua continental, el año 2016, la cantidad de proyectos en categoría N/A y con EIA aprobado es mayor, ya que la popularización de las plantas desaladoras a escala industrial es relativamente nueva. Si bien estas en sí no están definidas en la Ley 19.300, los emisarios submarinos sí lo están, por lo que se deben someter a evaluación ambiental igualmente. El año 2016 los proyectos en categoría N/A representaron el 62% del consumo, siendo el 38% restante de proyectos con EIA aprobado. El año 2028 la distribución entre las cuatro categorías se espera que sea mucho más homogénea, con un 24,9% del consumo por parte de proyectos en categoría N/A, 36,2% de consumo por parte de los con EIA aprobado, 26,6% los que hoy cuentan con EIA presentado, y 12,3% los que al día de hoy no han presentado EIA o DIA aún.

La Figura 3-15 a continuación, muestra la proyección de consumo de agua de mar de acuerdo al estado de los permisos ambientales de los proyectos.

Figura 3-15: Consumo de agua de mar según estado de permisos ambientales 2016-2028



Fuente: Cochilco, 2017

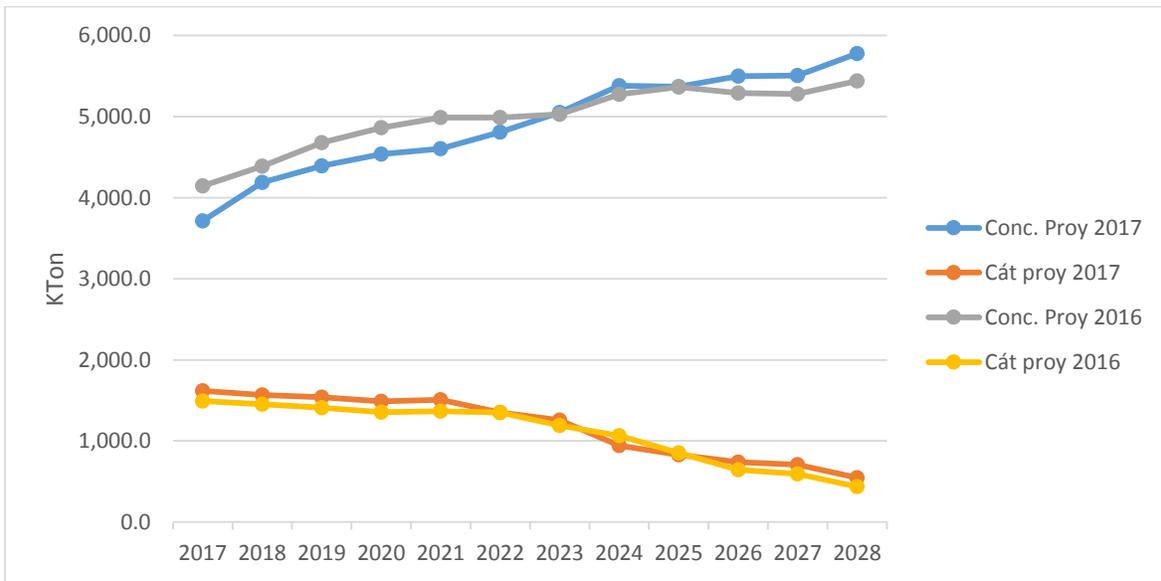
4 Análisis de los resultados

La proyección de consumo de agua en la minería de cobre en Chile es un trabajo que se lleva a cabo de manera anual, y para poder tener un proceso de mejora continua es fundamental comparar los resultados de proyecciones anteriores con proyecciones y datos reales actuales, de manera de entender las diferencias, entender porque ocurren, que variables que gobiernan estas diferencias se pueden controlar y cuáles no.



En primer lugar, se observa que existen diferencias respecto de la proyección de producción del año 2016, las cuales se deben principalmente a retraso en iniciativas, problemas operacionales y huelgas en operaciones activas, reformulación de proyectos de Codelco, ingreso de nuevos proyectos de concentrados (como la expansión de Sierra Gorda, Desembotellamiento Mantos Blancos, Optimización Collahuasi, El Abra Mill Project y proyecto Nueva Unión), y algunas continuidades operacionales (Andacollo lix. Ripios, Radomiro Tomic y Chiquicamata), y cierres de faenas hidrometalúrgicas (Cerro dominador, y otras medianas). El Figura 4-1 muestra las diferencias entre la proyección de producción del año pasado (2016) y la este año (2017) tanto para concentrados como para cátodos SxEw, junto con la diferencia porcentual en cada año.

Figura 4-1: Diferencia entre proyección de producción del 2016 y del 2017



Diferencias	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028
Concent.	-10.5%	-4.5%	-6.1%	-6.7%	-7.7%	-3.6%	0.5%	2.0%	0.1%	3.9%	4.3%	6.2%
Cáto. SxEw	8.6%	7.8%	9.3%	9.8%	10.5%	0.0%	5.6%	-11.6%	-2.6%	14.6%	19.4%	24.6%

Fuente: Cochilco, 2017

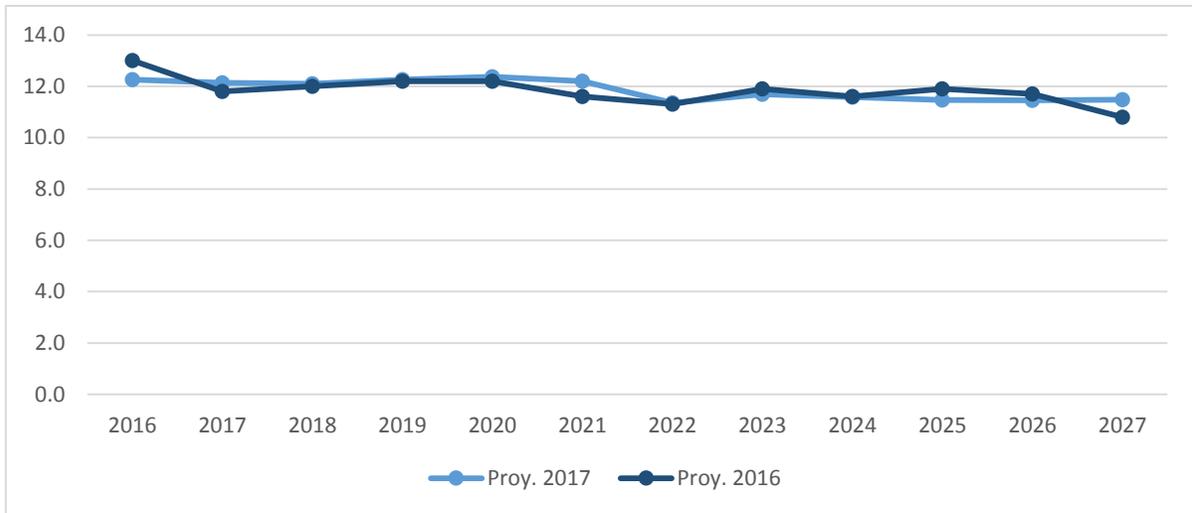
Luego, los coeficientes unitarios de cada faena para consumo de agua continental y de mar para los distintos procesos, también varía respecto de la proyección del 2016, ya que las eficiencias cambian año a año, por ejemplo del 2015 al 2016 disminuyó en un 4,6% en concentración y aumento un 30,9% en hidrometalurgia (COCHILCO 2017).

Respecto de la proyección de consumo de agua, también existen diferencias respecto de la proyección realizada el año 2016. En comparación con la proyección del año pasado, se observan diferencias tanto en el consumo de agua continental como en el consumo de agua de mar. Estas se deben tanto a las variaciones en la proyección de producción de cobre que se explicó anteriormente, como a nuevas plantas desaladoras que serán construidas y no fueron consideradas en la proyección del año pasado, y también a una diferencia en el consumo unitario de agua que se utiliza en la proyección de este año. En general, el error de la proyección de consumo de agua continental tiende



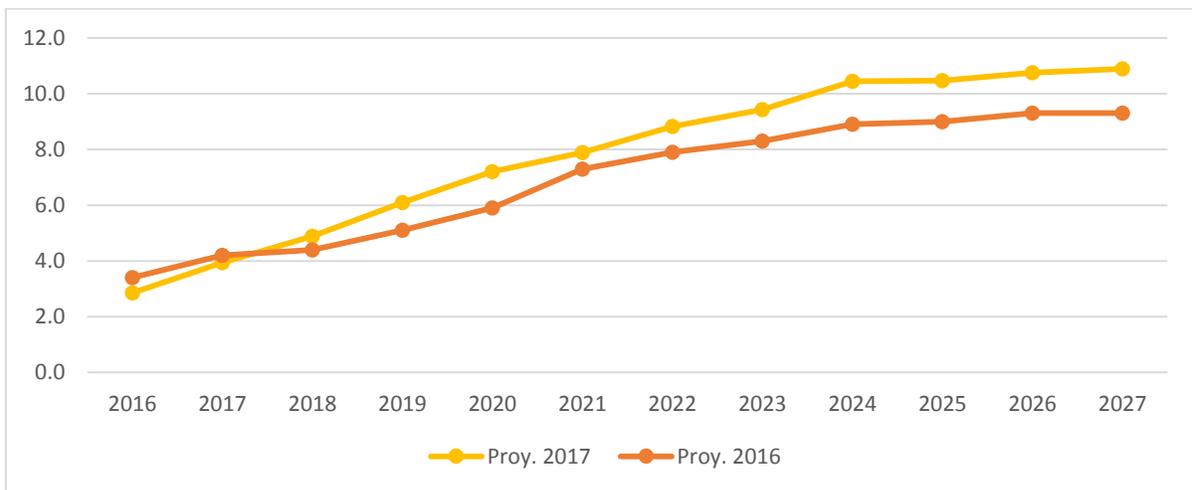
a ser menor que la proyectada el 2016, mientras que el error en el consumo de agua de mar tiende a ser mayor (2,58% vs. 14,57% de error). Ver Figura 4-2 y Figura 4-3 a continuación.

Figura 4-2: Diferencias entre proyección 2016 y 2017 agua continental



Fuente: Cochilco, 2017

Figura 4-3: Diferencias entre proyección 2016 y 2017 agua de mar



Fuente: Cochilco, 2017



5 Comentarios finales

Uno de los principales resultados de la proyección es el fuerte aumento del uso de agua de mar en los procesos mineros, sobre todo para los procesos de concentración. Al 2028 el uso de agua de mar aumentaría en un 289,9%, mientras el uso de agua continental decrece en un 6,3%. Se puede ver que la mayoría del agua de este origen se consumirá en la región de Antofagasta, la cual reducirá drásticamente su consumo de agua continental (en un 55%). Considerando que el año 2016 Antofagasta era la región que más consumía agua continental (de manera absoluta, no ponderada), esta reducción seguramente marcará una diferencia en la región, que dejaría de consumir 2,56 m³/seg.

De manera general, el proceso de concentración es el que más aumentaría su consumo de agua total (continental y de mar), y lo hace en un 74,7% en el periodo del 2016 al 2028. En el mismo período, el proceso hidrometalúrgico disminuiría su consumo de agua total en un 51,7%.

Esto último es, definitivamente, de gran ayuda para la disponibilidad de agua para otros usos (cantidad de agua), sin embargo, el uso de agua de mar no resuelve el problema de la calidad del agua para la minería, la cual, luego de ser usada queda cargada de metales, reactivos propios de la concentración, ácidos y otros químicos. Se reitera que el nivel de recirculación que tiene la minería Chilena es alto y, para evitar un aumento de problemas por calidad de agua, esta tasa de recirculación debe mantenerse o aumentar.

Si bien el uso de agua de mar aparece como una solución estratégica a la escasez hídrica existente en el país, se deben también considerar los potenciales impactos al medio ambiente marino, por lo que es necesario tener una mirada integral que siga otras fuentes de reciclaje de agua, tal como uso de aguas grises o de descarte de tratamiento de aguas servidas, además de nuevas técnicas que reduzcan ese potencial impacto.



Anexos

Anexo 1: Matriz de probabilidades

Escenario Mínimo		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
	#	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10	Año 11	Año 12	Año 13	Año 14
Potencial	1	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16
Posible	2	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61
Probable	3	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
Base	4	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84
Escenario Mas Probable		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
	#	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10	Año 11	Año 12	Año 13	Año 14
Potencial	1	0.16	0.28	0.38	0.5	0.61	0.68	0.72	0.8	0.82	0.84	0.85	0.86	0.9	0.9
Posible	2	0.61	0.68	0.72	0.8	0.82	0.84	0.85	0.86	0.88	0.9	0.9	0.91	0.91	0.92
Probable	3	0.8	0.82	0.84	0.85	0.86	0.88	0.9	0.9	0.91	0.91	0.92	0.92	0.92	0.92
Base	4	0.84	0.85	0.86	0.88	0.9	0.9	0.91	0.91	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92
Escenario Máximo		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
	#	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10	Año 11	Año 12	Año 13	Año 14
Potencial	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Posible	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Probable	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Base	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Anexo 2: Condiciones de materialización de un proyecto

Condición	Tipo proyecto	Etapas de avance	Trámite SEA	Puesta en marcha
BASE	Cualquiera	Ejecución	RCA aprobada o N/A por haber empezado su construcción previa entrada en vigencia de la Ley 19.300	En el período
PROBABLE	Cualquiera	Ejecución suspendida	RCA aprobada o en reclamación judicial	En el período
	Cualquiera	Factibilidad	RCA aprobada	En el período
	Reposición o Expansión	Factibilidad	EIA o DIA en trámite	En el período
POSIBLE	Reposición o Expansión	Factibilidad suspendida	EIA o DIA en trámite	En el período
	Reposición o Expansión	Factibilidad	EIA o DIA no presentada	En el período
	Nuevo	Factibilidad	EIA o DIA en trámite o no presentada	En el período
	Cualquiera	Factibilidad	RCA aprobada	Fuera del período
	Reposición o Expansión	Factibilidad	EIA o DIA en trámite o no presentada	Fuera del período
POTENCIAL	Cualquiera	Factibilidad suspendida	Cualquiera	Fuera del período
	Cualquiera	Prefactibilidad	Cualquiera	Cualquiera

Fuente: Cochilco, 2017

Anexo 3: Etapas de desarrollo de un proyecto

- Operación: Proyectos que se encuentran actualmente operando
- En ejecución: Cuentan con la aprobación de la inversión y de los permisos correspondientes para su desarrollo. Ya se encuentran en alguna de las fases de ingeniería de detalle y de construcción hasta el inicio de la puesta en marcha.
- En estudio de factibilidad: Aquellos que ya han iniciado los estudios de factibilidad y de evaluación ambiental (EIA o DIA) hasta que los hayan terminado, pero sin haber tomado aún la decisión final aprobatoria de la inversión.
- En estudio de prefactibilidad: Aquellos que se encuentran en la fase inicial de estudios de prefactibilidad hasta que se tome la decisión de continuar a la etapa siguiente.

Fuente: Cochilco, 2017

Anexo 4: Tabla consumo esperado por región (m3/seg)

Agua continental													
Región / año	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028
Arica y Parinacota	0.00	0.02	0.03	0.03	0.03	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Tarapacá	1.02	1.06	1.02	1.03	1.07	1.11	1.34	1.48	1.69	1.75	1.76	1.80	1.85
Antofagasta	4.65	3.89	3.75	3.76	3.86	3.79	2.77	2.81	2.62	2.46	2.31	2.23	2.10
Atacama	1.54	1.73	1.84	1.89	1.92	1.71	1.73	1.77	1.73	1.84	1.86	1.85	1.87
Coquimbo	0.82	0.91	0.90	0.94	0.96	1.01	1.16	1.22	1.28	1.27	1.24	1.24	1.25
Valparaíso	1.37	1.35	1.39	1.41	1.34	1.36	1.27	1.38	1.24	1.30	1.63	1.60	1.64
Metropolitana	0.90	1.11	1.11	1.13	1.13	1.14	1.13	1.13	1.16	1.17	1.18	1.23	1.07
O'Higgins	1.96	2.04	2.06	2.07	2.06	2.06	1.96	1.90	1.86	1.67	1.47	1.53	1.70
Agua de mar													
Región / año	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028
Arica y Parinacota	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Tarapacá	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	0.34	0.55	0.62	0.68	0.71	0.76
Antofagasta	2.38	3.46	4.32	5.47	6.26	6.81	7.27	7.32	7.96	7.83	8.09	8.14	8.28
Atacama	0.49	0.48	0.56	0.64	0.68	0.68	0.87	1.23	1.41	1.48	1.45	1.50	1.57
Coquimbo	0.00	0.00	0.00	0.00	0.27	0.40	0.49	0.52	0.53	0.54	0.54	0.55	0.56
Valparaíso	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Metropolitana	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
O'Higgins	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Fuente: Cochilco, 2017



Anexo 5: Tabla consumo esperado según tipo de proceso (m3/seg)

Agua continental													
Proceso	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028
Mina	0.54	0.54	0.54	0.54	0.56	0.56	0.55	0.54	0.56	0.54	0.53	0.52	0.52
Proceso de Concentrados	8.84	8.67	8.65	8.88	9.01	8.89	8.24	8.63	8.77	8.92	9.10	9.15	9.47
Otros	0.80	0.75	0.75	0.73	0.73	0.71	0.66	0.67	0.65	0.63	0.63	0.62	0.64
refinería	0.03	0.02	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
fundicion	0.40	0.44	0.48	0.50	0.52	0.56	0.58	0.63	0.62	0.62	0.61	0.62	0.62
LX-SX-EW	1.67	1.72	1.65	1.59	1.52	1.46	1.30	1.20	0.95	0.73	0.56	0.54	0.21
Agua de mar													
Proceso	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028
Mina	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Procesamiento de Concentrados	2.35	3.03	3.72	4.56	5.74	6.44	7.36	7.95	9.05	9.13	9.47	9.65	10.08
Otros	0.00	0.07	0.17	0.22	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24
refinería	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
fundicion	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
LX-SX-EW	0.51	0.84	1.00	1.32	1.23	1.21	1.23	1.23	1.15	1.10	1.05	1.00	0.84

Fuente: Cochilco, 2017

Anexo 6: Tabla consumo esperado según condición (m3/seg)

Agua continental													
Condición	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028
BASE	12.26	12.12	11.99	12.06	11.98	11.66	10.30	10.35	9.92	9.52	9.45	9.46	9.35
POSIBLE	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.12	0.19	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
POTENCIAL	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.08	0.37	0.54	0.78	1.08	1.17	1.18	1.29
PROBABLE	0.00	0.02	0.11	0.20	0.37	0.43	0.57	0.62	0.67	0.67	0.64	0.64	0.65
Agua de mar													
Condición	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028
BASE	2.86	3.73	4.23	5.44	5.53	5.75	5.84	5.80	6.35	6.13	6.12	5.93	5.85
POSIBLE	0.00	0.00	0.00	0.00	0.72	1.11	1.51	1.57	1.59	1.61	1.61	1.65	1.67
POTENCIAL	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.37	0.61	0.99	1.20	1.65	1.93	2.30
PROBABLE	0.00	0.21	0.66	0.66	0.96	0.98	1.11	1.45	1.51	1.52	1.38	1.39	1.34

Fuente: Cochilco, 2017



Anexo 7: Tabla consumo esperado según etapa de desarrollo (m3/seg)

Agua continental													
etapa	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028
Pre-Factibilidad	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.08	0.18	0.20	0.25	0.48	0.53	0.50	0.56
Factibilidad	0.00	0.02	0.11	0.20	0.37	0.47	0.88	1.15	1.41	1.47	1.47	1.52	1.57
En Ejecución	0.00	0.05	0.05	0.03	0.14	0.33	0.65	0.86	1.15	1.38	1.58	1.60	1.69
Operación	12.26	12.07	11.94	12.03	11.84	11.33	9.65	9.49	8.78	8.14	7.87	7.86	7.66
Agua de mar													
etapa	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028
Pre-Factibilidad	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.09	0.17	0.26	0.31	0.42	0.46	0.54
Factibilidad	0.00	0.21	0.66	0.66	1.68	2.14	2.90	3.46	3.83	4.02	4.22	4.50	4.78
En Ejecución	0.00	0.00	0.12	0.24	0.23	0.38	0.52	0.66	1.27	1.32	1.28	1.22	1.17
Operación	2.86	3.73	4.11	5.20	5.30	5.37	5.32	5.14	5.08	4.81	4.84	4.72	4.68

Fuente: Cochilco, 2017

Anexo 8: Tabla consumo esperado según estado de permisos ambientales (m3/seg)

Agua continental													
permiso amb	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028
EIA aprobado	0.60	0.53	0.62	0.65	0.76	0.96	1.40	1.66	1.99	2.30	2.51	2.52	2.62
EIA presentado	0.56	0.61	0.62	0.66	0.79	0.86	1.09	1.24	1.45	1.51	1.34	1.38	1.43
Sin EIA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.12	0.30	0.39	0.44	0.68	0.73	0.70	0.76
N/A	11.10	10.99	10.86	10.94	10.79	10.27	8.57	8.40	7.69	6.97	6.88	6.87	6.67
Agua de mar													
permiso amb	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028
EIA aprobado	1.09	1.67	2.16	2.76	3.00	3.16	3.39	3.57	4.22	4.27	4.20	4.14	4.04
EIA presentado	0.00	0.00	0.07	0.10	0.89	1.30	1.87	2.34	2.65	2.81	2.80	2.89	2.96
Sin EIA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.23	0.36	0.47	0.54	0.86	1.08	1.38
N/A	1.77	2.27	2.66	3.24	3.32	3.38	3.32	3.16	3.10	2.84	2.91	2.79	2.77

Fuente: Cochilco, 2017



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

Constanza Kutscher

Analista de Estrategias y Políticas Públicas

Jorge Cantallopis

Director de Estudios y Políticas Públicas

Diciembre / 2017

