



Proyección de la producción de cobre en Chile 2017 – 2028

DEPP 19/2017

Resumen Ejecutivo



Resumen ejecutivo

Sobre la base de los resultados obtenidos al proyectar la producción nacional de cobre proveniente de las operaciones actuales y aquellos proyectos incluidos en el informe “Actualización de la inversión en la minería chilena - Cartera de proyectos 2017 – 2026”, como también en la información referente a las operaciones actuales de cobre del país obtenido de la Encuesta Anual de Producción de cobre en la minería, es posible determinar los perfiles de producción máxima provenientes de la minería en Chile, y posteriormente, mediante una simulación de Montecarlo, determinar las proyecciones de producción esperada de cobre hacia el 2028.

Los resultados de la proyección de producción, basada en los estados de certidumbre de los proyectos mineros contemplados en la cartera de inversiones 2017, muestran un incremento en la producción esperada de cobre del 13,9% hacia el 2028 en referencia a la producción real de 2016, esto quiere decir que nuestro país alcanzaría una producción de cobre de 6.324,5 miles de toneladas al año 2028, con un primer peak en 2024 de 6.323,6 miles de toneladas, a una tasa de crecimiento con respecto a 2016 de 1,5%, y un segundo peak productivo de 6.324,5 miles de toneladas hacia el 2028, a una tasa de crecimiento con respecto a 2016 de 1,01%.

En razón del agotamiento natural de los yacimientos activos, sumado a la consiguiente natural disminución de las leyes ya consideradas en los futuros planes mineros, es que en un escenario hipotético sin proyectos de reposición o expansión de las operaciones actuales, hacia el 2028 éstas podrían reducir su producción en un 31,54%, a una tasa de decrecimiento de 2,87% con respecto a 2016, llegando a 3,8 millones de toneladas de cobre fino.

Al incluir los proyectos de reposición y expansión de operaciones actuales es posible contrarrestar en parte la disminución natural de la producción, llegando a las 4,95 millones de toneladas de cobre fino. Esta situación hace notar la necesidad de la minería cuprífera nacional de enfrentar de la mejor forma los desafíos actuales y poder materializar aquellos proyectos en categoría de nuevos, permitiendo alcanzar la producción esperada de 6,32 millones de toneladas hacia el 2028, contrarrestar el escenario de disminución de producción y obtener un aumento de más del 15% con respecto a la actual producción esperada para 2017. Cabe destacar que las operaciones actuales y sus proyectos asociados de la línea de óxidos, por su agotamiento natural, son los que afectan el desenvolvimiento productivo de las faenas en operación, producción que debería ser revertida con mayores tasa de producción de sulfuros de cobre.

La producción hidrometalúrgica pasa de una participación de 29,9% de la producción total en 2016 a 8,6% hacia 2028, disminuyendo en un 67,2% hacia el 2028 con respecto a la producción declarada en 2016, a una tasa de decrecimiento anual de un 8,21%. Esta situación es forzada por el cierre de operaciones de óxidos, donde de las actuales 33 operaciones hidrometalúrgicas activas, hacia fines de la década solo quedarán 13 operativas, 8 pertenecientes a la gran minería más las 5 operaciones de Enami. A pesar de existir unos pocos proyectos hidrometalúrgicos como El Espino óxidos (2019-2028), Diego de Almagro óxidos (2019-2029) y Sierra Gorda óxidos (2019-2030), más continuidades operacionales y reaperturas de faenas actuales, están no son capaces de contrarrestar la caída de la producción SxEw.

Por otra parte, la producción esperada de cobre fino contenida en concentrados aumentaría desde las 3.892 miles de toneladas de cobre fino en 2016 hasta las 5.779 miles de toneladas de cobre fino en concentrados en 2028, lo



que significa un aumento de un 48,5% en el periodo analizado, a una tasa de crecimiento anual de 0,31%, y un aumento en la participación relativa desde un 70,1% en 2016 a 91,4% en 2028, sin cambios sustanciales en líneas productivas de FURE. Es así como, si en los 90's la participación de los concentrados exportables alcanzaba en promedio un 32%, ya entre los años 2000-2010 llegaba a un 56% en promedio y en los últimos años esa participación se ha disparado cerca del 63% en promedio, donde las estimaciones futuras indican que llegue hasta un 73% hacia el 2028. Esto quiere decir que pasaríamos de exportar, entre los años 2006 - 2016, alrededor de 2,1 millones de toneladas cobre fino en concentrados en promedio, en torno a las 7,65 millones de toneladas métricas secas de concentrados, a alrededor de 3,4 millones de toneladas de cobre fino en concentrados en promedio para la próxima década, aproximadamente 12,5 millones de toneladas métricas secas de concentrados

Con respecto a la producción regional, Antofagasta mantendría su liderazgo en la participación de la producción de cobre a nivel nacional al año 2028, con 3.240 mil toneladas de cobre fino, un 51% de la producción nacional, frente al 53% de participación en 2016, aumentando su producción en alrededor de 310 mil toneladas de cobre fino con respecto a 2016. Sin embargo, el gran actor es la región de Atacama, que actualmente comparte el 7% de participación con la región Metropolitana, pero que hacia el 2028 desplazaría a la región de Tarapacá al ocupar el segundo lugar en la producción cuprífera nacional, con un aumento de 51% en la producción de cobre con respecto a lo alcanzado en 2016, 281 mil toneladas más de producción de cobre y alcanzando un 13% de participación en la producción nacional. El resto de regiones se mantendrá relativamente estable en sus participaciones porcentuales.



Índice



Índice

Resumen ejecutivo.....	II
Índice	V
Índice de figuras.....	VI
Índice de tablas	VI
Introducción.....	2
1. Análisis nacional de la proyección de producción esperada de cobre fino	4
1.1. Proyección nacional de cobre mina 2017 - 2028.....	4
1.1.1. Proyección nacional de producción de cobre fino según condición.	5
1.1.2. Proyección nacional de producción de cobre fino según producto.	7
1.1.3. Proyección nacional de producción de cobre fino según tipo de proyecto.	11
2. Análisis regional de la proyección de producción esperada de cobre fino	15
2.1. Proyección nacional de cobre mina 2017 - 2028.....	15
2.2. Variación esperada de producción de cobre fino en las regiones de Antofagasta y Atacama.....	16
2.2.1. Proyección nacional de producción de cobre fino según condición.	17
a. Producción de cobre fino según condición en: Antofagasta.....	17
b. Producción de cobre fino según condición en: Atacama.	18
2.3. Proyección nacional de producción de cobre fino según producto.....	19
2.3.1. Producción de cobre fino según producto: Antofagasta.	19
2.3.2. Producción de cobre fino según producto: Atacama.....	20
3. Comentarios finales	23
Anexo 1: Metodología de proyección de producción esperada	27
3.1. Escenarios de producción.....	27
3.1.1. Cálculo de la variable de producción máxima de cobre fino: Zijkt.....	28
3.1.2. Cálculo de la variable de producción más probable de cobre fino: Yijkt	29
3.1.3. Cálculo de la variable de producción mínima de cobre fino: Xijkt	32
Anexo 2: Proyección de producción a nivel nacional al año 2028.....	33
Anexo 3: Unidades de medida y abreviaciones	36



Índice de figuras

Figura 1: Producción de cobre mina 2016 y proyección periodo 2017 – 2028, a nivel nacional.	5
Figura 2: Producción de cobre 2016 y proyección esperada 2017 – 2028, según condición.....	7
Figura 3: Producción de cobre 2016 y proyección esperada 2017 – 2028, según producto	8
Figura 4: Producción de concentrados refinados y sin refinar, histórico y esperada	10
Figura 5: Producción de Cu fino en concentrados vs procesamiento de minerales sulfurados, 2016 – 2028	11
Figura 6: Producción de cobre 2016 y proyección esperada 2017 – 2028, según tipo de proyecto.....	12
Figura 7: Producción regional de cobre 2016 y proyección de producción esperada 2017 – 2028.....	15
Figura 8: Índice de variación anual de producción por región en el periodo 2016 - 2028, año base 2016.....	16
Figura 9: Proyección de producción según condición y su participación en la región de Antofagasta	17
Figura 10: Proyección de producción según condición y su participación en la región de Atacama.	18
Figura 11: Proyección de producción según producto y su participación en la región de Antofagasta.....	20
Figura 12: Proyección de producción según producto y su participación en la región de Atacama.	21

Índice de tablas

Tabla 1: Ponderadores determinísticos de producción futura máxima	29
Tabla 2: Ponderadores determinísticos de producción futura más probable	30
Tabla 3: Ponderadores determinísticos de producción futura mínima	32
Tabla 4: Proyección esperada, cap. máxima y mínima de producción, 2017 – 2028.....	33
Tabla 5: Proyección máxima de producción de cobre a nivel nacional según condición, 2017 – 2028.	33
Tabla 6: Proyección esperada de producción de cobre a nivel nacional según condición, 2016 – 2027.	33
Tabla 7: Proyección esperada de producción de cobre a nivel nacional según área productiva, 2017 – 2028.	34
Tabla 8: Proyección esperada de prod. de cobre a nivel nacional según producto exportable, 2017 – 2028	34
Tabla 9: Proyección esperada de prod. de cobre a nivel nacional según tipo de proyecto, 2017 – 2028.	34
Tabla 10: Proyección esperada de producción de cobre a nivel regional según área productiva, 2017 – 2028.....	35



Introducción



Introducción

Este trabajo corresponde a una continuación del informe realizado en 2015, que viene a mostrar de forma más completa las proyecciones de producción que realiza cada año Cochilco. La metodología utilizada en este trabajo considera a la producción de cobre futuro como la suma de una serie de variables que inciden directamente en ella, siendo una de las más determinantes la concreción de los proyectos de inversión identificados en la cartera de inversiones de la gran minería, ya que determinan la capacidad instalada de procesamiento de mineral y en consecuencia la producción de cobre a nivel nacional.

El objetivo del presente documento es proyectar la producción de cobre mina de Chile en el periodo 2017 – 2028. Esta proyección se basa en una simulación de Montecarlo utilizando los datos de la última cartera de inversiones registrada, en donde se identifica la capacidad máxima de producción de cobre mina para los próximos 12 años. En este caso se utiliza la cartera de inversiones publicada por Cochilco en el documento *Inversión en la minería chilena - Cartera de proyectos 2017 -2026 (Cifuentes, 2017)*, junto con la metodología utilizada para efectuar la proyección de producción de cobre.

En los siguientes puntos del documento se presenta la proyección de cobre a nivel nacional. En este sentido, la información de proyección se entrega según condición, según producto final y según tipo¹. Adicionalmente se realiza un análisis regional en aquellas regiones donde la variación de producción es significativa.

¹ Para mayor información respecto de esta categorización se ruega revisar el documento *Inversión en la minería chilena - Cartera de proyectos 2017 -2026 (Cifuentes, 2017)*.



Capítulo 1:

Análisis nacional de la proyección de producción esperada de cobre fino



1. Análisis nacional de la proyección de producción esperada de cobre fino

El análisis a realizar a continuación, bajo la base de los resultados obtenidos al proyectar la producción nacional de cobre proveniente de las operaciones actuales y aquellos proyectos incluidos en la cartera de inversiones mineras para el periodo 2017 – 2026, se enfocará primero en comparar la proyección de producción de cobre esperada a nivel nacional para el periodo 2017 – 2028, en comparación con los niveles máximos y mínimos que se consideran posibles en este periodo. Luego se muestra la proyección de producción categorizada según *condición, tipo de proyecto y producto*.

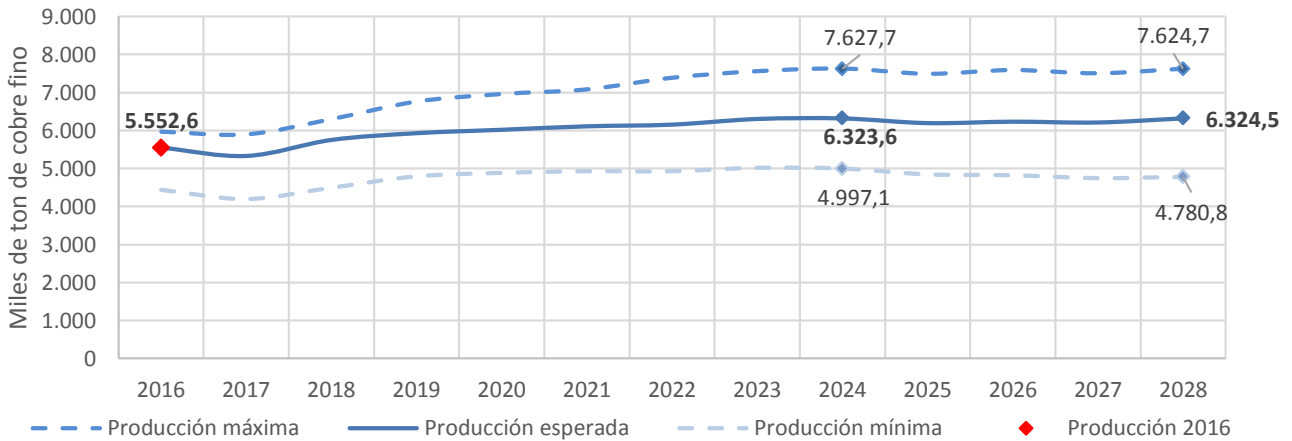
1.1. Proyección nacional de cobre mina 2017 - 2028

Los resultados de la proyección de producción, basada en los estados de certidumbre de los proyectos mineros contemplados en la cartera de inversiones 2017, muestran un incremento en la producción esperada de cobre del 13,9% hacia el 2028 en referencia a la producción real de 2016, esto quiere decir que nuestro país alcanzaría una producción de cobre de 6.324,5 miles de toneladas al año 2028, con un primer *peak* en 2024 de 6.323,6 miles de toneladas, a una tasa de crecimiento con respecto a 2016 de 1,5%, y un segundo *peak* productivo de 6.324,5 miles de toneladas hacia el 2028, a una tasa de crecimiento con respecto a 2016 de 1,01% (figura 1).

Por otra parte, la producción máxima posible de cobre de acuerdo a la producción proveniente del catastro de inversiones de 2017, sin aplicar condicionalidad de las iniciativas y sobre la base que todos los proyectos mineros considerados en la cartera de inversiones son ejecutados en los plazos indicados públicamente por las empresas mineras, sin retrasos. Bajo esta premisa, la producción de cobre chilena alcanzaría un máximo de 7.624,7 miles de toneladas de cobre fino en 2028, un 37,3% más de lo alcanzado en 2016, con una tasa de crecimiento anual de 1,9% con respecto al mismo año base.

Por otro lado, la producción mínima esperada corresponde a la producción de los proyectos considerados en la cartera, donde a sus perfiles de producción se les aplican los ponderadores determinísticos mínimos. En este sentido, se estima que la producción de cobre disminuya en un 13,9% al año 2028, llegando a las 4.780,8 miles de toneladas de cobre fino.



Figura 1: Producción de cobre mina 2016 y proyección periodo 2017 – 2028, a nivel nacional.

Fuente: Cochilco, 2017.

La inversión catastrada en el informe “Inversión en la minería chilena – Cartera de proyectos 2017-2026” se analiza en quinquenios, por lo mismo la producción asociada a esa cartera será analizada de la misma forma:

- **Quinquenio 2017 – 2021:** donde la tasa de crecimiento de la producción es de un 2,78% anual y la producción esperada alcanza, al cerrar el quinquenio, las 6.115,1 miles de toneladas de cobre mina al año, un aumento de 14,69% con respecto a 2017.
- **Quinquenio 2022 – 2026:** en este periodo la tasa de crecimiento anual es inferior al quinquenio anterior, 0,251%, alcanzando las 6.237,5 miles de toneladas hacia el 2022, un crecimiento de 1,26% con respecto a la producción esperada para 2022 (6.159,8 miles de toneladas).
- **2027 – 2028:** Es aquí donde la producción hidrometalúrgica llega a su mínimo, sin embargo el fuerte aumento de la producción de concentrados hace que la producción nacional crezca a una tasa de 0,87% alcanzando las 6.324,5 mil toneladas de cobre fino hacia el 2028, un 1,74% más de lo esperado para 2027 (6.216,5 mil toneladas).

La diferenciación clara de estas tres etapas se observaran al revisar las proyecciones según condición, producto y tipo de proyecto.

1.1.1. Proyección nacional de producción de cobre fino según condición.

La condicionalidad de los proyectos se asocia a diversas variables que, al relacionarlas entre sí, permiten dar una estimación de la probabilidad de materializarse dentro de los plazos establecidos por los propietarios del proyecto. COCHILCO, con el fin de hacer interactuar estas variables, generó cuatro condiciones: base, probable, posible y potencial², que es posible analizarlas en lo que respecta a producción de los proyectos considerados en la cartera inversional de Chile. Para efectos prácticos de análisis, se agruparan a su vez en proyectos con mayor o

² Informe *Inversión en la minería chilena - Cartera de proyectos 2017 -2026* (Cifuentes, 2017).



menor probabilidad de materializarse, esto quiere decir proyectos base-probable y posible-potencial, respectivamente.

Aquellos proyectos y operaciones pertenecientes a la condición *base* disminuyan su producción de cobre fino a una tasa de 1,39%, para llegar a 4,628 millones de toneladas en 2028, un 16,65% menos de producción con respecto a 2016. Asimismo, se espera que este grupo alcance un máximo productivo en 2019 de 5,67 millones de toneladas y un mínimo en 2027 de 4,598 millones de toneladas. Al incluir en este perfil aquellas iniciativas en condición *probable*, el decrecimiento de la producción sería mucho menor al caso anterior, a una tasa de 0,23% específicamente, para alcanzar una producción hacia el 2028 de 5,388 millones de toneladas, un 2,96% menos que lo alcanzado en 2016.

Una revisión por periodos de los proyectos con mayor probabilidad de materializarse sería de la siguiente forma:

- **Quinquenio 2017 – 2021:** se estima un leve crecimiento de la producción *base* a una tasa de 0,4%, llegando a las 5.424 miles de toneladas hacia el 2021, un aumento de 1,99% con respecto a lo estimado para 2017 (5.318 mil toneladas). Al añadir la producción de los proyectos *probables*, la producción crece a una tasa más alta, de 2,22%, alcanzando las 5.951 miles de toneladas hacia el 2021, un aumento de 11,61% con respecto a 2017 (5.332 mil toneladas).
- **Quinquenio 2022 – 2026:** En este periodo se espera que la producción *base + probable* disminuya a una tasa de 1,16% alcanzando las 5.460 miles de toneladas hacia el 2026, un 5,69% menos de producción con respecto al 2022 (5.790 mil toneladas).
- **2027 – 2028:** Se observa una tasa de crecimiento productivo de 0,12%, donde los proyectos base-probable alcanzarían una producción de 5.388 mil toneladas hacia el 2028, 0,23% más de lo esperado para 2027 (5.376 mil toneladas).

Al seguir analizando las otras condiciones de los proyectos y añadiendo a los perfiles de producción *base + probable* analizados recientemente aquellas iniciativas en condición *posible*, permitiría cambiar la tendencia decreciente de la producción de 2,96% vista anteriormente a un crecimiento de 2,94% con respecto a 2016, alcanzado hacia 2028 una producción de 5.716 mil toneladas, a una tasa de crecimiento anual de 0,22% en el periodo 2016-2028. Ahora bien, si añadimos aquellas iniciativas en condición *potencial*, el escenario de crecimiento es aún mayor, donde la producción hacia el 2028 podría crecer en un 13,9% con respecto a 2016, alcanzando las 6.325 mil toneladas, un crecimiento productivo anual de 1,01%, donde la producción mínima se alcanzaría durante el presente año (5.332 mil toneladas).

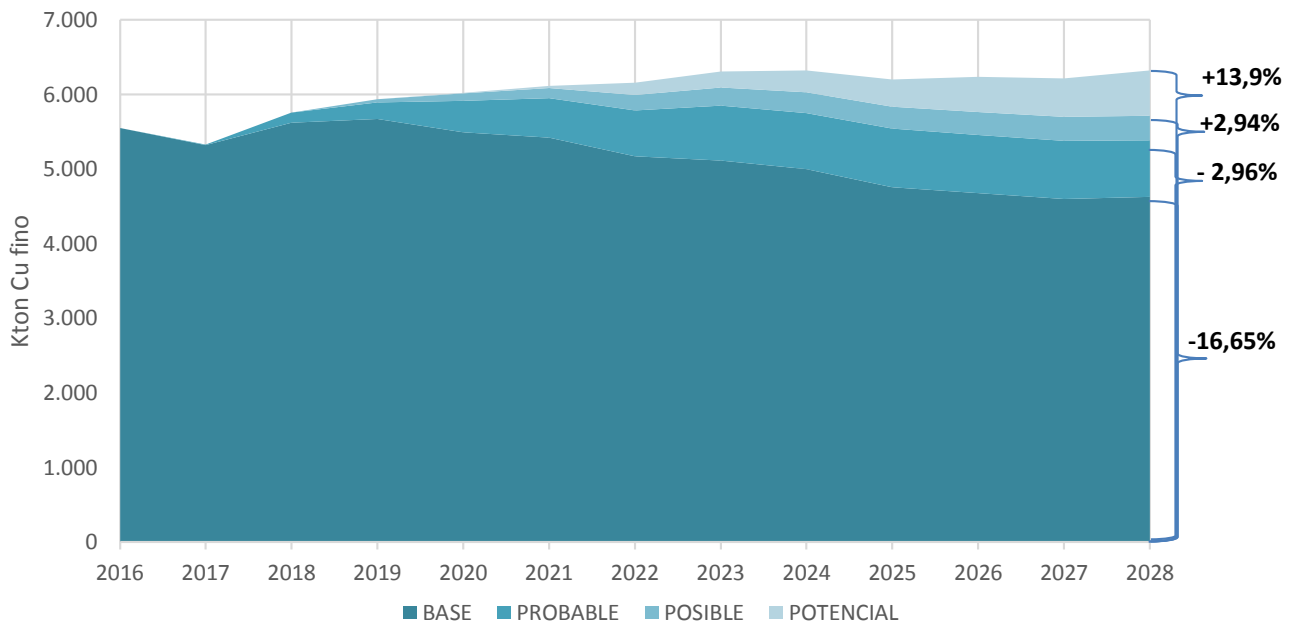
Con estos datos recopilados es posible analizar el comportamiento de los aportes productivos de aquellas iniciativas con menor probabilidad de materializarse en los plazos indicados por sus propietarios, es decir aquellas en condición *posible + potencial*, de acuerdo a quinquenios:

- **Quinquenio 2017 – 2021:** El perfil de producción *base + probable*, al añadir aquellas iniciativas en condición *posible + potencial*, alcanzaría las 6.115 mil toneladas, un crecimiento de 14,69% a una tasa anual de 2,78% con respecto a la producción esperada en 2017 (5.332 mil toneladas). Este periodo es el de crecimiento más marcado de los tres a analizar.



- **Quinquenio 2022 – 2026:** En este quinquenio el crecimiento de la producción es inferior al quinquenio anterior, ya que al añadir los proyectos en condición *posible + potencial* se espera un incremento en la producción a una tasa de 0,25% hasta llegar a las 6.238 mil toneladas, 1,26% más de lo alcanzable en 2022 (6.160 mil toneladas).
- **2027 – 2028:** El crecimiento productivo en estos años es mayor que en el quinquenio 2022-2026, pero mucho menor que en el primer quinquenio analizado. Se espera que la producción nacional alcance hacia el 2028 las 6.325 mil toneladas de cobre fino, un 1,74% más que lo esperado para 2027 (6.217 mil toneladas), a una tasa de crecimiento de 0,87%.

Figura 2: Producción de cobre 2016 y proyección esperada 2017 – 2028, según condición.



Fuente: Cochilco, 2017.

1.1.2. Proyección nacional de producción de cobre fino según producto.

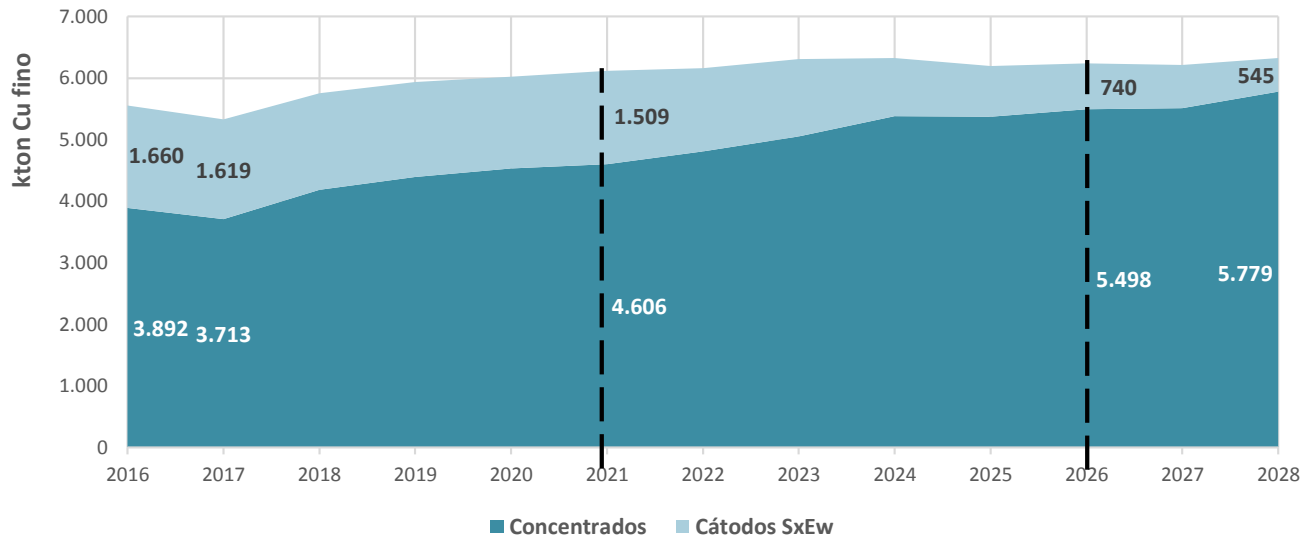
La proyección 2017 ratifica el fuerte cambio en la estructura de producto final de la minería del cobre, tal cual como se viene observando hace algunos años, donde la producción hidrometalúrgica pasa de una participación de 29,9% de la producción total en 2016 a 8,6% hacia 2028, mientras que la producción de concentrados pasa de una participación del 70,1% al 91,4% en el mismo periodo, sin cambios sustanciales en líneas productivas de FURE.

El agotamiento de recursos lixiviables, sumado al cierre de operaciones hidrometalúrgicas en la próxima década y la inexistencia de nuevos proyectos en esta línea productiva, afectarán fuertemente la producción esperada de cátodos SxEw. Es así como, de las actuales 33 operaciones hidrometalúrgicas activas, hacia fines de la década solo quedarán 13 operativas, 8 pertenecientes a la gran minería más las 5 operaciones de Enami. A pesar de existir unos pocos proyectos hidrometalúrgicos como El Espino óxidos (2019-2028), Diego de Almagro óxidos (2019-



2029) y Sierra Gorda óxidos (2019-2030), más continuidades operacionales y reaperturas de faenas actuales, están no son capaces de contrarrestar la caída de la producción SxEw.

Figura 3: Producción de cobre 2016 y proyección esperada 2017 – 2028, según producto



Fuente: Cochilco, 2017.

Como se observa en la gráfica anterior, la producción esperada de cobre fino en cátodos SxEw disminuiría en un 67,2% hacia el 2028 con respecto a la producción declarada en 2016, a una tasa de decrecimiento anual de un 8,21%.

Por otra parte, la producción esperada de cobre fino contenida en concentrados aumentaría desde las 3.892 miles de toneladas de cobre fino en 2016 hasta las 5.779 miles de toneladas de cobre fino en concentrados en 2028, lo que significa un aumento de un 48,5% en el periodo analizado, a una tasa de crecimiento anual de 0,31% (figura 3).

Al revisar la evolución quinquenal de la producción por tipo de producto, se observa que:

- **Quinquenio 2017 – 2021:** Producción de concentrados crece 24,06% desde las 3.712,7 mil toneladas esperadas para 2017 hasta las 4.606 mil toneladas esperadas para 2021, a una tasa anual de 4,41%. Por otra parte, la producción de cátodos SxEw cae un 6,8% desde las 1.619,3 mil toneladas esperadas en 2017 a 1.509,1 mil toneladas esperadas en 2021, a una tasa de decrecimiento anual de 1,4% y pasando de un 30% de participación en la producción nacional a solo un 25%.
- **Quinquenio 2022 – 2026:** En este quinquenio es más leve el crecimiento de la producción de concentrados, aumentando un 14,3% hacia el 2026 con respecto a lo esperado para 2022 (4.810 mil toneladas), una tasa de crecimiento de 2,71% anual. Sin embargo la participación de la producción de concentrados pasa de un 78% estimado para 2022 a un 88% hacia el 2026, responsabilidad directa de la



fuerte caída de la producción de cátodos SxEw que se registra en este periodo, un 45,2% menos que lo esperado para 2022 (1.349,8 mil toneladas) a una tasa de decrecimiento de 11,3% anual.

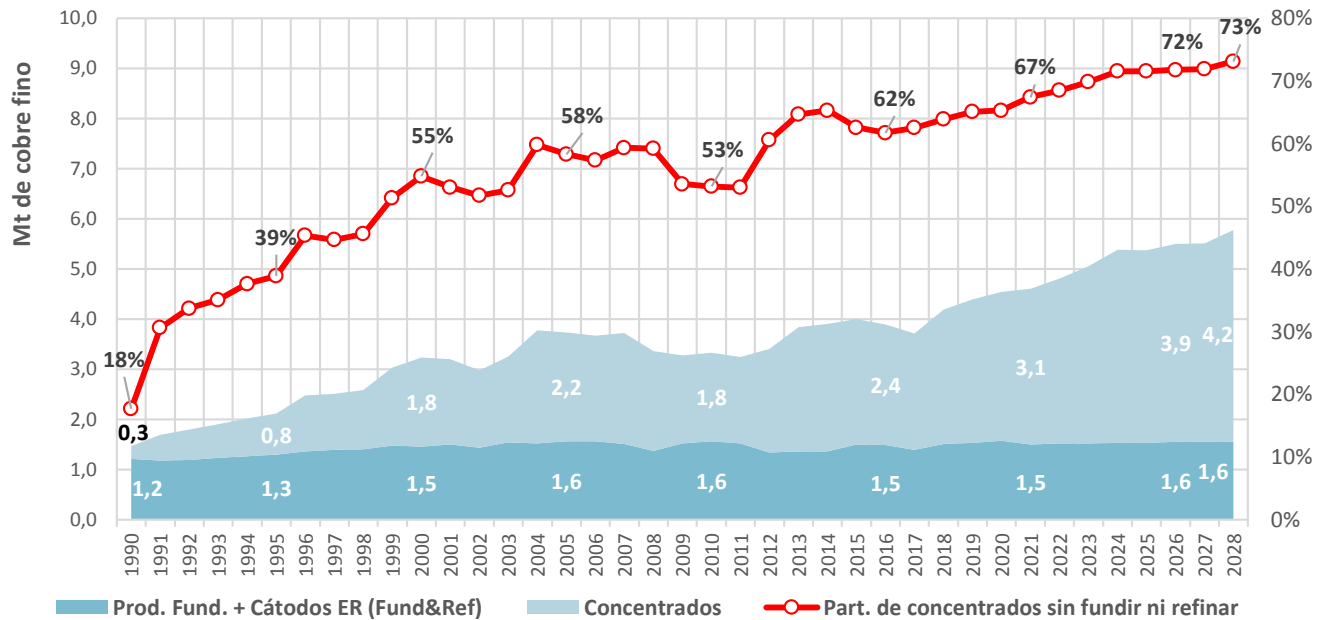
- **2027 – 2028:** En este periodo aumenta la participación de la producción de concentrados en el país hasta el 91% hacia 2028, donde la producción de cátodos muestra una caída de 23% durante estos dos años, llegando a 545,5 mil toneladas en 2028. Por otra parte la producción de concentrados estabiliza su crecimiento a una tasa más moderada, 2,43% anual, para alcanzar las 5.779 mil toneladas de cobre fino hacia fines de este periodo.

Este escenario futuro de producción refleja la existencia de una capacidad instalada de producción de cátodos SxEw que quedará “latente” o paralizada de alrededor de 1.660 mil toneladas. Con respecto a la producción de concentrados, existen dos temas importantes a revisar, el primero es con respecto a la creciente producción de concentrados versus una producción de ánodos y cátodos ER sin crecimiento previsto para la próxima década, y en segunda instancia, un aumento significativo de los niveles de procesamiento de mineral en plantas concentradoras, que se traduce a su vez en temas de mantención, consumo de bolas y aumento de producción de relaves.

Para la primera situación, la figura 4 muestra cómo ha aumentado la producción de concentrados sin refinar en nuestro país en décadas pasadas. Si en los 90’s la participación de este producto exportable alcanzaba en promedio un 32%, ya entre los años 2000-2010 alcanzaba un 56% en promedio. En los últimos años esa participación se ha disparado cerca del 63% en promedio y las estimaciones futuras indican que llegue hasta un 73% hacia el 2028, esto quiere decir que pasaríamos de exportar alrededor de 2,1 millones de toneladas cobre fino en concentrados, en torno a las 7,65 millones de toneladas métricas secas de concentrados, entre los años 2006 - 2016, a alrededor de 3,4 millones de toneladas de cobre fino en concentrados en promedio para la próxima década, aproximadamente 12,5 millones de toneladas métricas secas de concentrados.



Figura 4: Producción de concentrados refinados y sin refinar, histórico y esperada

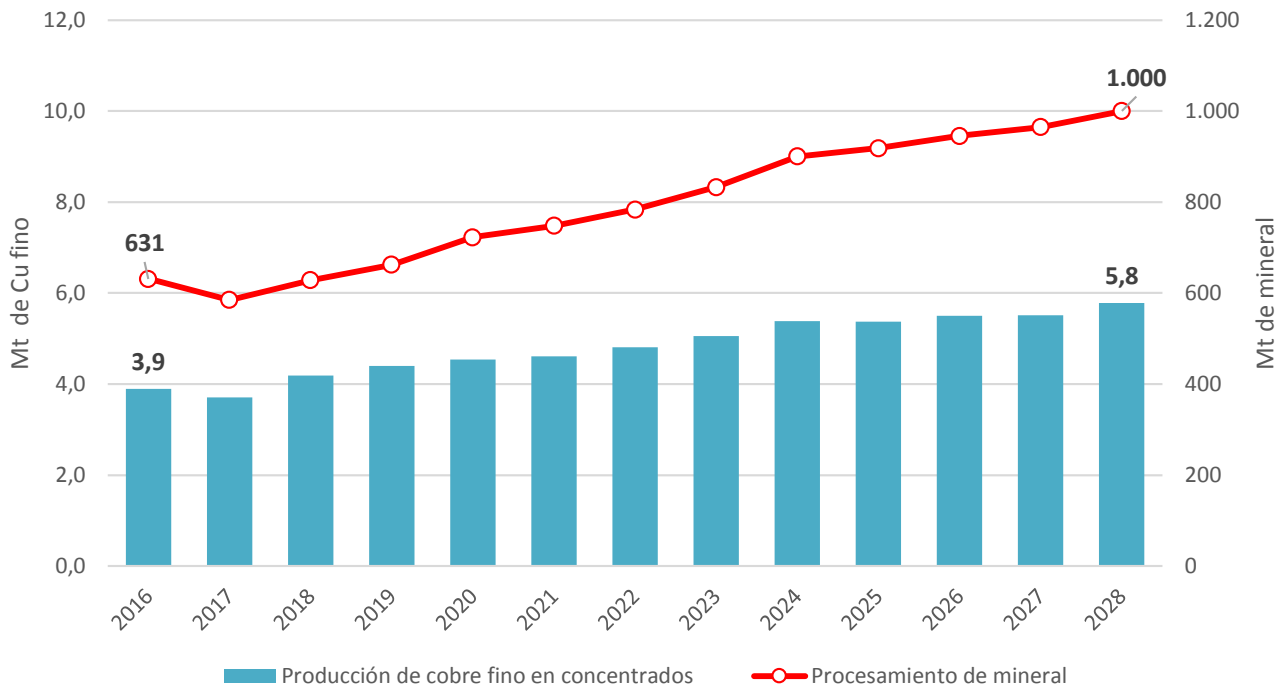


Fuente: Cochilco, 2017.

Con respecto al segundo punto, el aumento de mineral procesado en plantas concentradoras, se observa que si esta producción aumenta en un 48,5% entre 2016 y 2028, en el mismo periodo el procesamiento de mineral asociado a este tipo de producción aumenta en un 58,4% a una tasa de crecimiento anual del 3,6%, esto quiere decir que el mineral tratado en plantas concentradoras pasa de un total de 631 millones de toneladas en 2016 a 1.000 millones de toneladas hacia el 2028 (figura 5).



Figura 5: Producción de Cu fino en concentrados vs procesamiento de minerales sulfurados, 2016 – 2028



Fuente: Cochilco, 2017.

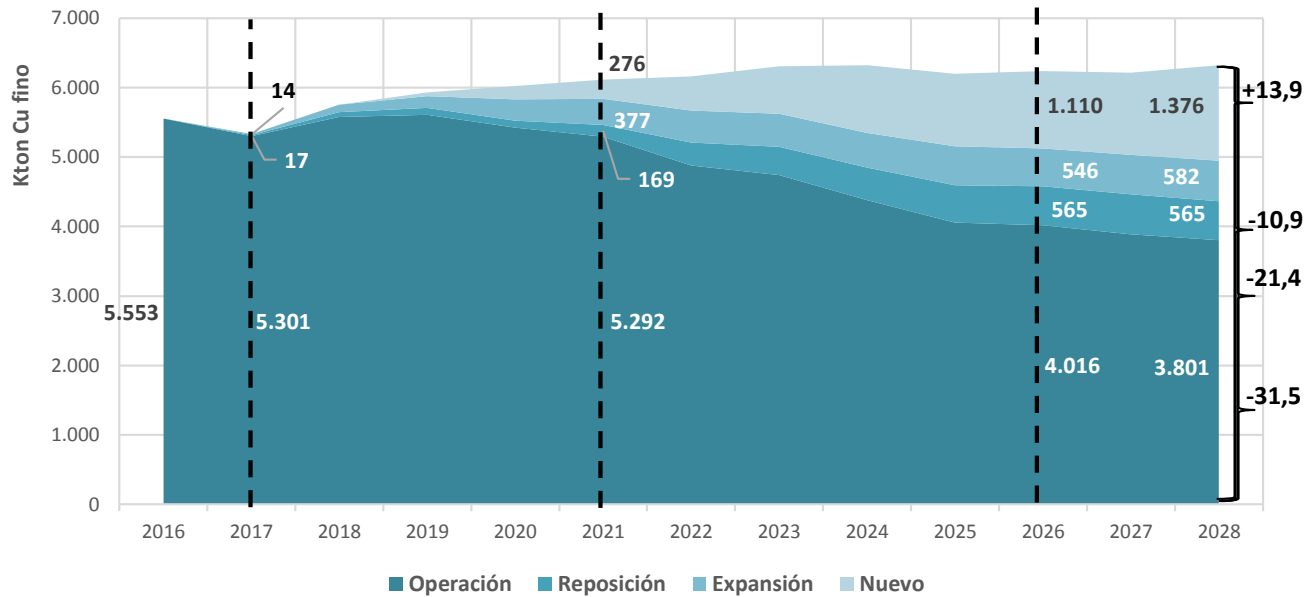
1.1.3. Proyección nacional de producción de cobre fino según tipo de proyecto.

Es posible categorizar la proyección de producción futura según el tipo de proyecto, esto quiere decir si es una *operación* activa, una *reposición* de operación actual, una *expansión* o un proyecto *nuevo* a materializarse dentro del próximo decenio. Bajo esta categorización, se observa que hacia el 2028 las operaciones actuales disminuyen su producción en un 31,54%, a una tasa de decrecimiento de 2,87% con respecto a 2016, llegando a 3,8 millones de toneladas de cobre fino.

Al incluir los proyectos de reposición de operaciones actuales, esta caída es de un 21,4%, a una tasa de decrecimiento de 1,83%, por lo cual la producción nacional alcanzaría las 4,37 millones de toneladas de cobre fino, decrecimiento que ni siquiera añadiendo aquellos proyectos de expansión considerados en la cartera, se puede contrarrestar, donde la caída productiva sería de 10,88% a una tasa de decrecimiento de 0,88%, llegando a las 4,95 millones de toneladas de cobre fino. Sólo la inclusión de aquellos proyectos en categoría de nuevos permitiría al país alcanzar la esperada producción de 6,32 millones de toneladas hacia el 2028 y contrarrestar definitivamente la caída de las operaciones actuales. Cabe destacar que las operaciones actuales y sus proyectos asociados de la línea de óxidos son los que más perjudican el desenvolvimiento de las faenas en operación.



Figura 6: Producción de cobre 2016 y proyección esperada 2017 – 2028, según tipo de proyecto.



Fuente: Cochilco, 2017.

Un análisis quinquenal del aporte de este tipo de proyectos a la producción de cobre nacional, sería de la siguiente forma:

- **Quinquenio 2017 – 2021:** De una producción esperada para 2017 de 5.301 mil toneladas de cobre fino proveniente de las operaciones actuales, se observa una caída de 0,17% hacia el 2021. Sin embargo, al incluir aquellos proyectos de reposición y expansión, estos permiten aumentar la producción de cobre en un 9,51% hasta alcanzar las 5.838 mil toneladas. Si en el perfil añadimos aquellos proyectos nuevos, el crecimiento en este quinquenio sería de un 14,7% hasta alcanzar las 6.115 mil toneladas.
- **Quinquenio 2022 – 2026:** En este quinquenio el crecimiento es menor, con una marcada disminución en la producción de las operaciones actuales, 17,71% menos que lo esperado para 2022 (de 4.879 mil toneladas a 4.016 mil toneladas). La inclusión de los proyectos de reposición y expansión no cambia la caída esperada de la producción, solo la hacen menos marcada, 9,51% menos que la producción esperada de operaciones actuales y proyectos de expansión y reposición en 2022 (de 5.670 mil toneladas a 5.127 mil toneladas en 2026). Incluir los proyectos nuevos en el perfil hace aumentar la producción esperada para 2022 a 6.160 mil toneladas y lograr un leve aumento hacia 2026 de 1,26% para alcanzar las 6.238 mil toneladas.
- **2027 – 2028:** Este corto periodo muestra una caída en la producción de las operaciones actuales más reducida hacia 2028, -2,23% con respecto a 2027. Sin incluimos los proyectos de expansión y reposición, no cambia mucho la caída esperada (-1,64% con respecto a 2027). Por otra parte la inclusión de los



proyectos nuevos hace crecer de formas más marcada que en el quinquenio anterior la producción, un 1,74% entre 2027 y 2028, con lo cual se alcanzaría el aumento esperado de la producción nacional.



Capítulo 2:

Análisis regional de la proyección de producción esperada de cobre fino

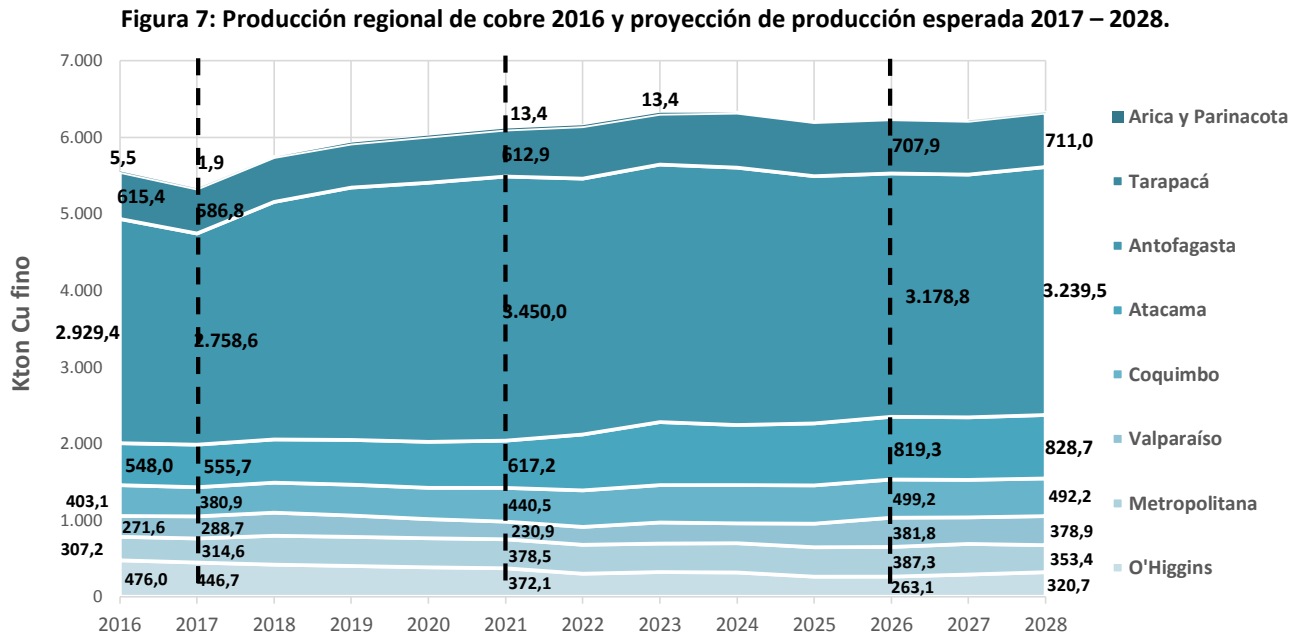


2. Análisis regional de la proyección de producción esperada de cobre fino

A continuación se analizarán los principales resultados de la proyección de producción de cobre para el periodo 2017 – 2028, pero en una perspectiva regional. En primer lugar, se revisarán las variaciones de producción de todas las regiones mineras con producción de cobre el año 2016, para luego realizar un análisis específico para las regiones de Antofagasta y Atacama, las regiones más importantes en la producción nacional hacia 2028.

2.1. Proyección nacional de cobre mina 2017 - 2028

La proyección de producción esperada regionalizada no dista mucho de las tendencias observadas en el informe 2016, donde la región de Antofagasta mantiene su liderazgo como región minera y Atacama se destaca como la región con mayor crecimiento productivo hacia el 2028. La figura 7 se muestra la proyección de producción esperada para la minería chilena por región, actualizada al 2017, con la producción real del año 2016 y la proyección para el periodo 2017 – 2028.



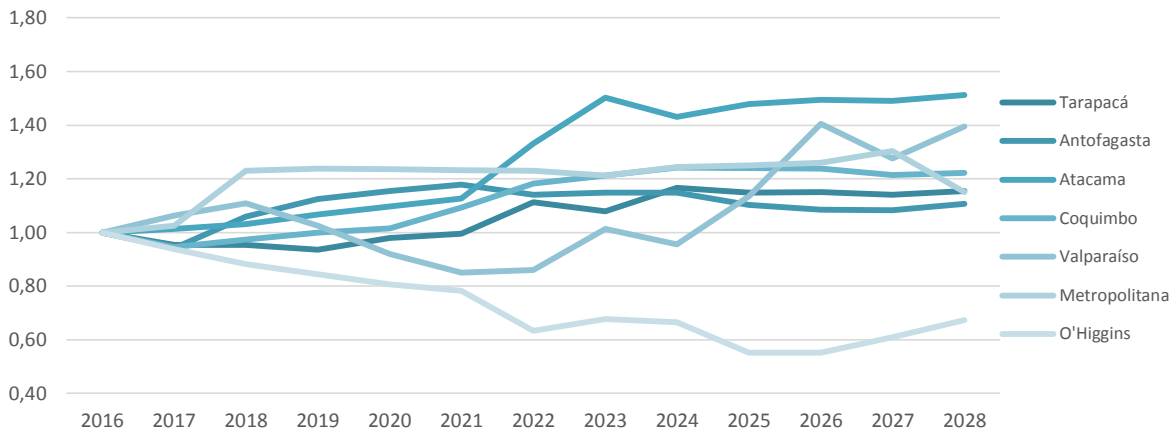
Fuente: Cochilco, 2017.

La región de Antofagasta mantendría su liderazgo en la participación de la producción de cobre a nivel nacional al año 2028, con 3.240 mil toneladas de cobre fino, un 51% de la producción nacional, frente al 53% de participación en 2016, aumentando su producción en alrededor de 310 mil toneladas de cobre fino con respecto a 2016. Tarapacá, que actualmente es la segunda región más importante en producción cuprífera con un 11% de participación, se mantiene estable en participación pero aumenta su producción en un 15%, alrededor de 96 mil toneladas de cobre fino.



Coquimbo, por otro lado, que actualmente es la tercera región más importante del país con un 9% de participación en la producción de cobre, aumentaría su producción en 89 mil toneladas hacia 2028, un crecimiento de 22% con respecto al 2016, pero perdería su posición relativa en la producción nacional en un 1%. El gran actor es la región de Atacama, que actualmente comparte el 7% de participación con la región Metropolitana, pero que hacia el 2028 desplazaría a la región de Tarapacá al ocupar el segundo lugar en la producción cuprífera nacional, con un aumento de 51% en la producción de cobre con respecto a lo alcanzado en 2016, 281 mil toneladas más de producción de cobre y alcanzando un 13% de participación en la producción nacional (figura 8).

Figura 8: Índice de variación anual de producción por región en el periodo 2016 - 2028, año base 2016.



Fuente: Cochilco, 2017.

Por otra parte, se observa que la región de Arica y Parinacota dejaría de producir cobre hacia el 2023 y la región de O'Higgins podría perder su posición relativa en la producción nacional al caer 3 puntos porcentuales y disminuir su producción en alrededor de 155 mil toneladas hacia el 2028. El resto de regiones se mantiene estable en sus posiciones relativas.

Debido a que Antofagasta mantendrá su importancia en la producción nacional y que Atacama es la que espera un mayor crecimiento productivo, saltando a la segunda posición de importancia relativa en la producción nacional, es que a continuación se realiza un análisis enfocado en ambas regiones del país.

2.2. Variación esperada de producción de cobre fino en las regiones de Antofagasta y Atacama.

Este subcapítulo está enfocado en revisar con más detención la proyección de producción esperada para el periodo 2017 – 2028, según condición y según producto en las regiones de Antofagasta y Atacama, y compararla con la producción real de cobre fino durante 2016. El criterio de selección fue indicado anteriormente.



2.2.1. Proyección nacional de producción de cobre fino según condición.

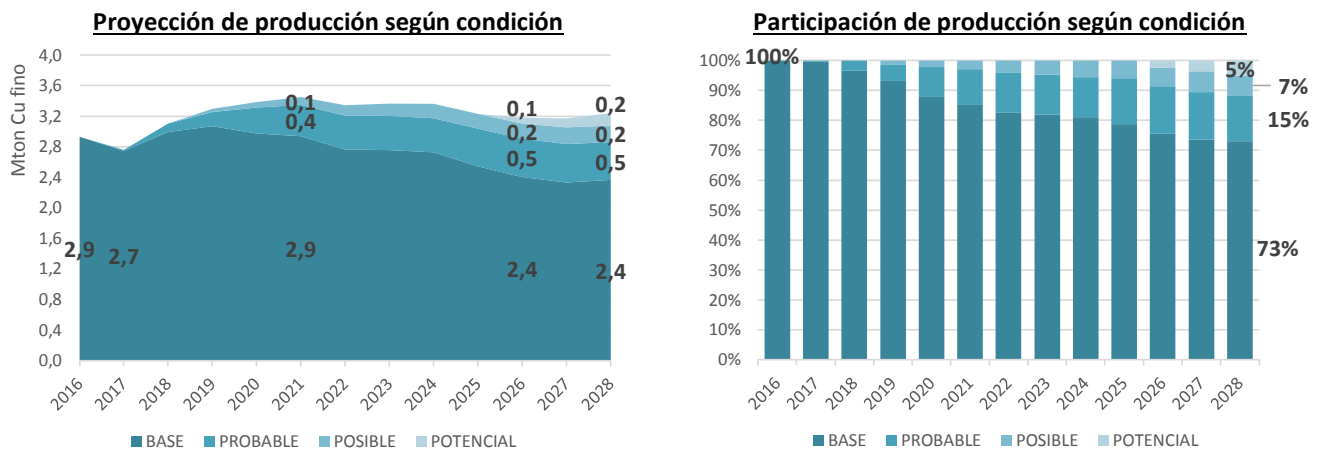
a. Producción de cobre fino según condición en: Antofagasta.

La región de Antofagasta es la principal productora de cobre del país, con 2.929 mil toneladas de cobre fino en 2016, con una producción esperada para 2017 de 2.745 mil toneladas de cobre fino, debido particularmente a la huelga de Escondida de principios de año, mientras que en largo plazo, específicamente en 2028, se espera un aumento en su producción de alrededor de 11% con respecto a lo producido en 2016. Este crecimiento sin embargo no influye positivamente en la participación relativa de la región en la producción nacional, ya que esta cae de un 53% en 2016 a un 51% en 2028.

En la figura 9 se observa una reducción paulatina de la producción *base*, a partir de 2019, obviamente luego de la fuerte caída presupuesta para 2017, donde en 2028 caería un 19,2% con respecto a 2016, alrededor de 564 mil toneladas menos de producción de cobre. Esta caída no es posible apaciguarla al incluir las iniciativas en condición *probable*, si no que necesita de aquellas con menor probabilidad de materialización, *posibles* y *potenciales*.

De hecho, el perfil de producción hacia el 2028, al incluir las iniciativas *probables*, cae un 2,3% con respecto a lo producido en 2016 por la región, alcanzando las 2.862 mil toneladas de cobre fino. Asimismo, al incluir los proyectos en condición *posible* podría crecer un 5%, hasta las 3.077 mil toneladas, y alrededor de un 11% si incluimos los proyectos en condición potencial, con una producción esperada de 3.240 mil toneladas, una tasa de crecimiento de 0,78% anual.

Figura 9: Proyección de producción según condición y su participación en la región de Antofagasta



Fuente: Cochilco, 2017.

El análisis quinquenal de la evolución esperada de la producción de la región de Antofagasta, se describe a continuación:

- **Quinquenio 2017 – 2021:** Durante este quinquenio el perfil de producción crecería en un 25,07%, debido principalmente a la inclusión de iniciativas en condición *probable* y *posible*, para así alcanzar una producción de 3.350 mil toneladas al 2021 a una tasa de crecimiento anual de 4,58%. Cabe destacar que,



si no se ejecutarán los proyectos en las condiciones indicadas anteriormente, la producción *base* crecería un 7%, a una tasa anual de 1,36%.

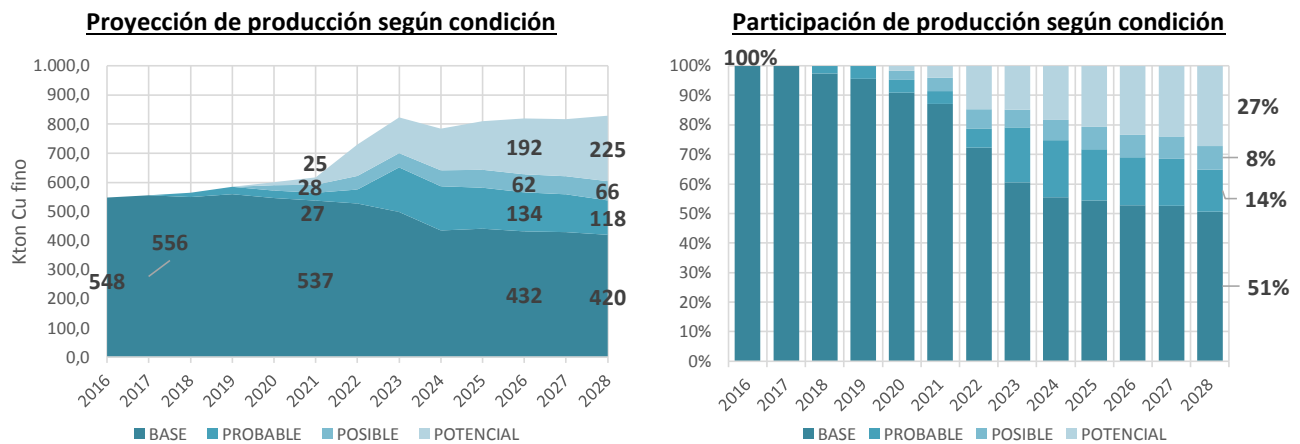
- **Quinquenio 2022 – 2026:** Este quinquenio es completamente opuesto al anterior, ya que inclusive con las nuevas iniciativas en condiciones *probable*, *posible* y *potencial*, la producción de la región cae un 4,9% con respecto a las 3.343 mil toneladas esperadas para 2022. Sin embargo si comparamos la producción esperada para 2026 con respecto a la de 2017, se observa un incremento de 15% en la producción regional. En resumen, este quinquenio ve reflejada la salida de operaciones de óxidos tales como El Abra, Mantos Blancos, Spence, Gaby y Lomas Bayas.
- **2027 – 2028:** Durante estos dos años, se estabiliza el descenso observado en el quinquenio anterior, donde las nuevas iniciativas en condición potencial permiten alcanzar en 2028 un crecimiento de 2,16% con respecto a 2027 y de 10,58% con respecto a 2016.

b. Producción de cobre fino según condición en: Atacama.

La proyección esperada de producción de la región de Atacama para el periodo 2017 – 2028, situaría a esta como la segunda región más importante en la producción de cobre mina del país, después de la región de Antofagasta.

Tal cual como se observó en el informe anterior, las iniciativas responsables del crecimiento productivo de la región son aquellas en condición *probable* y *potencial*, las cuales aportarían hacia el 2028, 118 y 225 mil toneladas, respectivamente, permitiendo que la producción de la región crezca a tasas de 3,23% anual y alcanzar un 51,24% más de producción comparado con lo alcanzado en 2016 (548 mil toneladas). De todas formas, al ser las iniciativas en condición potencial las con mayor contribución al crecimiento productivo de la región, este aumento se puede ver mayormente afectado en el largo plazo, tanto por factores como el precio de los commodities, como por las variables propias de la materialización de iniciativas (estado de avance en los permisos, relación con las comunidades, disponibilidad de agua y energía, etc.).

Figura 10: Proyección de producción según condición y su participación en la región de Atacama.



Fuente: Cochilco, 2017.

A continuación un análisis por quinquenio de la evolución de la producción de cobre en la región de Atacama:



- **Quinquenio 2017 – 2021:** Durante este quinquenio el perfil de producción *base* disminuye en un 3,28%, situación que es responsabilidad de la caída de producción de la actual operación de Salvador de Codelco. Este perfil productivo podría crecer al agregar aquellas iniciativas en condición *probable*, aumentando en un 1,56% con respecto a lo esperado en 2017. Si añadimos las iniciativas en condición *posible* y *potencial*, permitirían aumentar en un 11,07% el perfil productivo, para llegar a las 617,2 mil toneladas hacia 2021, a una tasa de crecimiento anual de 2,12%.
- **Quinquenio 2022 – 2026:** En este periodo, la caída de la producción *base* es mayor (13,05% de caída en la producción con respecto a 2022), tendencia que los proyectos en condición *probable* no modifican mucho (la caída sería de 1,69% con la inclusión de estos proyectos). En este periodo la región necesita la inclusión de las iniciativas en condición *posible* (que aumentaría la producción en un 0,91% con respecto al 2022), pero mayormente las de condición *potencial*, las cuales permitirían a la región alcanzar una producción esperada hacia el 2026 de 729 mil toneladas de cobre fino, un 12,25% más de lo esperado para 2022 (617,2 mil toneladas).
- **2027 – 2028:** En este periodo, aunque se incluyan los proyectos *base*, *probables* y *posibles* al perfil de producción de la región, se observa un decrecimiento de 2,7% en 2028 con respecto a 2027, tendencia que solo puede ser revertida al incluir los proyectos potenciales, con lo cual se alcanzaría la producción esperada de 828,7 mil toneladas de cobre fino para Atacama.

2.3. Proyección nacional de producción de cobre fino según producto.

La importancia de realizar un análisis según tipo de producto generado en las regiones de interés, como son la de Antofagasta y Atacama, radica en poder determinar si la estructura productiva futura de estas se relaciona directamente con lo observado en el análisis nacional³. Bajo esta misma premisa, se reconoce la producción de concentrados a través del proceso de concentración y los cátodos electro obtenidos a través del proceso de lixiviación, excluyendo de las proyecciones la producción de cátodos electro-refinados de fundición-refinería debido a que en Chile no se contemplan proyectos que aumenten la producción de este tipo de producto.

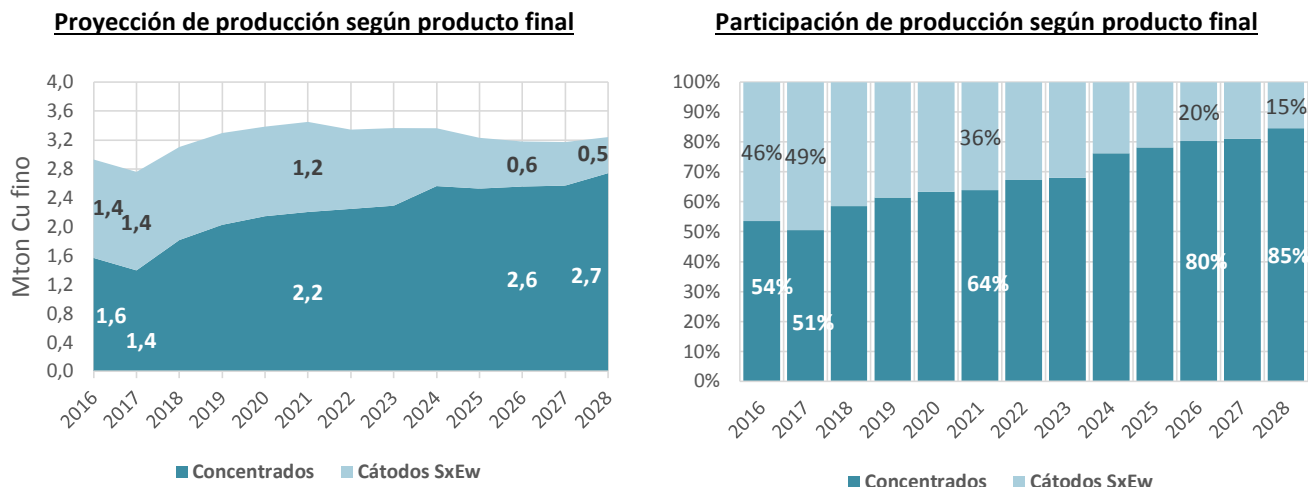
2.3.1. Producción de cobre fino según producto: Antofagasta.

La producción de cobre fino en 2016 en la región de Antofagasta fue de 2.929 mil toneladas de cobre fino, donde el 46% corresponde a cátodos electro obtenidos, mientras el restante 54% corresponde a cobre fino contenido en concentrados. La proyección de producción esperada de cobre para los próximos doce años indica que, para el 2028, la producción regional alcanzaría las 3.240 mil toneladas de cobre fino, donde la participación de la producción de concentrados aumentará hasta alcanzar 85% del total de la región.

³ Ver subcapítulo 1.1.2. “Proyección nacional de producción de cobre fino según producto”.



Figura 11: Proyección de producción según producto y su participación en la región de Antofagasta.



Fuente: Cochilco, 2017.

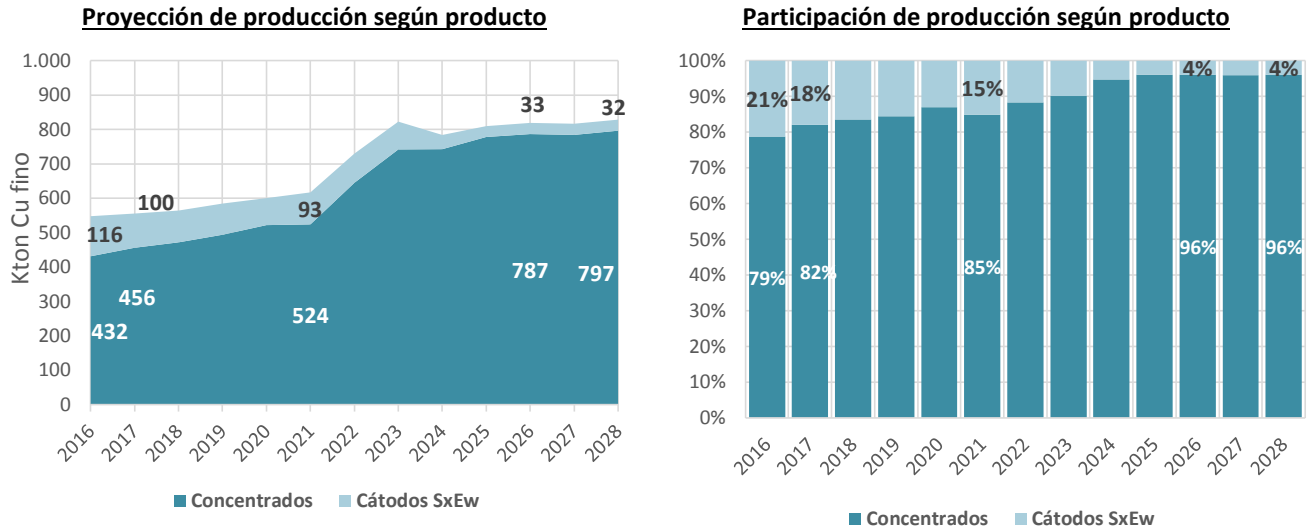
De acuerdo al cálculo efectuado, la producción de concentrados de la región aumentará a una tasa de un 4,39% anual, mientras que la producción de cátodos electro-obtenidos disminuirá en una tasa promedio anual de un 7,44%. De esta manera, la producción total de cobre fino contenido en concentrados aumentará de 1.568 mil toneladas de cobre fino en 2016 a 2.741 mil toneladas de cobre fino en 2028, lo que representa un incremento de un 74,83% respecto del año 2016. Por otro lado, los cátodos electroobtenidos disminuirán desde una producción 1.362 mil toneladas de cobre en 2016 hasta las 499 mil toneladas en el año 2028, un caída de la producción de un 63,37% (figura 11).

2.3.2. Producción de cobre fino según producto: Atacama.

Para la región de Atacama, se espera que la producción esperada de cobre fino alcance las 829 mil toneladas, un 51,24% más de lo producido en 2016, que llegó a las 548 mil toneladas. Este crecimiento en la producción se caracteriza por un fuerte incremento en la participación de la producción de concentrados, que al contrario de la región de Antofagasta, siempre ha sido mayoritaria en la región. Es así como si en 2016 este tipo de producto correspondía a 79% de la producción regional, hacia el 2028 pasará a corresponder al 96% de la producción de cobre fino.



Figura 12: Proyección de producción según producto y su participación en la región de Atacama.



Fuente: Cochilco, 2017.

Asimismo, se espera que la tasa de crecimiento de la producción de concentrados sea de un 4,83% anual, lo que se traduciría en un aumento de un 84,62% de este tipo de producto entre los años 2016 a 2028. Por otra parte, la tasa de decrecimiento de la producción de cátodos sería de un 9,44% anual, con una disminución de la producción hidrometalúrgica en la región en un 72,43% para el mismo periodo en análisis (figura 12).



Capítulo 3: Comentarios finales



3. Comentarios finales

Los proyectos catastrados por Cochilco en el informe *Inversión en la minería chilena - Cartera de proyectos 2017-2026*, publicado en agosto de 2017, permiten identificar los proyectos con producción de cobre asociada y, sumado a los parámetros productivos obtenidos año a año a través de la *Encuesta de Producción, consumo de energía y Agua en la Minería* como la *Encuesta de Ácido Sulfúrico*, es posible proyectar la producción de cobre del país para los próximos 12 años. Esta proyección es un insumo primordial para las proyecciones de consumo de energía y agua que la institución realiza año a año.

En este último informe fue posible determinar que, hacia el año 2028, la producción esperada nacional de cobre fino, tanto en cátodos SxEw como contenido en concentrados, podría crecer un 13,9% comparada con la producción cuprífera de 2016, para llegar a las 6.324,5 mil toneladas de cobre fino, a una tasa de crecimiento con respecto a 2016 de 1,01%. Es así como se proyecta hacia el 2027 un crecimiento de la producción máxima de cobre en un 13,3% con respecto a 2015, alcanzando las 6.546 miles de toneladas, con un primer *peak* en 2021 de 7.131 miles de toneladas de cobre fino y un segundo *peak* en 2024 para alcanzar las 7.149 miles de toneladas de cobre fino. Este perfil productivo está basado en los estados de certidumbre de los proyectos mineros catastrados, y por ende, considera retrasos y problemas productivos propios de un proyecto minero.

Sin embargo, fue posible determinar que el país poseerá una capacidad instalada de producción de cobre que podría permitirle, en el mejor de los casos y considerando la inclusión de todos los proyectos mineros catastrados para la próxima década en los tiempos contemplados por las compañías propietarias, alcanzar una producción máxima de 7.624,7 mil toneladas de cobre fino hacia el 2028, 37,3% más de lo producido en 2016, con una tasa de crecimiento anual de 1,9%.

- Sobre la proyección nacional de producción esperada de cobre fino según condición

Aquellos proyectos y operaciones pertenecientes a la condición *base* disminuirían su producción de cobre fino a una tasa de 1,39%, anual para llegar a 4,628 millones de toneladas hacia el 2028, un 16,65% menos de producción con respecto a 2016. Asimismo, se espera que este grupo alcance un máximo productivo en 2019 de 5,67 millones de toneladas y un mínimo en 2027 de 4,598 millones de toneladas.

Sin embargo, al incluir en este perfil aquellas iniciativas en condición *probable*, el decrecimiento de la producción sería mucho menor al caso anterior, a una tasa de 0,23% anual, específicamente, para alcanzar una producción hacia el 2028 de 5,388 millones de toneladas, un 2,96% menos que lo alcanzado en 2016.

La única forma de mitigar el decrecimiento productivo sería el enfocar los esfuerzos en aquellas iniciativas en condición *posible*, las que permitirían lograr un crecimiento productivo hacia 2028 de 2,94% con respecto a 2016, alcanzado una producción de 5.716 mil toneladas, a una tasa de crecimiento anual de 0,22%. Ahora bien, si se logran materializar aquellas iniciativas en condición *potencial*, el escenario de crecimiento es aún mayor, donde la producción hacia el 2028 podría crecer en un 13,9% con respecto a 2016, alcanzando las 6.325 mil toneladas, un crecimiento productivo anual de 1,01%, donde la producción mínima se alcanzaría durante el presente año 2017 (5.332 mil toneladas).



- **Sobre la proyección nacional de producción esperada de cobre fino según tipo de proyecto**

En razón del agotamiento natural de los yacimientos activos, sumado a la consiguiente natural disminución de las leyes ya consideradas en los futuros planes mineros, es que en un escenario hipotético sin proyectos de reposición o expansión de las operaciones actuales, hacia el 2028 éstas podrían reducir su producción en un 31,54%, a una tasa de decrecimiento de 2,87% con respecto a 2016, llegando a 3,8 millones de toneladas de cobre fino.

Al incluir los proyectos de reposición y expansión de operaciones actuales es posible contrarrestar en parte la disminución natural de la producción, llegando a las 4,95 millones de toneladas de cobre fino. Esta situación hace notar la necesidad de la minería cuprífera nacional de enfrentar de la mejor forma los desafíos actuales y poder materializar aquellos proyectos en categoría de nuevos, permitiendo alcanzar la producción esperada de 6,32 millones de toneladas hacia el 2028, contrarrestar el escenario de disminución de producción y obtener un aumento de más del 15% con respecto a la actual producción esperada para 2017. Cabe destacar que las operaciones actuales y sus proyectos asociados de la línea de óxidos, por su agotamiento natural, son los que afectan el desenvolvimiento productivo de las faenas en operación, producción que debería ser revertida con mayores tasa de producción de sulfuros de cobre.

- **Sobre la proyección nacional de producción esperada de cobre fino según tipo de producto.**

La producción hidrometalúrgica pasa de una participación de 29,9% de la producción total en 2016 a 8,6% hacia 2028, disminuyendo en un 67,2% hacia el 2028 con respecto a la producción declarada en 2016, a una tasa de decrecimiento anual de un 8,21%. Esta situación es forzada por el cierre de operaciones de óxidos, donde de las actuales 33 operaciones hidrometalúrgicas activas, hacia fines de la década solo quedarán 13 operativas, 8 pertenecientes a la gran minería más las 5 operaciones de Enami. A pesar de existir unos pocos proyectos hidrometalúrgicos como El Espino óxidos (2019-2028), Diego de Almagro óxidos (2019-2029) y Sierra Gorda óxidos (2019-2030), más continuidades operacionales y reaperturas de faenas actuales, están no son capaces de contrarrestar la caída de la producción SxEw.

Por otra parte, la producción esperada de cobre fino contenida en concentrados aumentaría desde las 3.892 miles de toneladas de cobre fino en 2016 hasta las 5.779 miles de toneladas de cobre fino en concentrados en 2028, lo que significa un aumento de un 48,5% en el periodo analizado, a una tasa de crecimiento anual de 0,31%, y un aumento en la participación relativa desde un 70,1% en 2016 a 91,4% en 2028, sin cambios sustanciales en líneas productivas de FURE.

Con respecto a la producción de concentrados, existen dos temas importantes a revisar, el primero es con respecto a la creciente producción de concentrados versus una producción de ánodos y cátodos ER sin crecimiento previsto para la próxima década. Es así como en los 90's, la participación de este producto exportable alcanzaba en promedio un 32%, ya entre los años 2000-2010 alcanzaba un 56% en promedio y en los últimos años esa participación se ha disparado cerca del 63% en promedio, donde las estimaciones futuras indican que llegue hasta un 73% hacia el 2028, esto quiere decir que pasaríamos de exportar alrededor de 2,1 millones de toneladas cobre fino en concentrados, en torno a las 7,65 millones de toneladas métricas secas de concentrados, entre los años



2006 - 2016, a alrededor de 3,4 millones de toneladas de cobre fino en concentrados en promedio para la próxima década, aproximadamente 12,5 millones de toneladas métricas secas de concentrados.

Por otra parte, este crecimiento de la producción de concentrados se vería reflejada en un aumento significativo de los niveles de procesamiento de mineral en plantas concentradoras, que se traduce a su vez en temas de mantención, consumo de bolas y aumento de producción de relaves.

- **Sobre la proyección regional de producción esperada de cobre fino.**

La región de Antofagasta mantendría su liderazgo en la participación de la producción de cobre a nivel nacional al año 2028, con 3.240 mil toneladas de cobre fino, un 51% de la producción nacional, frente al 53% de participación en 2016, aumentando su producción en alrededor de 310 mil toneladas de cobre fino con respecto a 2016. Tarapacá, que actualmente es la segunda región más importante en producción cuprífera con un 11% de participación, se mantiene estable en participación pero aumenta su producción en un 15%, alrededor de 96 mil toneladas de cobre fino.

Coquimbo, por otro lado, que actualmente es la tercera región más importante del país con un 9% de participación en la producción de cobre, aumentaría su producción en 89 mil toneladas hacia 2028, un crecimiento de 22% con respecto al 2016, pero perdería su posición relativa en la producción nacional en un 1%. El gran actor es la región de Atacama, que actualmente comparte el 7% de participación con la región Metropolitana, pero que hacia el 2028 desplazaría a la región de Tarapacá al ocupar el segundo lugar en la producción cuprífera nacional, con un aumento de 51% en la producción de cobre con respecto a lo alcanzado en 2016, 281 mil toneladas más de producción de cobre y alcanzando un 13% de participación en la producción nacional. El resto de regiones se mantendrá relativamente estable en sus participaciones porcentuales.



Anexos



Anexo 1: Metodología de proyección de producción esperada

La metodología que se emplea para la confección de este informe se basa en los siguientes criterios.

3.1. Escenarios de producción

La proyección de producción de en minería está sujeta a riesgo e incertidumbre. El cálculo de la producción de cobre fino será mediante el método probabilístico de Montecarlo. La función de probabilidad utilizada para la simulación es una *Beta*. Esta permite estimar la distribución de los consumos en base a rangos de valor que puede tomar la variable, indicando un valor mínimo, más probable y máximo:

- **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. Es, por cierto, un escenario optimista.
- **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 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. Es, entonces, un escenario pesimista.

El valor de la producción de cobre fino para un año t se calcula como se muestra en la ecuación (1):

$$Producción_Cobre_fino_t = \sum_i E[f(X_{ijt}; Y_{ijt}; Z_{ijt})] \quad (1)$$

Donde,

- i : Faena minera considerada.
- j : Tipo de producto final considerado.
- K : Condición/estado del proyecto minero considerado⁴.
- 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.

⁴ Las condiciones/estados de los proyectos que se establecen en el presente informe son: Base, Probable, Posible-factibilidad, Potencial-factibilidad y Potencial-prefactibilidad.



- 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.
- 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.

Entonces, para calcular la producción esperada de cobre fino en un año determinado, es necesario en primera instancia, determinar las variables de entrada de la función “ f ” para cada proceso en cada faena: X_{ijkt} , Y_{ijkt} y Z_{ijkt} . El detalle del cálculo se muestra en las secciones 1.1.1, 1.1.2 y 1.1.3.

3.1.1. Cálculo de la variable de producción máxima de cobre fino: Z_{ijkt}

Corresponde al valor máximo de producción de cobre fino de un proceso en una faena minera específica. Este cálculo se basa en el supuesto que no existe retraso en la puesta en marcha de los proyectos mineros y el perfil de producción se desarrolla de acuerdo a las cantidades determinadas para cada proyecto en el periodo considerado a proyectar.

De esta manera, la producción máxima de cobre en una faena i , para un proceso j y en el tiempo t , queda determinado por la ecuación (2):

$$Z_{ijkt} = \text{Producción_Est}_{ijt} \times \text{Pond_Max}_{ik} \quad (2)$$

Donde,

- $\text{Producción_Est}_{ijt}$: Corresponde a la producción cobre fino máxima estimada con las formulas 1 y 5, para cada proceso j , en la faena i y en el tiempo t .
- Pond_Max_{ik} : Corresponde al ponderador de producción máxima en base a información histórica según la condición de un proyecto k en una faena minera i . En este caso se utiliza un ponderador de valor 1, ya que se trata de la producción máxima posible. El detalle de los posibles valores se encuentra en la tabla 1.



Tabla 1: Ponderadores determinísticos de producción futura máxima⁵

Condición/estado de proyectos mineros	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10	Año 11	Año 12
Potencial/Prefactibilidad	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Potencial/Factibilidad	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Posible/Factibilidad	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Probable	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Base	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

Fuente: Elaborado por Cochilco

3.1.2. Cálculo de la variable de producción más probable de cobre fino: Y_{ijkt}

Corresponde al valor más probable de producción de cobre fino de un proceso en una faena minera específica. Esta producción se calcula sobre el supuesto que los proyectos mineros sufren retrasos en su ejecución y variaciones en su producción estimada respecto de la real.

Para modelar este efecto se construyó un vector de ponderadores de producción determinísticos en base a información histórica en la ejecución de proyectos mineros, según condición y fecha de puesta en marcha. El cálculo de los vectores corresponde al promedio ponderado de las razones de producción real sobre la producción proyectada en faenas mineras de igual condición y estado.

El detalle de los ponderadores de producción se muestra en la tabla 2. Por ejemplo, de acuerdo a la tabla comentada, si un proyecto minero de cobre se encuentra en condición de posible/factibilidad en el año 2016, con una estimación de inicio de operaciones en el año 2021, entonces de acuerdo a este criterio el primer año de producción solo producirá un 45% de esa producción estimada.

De esta manera, la producción de cobre fino más probable en un proceso j , en una faena i en el tiempo t , queda determinado por la ecuación (3):

$$Y_{ijkt} = \text{Producción_Est}_{ijt} \times \text{Pond_MP}_{ik} \quad (3)$$

Donde,

- $\text{Producción_Est}_{ijt}$: Corresponde a la producción cobre fino máxima estimada con las formulas 1 y 5, para cada proceso j , en la faena i y en el tiempo t .
- Pond_MP_{ik} : Corresponde al ponderador de producción máxima en base a información histórica según la condición y estado de un proyecto. En este caso, los ponderadores son menores uno y reflejan el retraso promedio ocurrido en la producción estimada en proyectos mineros de acuerdo a su condición y estado.

⁵ Cabe destacar que el *año 1* hace referencia al primer año de puesta en marcha de proyectos mineros específicos. Este no hace referencia a un año calendario en particular ya que el primer año de operación queda definido dependiendo del proyecto minero.



Tabla 2: Ponderadores determinísticos de producción futura más probable

Condición/estado de proyectos mineros	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10	Año 11	Año 12
Potencial/Prefactibilidad	0,16	0,28	0,32	0,37	0,42	0,45	0,49	0,55	0,69	0,70	0,71	0,80
Potencial/Factibilidad	0,28	0,32	0,37	0,42	0,45	0,49	0,55	0,69	0,70	0,71	0,80	0,80
Posible/Factibilidad	0,37	0,42	0,45	0,49	0,55	0,69	0,70	0,71	0,80	0,80	0,83	0,84
Probable	0,69	0,70	0,71	0,80	0,80	0,83	0,84	0,84	0,84	0,85	0,88	0,92
Base	0,71	0,80	0,80	0,83	0,84	0,84	0,84	0,85	0,88	0,92	0,92	0,93

Fuente: Elaborado por Cochilco

a. Cálculo de ponderadores determinísticos de producción futura más probable

Los ponderadores de producción futura más probable, mostrados en la tabla 2, se calculan en base a información histórica de proyección de producción de cobre fino por parte de compañías mineras que poseen proyectos de expansión, reposición y nuevos proyectos mineros, en relación con la producción real alcanzada.

Esta información es recopilada a través del informe anual de inversiones en la minería desde el año 2005. En este sentido, la información utilizada para el cálculo de estos ponderadores corresponde a los datos acumulados de proyección de producción desde 2005. Esta información es agregada en una base de datos única.

Para efectuar el cálculo de los ponderadores de producción futura más probable, primero se agrupan los proyectos mineros según su condición en alguna de las categorías: i) Potencial/Prefactibilidad, ii) Potencial/Factibilidad, iii) Posible/Factibilidad, iv) Probable o v) Base, utilizando la información de proyección de producción máxima recopilada en los catastros de inversión desde el año 2005, hasta el último disponible, que en este caso corresponde al año 2016.

Una vez agrupados los proyectos mineros, se calcula individualmente el porcentaje de producción alcanzado por las faenas. Para esto, se determina la razón entre la producción de cobre fino proyectada para un año determinado y la producción real alcanzada para el mismo año. Este cálculo se realiza para todos los proyectos considerados, agrupados según su condición, como se muestra en la ecuación (4). Se interpreta como el grado de producción alcanzado por una faena minera en un año específico de acuerdo a la condición del proyecto.

$$Ponderador_Prod_Cu_{kiat} = \frac{Producción_Real_{kiat}}{Producción_Est_{kiat}} \quad (4)$$

Donde,



- k : Condición/estado del proyecto minero considerado⁶.
- i : Faena minera considerada.
- a : Año en que se realizó el catastro minero.
- t : Año calendario considerado en el periodo de proyección de producción.

Una vez hecho el cálculo de la ecuación (4) para todos los proyectos considerados, se procede a calcular el vector de ponderadores de producción según condición. Este vector corresponde al promedio ponderado de los ponderadores individuales de producción de cobre agregados por condición. Se debe mencionar que no se ponderan y agregan los datos de acuerdo al año calendario en cuestión, sino que se clasifican considerando el año número de años de operación del proyecto. Por ejemplo, el año de puesta en marcha de los proyectos corresponde al “Año 1” de operación. De esta manera se puede calcular el vector de ponderadores determinísticos de producción futura más probable como se detalla en la ecuación (5):

$$Pond_MP_{ky} = \sum \frac{Producción_Est_{kiy}}{Producción_Est_Total_{ky}} \times Ponderador_Prod_Cu_{kiy} \quad (5)$$

Donde,

- k : Condición/estado del proyecto minero considerado⁷.
- i : Faena minera considerada.
- y : Número de años de operación de un proyecto minero de inversión.

Finalmente, se considera que los proyectos mineros no son estáticos por lo tanto su condición y estado evoluciona en el tiempo. Para modelar esta situación, se calculó el tiempo promedio que pasa un proyecto minero en una condición determinada⁸. De esta manera se estima que los proyectos mineros pasan en promedio 2 años en condición Potencial/Prefactibilidad, 3 años en condición Potencial/Factibilidad, 6 años en condición Posible/Factibilidad y 3 años en la condición Probable. Esta situación queda plasmada de la manera en que son construidos los diferentes vectores, en donde una vez que se cumple el tiempo promedio de permanencia en una condición, el complemento de los ponderadores pasa a ser el siguiente vector el cual representa un mayor grado de certidumbre en la producción.

⁶ Las condiciones/estados de los proyectos que se establecen en el presente informe son: Base, Probable, Posible-factibilidad, Potencial-factibilidad y Potencial-prefactibilidad.

⁷ Las condiciones/estados de los proyectos que se establecen en el presente informe son: Base, Probable, Posible-factibilidad, Potencial-factibilidad y Potencial-prefactibilidad.

⁸ Son múltiples las variables que afectan la condición y estado de un proyecto minero, como por ejemplo, precio de los metales, estabilidad política y económica, regulación, estado de avance de la ingeniería, entre otros.



3.1.3. Cálculo de la variable de producción mínima de cobre fino: X_{ijkt}

Corresponde al valor mínimo estimado de producción de cobre fino en un proceso minero de una faena minera en particular. Este cálculo se basa en que los proyectos mineros presentes en la cartera de inversiones sufren retrasos más allá de los previstos, por ejemplo variaciones en las condiciones macroeconómicas, retrasos en la aprobación de permisos, retrasos en la ingeniería, etc.

De esta manera, se determinó un vector de ponderadores producción mínimo de los proyectos mineros según su condición en base a la información histórica de Cochilco y juicio de experto. Para esto, primero se efectuó el cálculo de los vectores correspondiente al promedio ponderado de las razones de producción real sobre la producción proyectada en faenas mineras de igual condición y estado. En segunda instancia, se utilizó el menor valor de cada tipo de proyecto, manteniéndose constante en el tiempo.

La producción mínima de cobre fino en un proceso j , en una faena i en el tiempo t , se calcula como en (6):

$$X_{ijkt} = \text{Producción_Est}_{ijt} \times \text{Pond_Min}_{ik} \quad (6)$$

Donde,

- $\text{Producción_Est}_{ijt}$: Corresponde a la producción cobre fino máxima estimada con las formulas 1 y 5, para cada proceso j , en la faena i y en el tiempo t .
- Pond_Min_{ik} : Corresponde al ponderador de producción mínimo en base a información histórica según la condición y estado de un proyecto. Estos ponderadores reflejan la producción mínima promedio estimada de los proyectos mineros según su condición. El detalle de los posibles valores se encuentra en la tabla 3.

Tabla 3: Ponderadores determinísticos de producción futura mínima

Condición/estado de proyectos mineros	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10	Año 11	Año 12
Potencial/Prefactibilidad	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16
Potencial/Factibilidad	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28
Posible/Factibilidad	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37
Probable	0,69	0,69	0,69	0,69	0,69	0,69	0,69	0,69	0,69	0,69	0,69	0,69
Base	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71

Fuente: Elaborado por Cochilco



Anexo 2: Proyección de producción a nivel nacional al año 2028

En la tabla 4 se muestra el detalle de la proyección esperada de producción de cobre fino mina a nivel nacional en el periodo 2017 – 2028. Esta producción se estima en 5.332 miles de toneladas de cobre en 2017, para luego aumentar hasta 6.324,5 miles de toneladas en 2028. Por otro lado, la producción máxima y mínima posible, en base a la cartera de proyectos 2017, sería de 7.624,7 miles de toneladas de cobre fino y 4.780,8 miles de toneladas hacia el 2028, respectivamente.

Tabla 4: Proyección esperada, cap. máxima y mínima de producción, 2017 – 2028.

	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028
Producción máxima	5.900,6	6.300,8	6.761,8	6.959,6	7.081,5	7.386,2	7.559,4	7.627,7	7.491,4	7.589,0	7.504,4	7.624,7
Producción esperada	5.332,0	5.755,9	5.933,7	6.024,0	6.115,1	6.159,8	6.308,9	6.323,6	6.200,3	6.237,5	6.216,5	6.324,5
Producción mínima	4.203,3	4.498,9	4.794,7	4.885,1	4.927,6	4.927,4	5.017,2	4.997,1	4.846,8	4.822,9	4.747,4	4.780,8

Fuente: Cochilco, 2017.

En la tabla 5 se muestran las proyecciones de producción máxima según tipo de proyecto, mientras que en las tablas 6, 7, 8, 9 y 10 se muestran los datos de la producción de cobre esperada al año 2028 agregado según diferentes clasificaciones.

Tabla 5: Proyección máxima de producción de cobre a nivel nacional según condición, 2017 – 2028.

Condición	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028
BASE	5.882,0	6.121,2	6.380,0	6.199,4	6.089,2	5.830,4	5.719,0	5.621,2	5.332,5	5.219,7	5.123,8	5.156,5
PROBABLE	18,6	179,6	291,5	546,0	666,0	774,6	913,2	916,4	949,3	942,9	921,2	888,3
POSIBLE	0,0	0,0	90,3	188,2	265,0	387,8	434,4	457,6	456,6	462,9	451,0	441,1
POTENCIAL	0,0	0,0	0,0	25,9	61,2	393,5	492,9	632,5	752,9	963,5	1.008,3	1.138,8
Total	5.900,6	6.300,8	6.761,8	6.959,6	7.081,5	7.386,2	7.559,4	7.627,7	7.491,4	7.589,0	7.504,4	7.624,7

Fuente: Cochilco, 2017.

Tabla 6: Proyección esperada de producción de cobre a nivel nacional según condición, 2016 – 2027.

Condición	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028
BASE	5.318,2	5.621,8	5.670,4	5.491,4	5.424,3	5.172,2	5.112,3	5.002,1	4.756,1	4.678,2	4.597,7	4.628,2
PROBABLE	13,8	134,1	220,3	427,4	526,7	617,5	740,6	747,9	786,5	782,3	778,2	760,2
POSIBLE	0,0	0,0	43,0	94,9	139,0	206,1	242,5	277,8	293,1	307,6	326,3	327,3
POTENCIAL	0,0	0,0	0,0	10,4	25,3	164,0	213,5	295,9	364,6	469,5	514,3	608,8
Total	5.332,0	5.755,9	5.933,7	6.024,0	6.115,1	6.159,8	6.308,9	6.323,6	6.200,3	6.237,5	6.216,5	6.324,5

Fuente: Cochilco, 2017.



Tabla 7: Proyección esperada de producción de cobre a nivel nacional según área productiva, 2017 – 2028.

Producto final	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028
Concentrados	3.713	4.189	4.394	4.537	4.606	4.810	5.053	5.381	5.370	5.498	5.508	5.779
Cátodos EW	1.619	1.567	1.540	1.487	1.509	1.350	1.256	942	830	740	709	545

Fuente: Cochilco, 2017.

Tabla 8: Proyección esperada de prod. de cobre a nivel nacional según producto exportable, 2017 – 2028

Producto final	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028
Cátodos EW	1.619,3	1.566,6	1.540,1	1.487,5	1.509,1	1.349,8	1.255,7	942,2	830,1	739,6	708,7	545,5
Ánodos + Cátodos ER	1.391	1.512,2	1.534,1	1.575,1	1.501,8	1.515,7	1.524,9	1.530,7	1.528,8	1.551,8	1.547,5	1.553,1
Concentrados	2.321,7	2.677,1	2.859,5	2.961,5	3.104,2	3.294,3	3.528,3	3.850,7	3.841,5	3.946,1	3.960,2	4.225,9

Fuente: Cochilco, 2017.

Tabla 9: Proyección esperada de prod. de cobre a nivel nacional según tipo de proyecto, 2017 – 2028.

Tipo de proyecto	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028
Operación	5.301,4	5.577,6	5.607,0	5.425,2	5.292,4	4.879,8	4.741,4	4.383,6	4.056,4	4.015,6	3.887,7	3.801,2
Reposición	16,8	67,6	98,5	101,4	169,2	329,4	408,0	466,8	540,4	565,4	576,9	565,1
Expansión	13,8	110,1	169,4	305,1	377,3	460,4	474,3	496,2	556,6	546,1	566,3	582,1
Nuevo	0,0	0,6	58,8	192,3	276,3	490,2	685,2	977,0	1.047,0	1.110,4	1.185,6	1.376,2

Fuente: Cochilco, 2017.



Tabla 10: Proyección esperada de producción de cobre a nivel regional según área productiva, 2017 – 2028

Región/Producto	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028
Arica y Parinacota	0,0	11,7	13,6	13,4	13,0	13,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
CONCENTRADO	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
SXEW	0,0	11,7	13,6	13,4	13,0	13,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Tarapacá	586,8	586,4	575,3	602,4	612,9	684,4	663,5	718,4	706,4	707,9	701,8	711,0
CONCENTRADO	493,0	499,3	495,5	530,7	544,4	621,3	657,1	711,9	699,9	707,9	701,8	711,0
SXEW	93,8	87,1	79,9	71,8	68,5	63,1	6,4	6,5	6,5	0,0	0,0	0,0
Antofagasta	2.758,6	3.103,2	3.296,0	3.384,6	3.450,0	3.342,8	3.364,2	3.362,0	3.229,6	3.178,8	3.171,1	3.239,5
CONCENTRADO	1.395,4	1.815,5	2.026,1	2.144,8	2.203,8	2.246,6	2.290,2	2.561,8	2.527,4	2.555,6	2.568,5	2.740,7
SXEW	1.363,1	1.287,6	1.269,9	1.239,8	1.246,2	1.096,2	1.073,9	800,2	702,2	623,2	602,6	498,8
Atacama	555,7	564,4	584,7	600,5	617,2	729,9	823,0	784,3	809,9	819,3	816,9	828,7
CONCENTRADO	456,2	471,9	494,1	522,1	524,2	645,1	742,1	742,9	778,3	786,8	784,4	796,6
SXEW	99,5	92,5	90,7	78,5	93,0	84,9	80,8	41,4	31,6	32,5	32,5	32,1
Coquimbo	380,9	392,0	403,0	408,9	440,5	476,9	488,5	500,2	499,7	499,2	489,8	492,2
CONCENTRADO	367,4	376,2	388,5	394,2	420,5	450,4	459,3	470,9	474,0	479,1	476,6	479,1
SXEW	13,5	15,8	14,5	14,7	20,0	26,4	29,2	29,3	25,7	20,1	13,1	13,1
Valparaíso	288,7	301,2	278,5	250,1	230,9	233,8	275,2	259,7	308,1	381,8	346,8	378,9
CONCENTRADO	276,3	286,7	263,9	237,4	218,3	221,5	262,9	247,6	296,1	370,0	337,3	378,9
SXEW	12,4	14,5	14,6	12,6	12,6	12,4	12,3	12,1	12,0	11,9	9,4	0,0
Metropolitana	314,6	377,6	380,4	379,8	378,5	377,6	372,1	382,3	384,2	387,3	400,2	353,4
CONCENTRADO	278,9	321,8	324,9	324,8	324,3	325,6	320,6	330,9	333,6	336,9	350,6	353,4
SXEW	35,7	55,7	55,5	55,1	54,3	52,0	51,5	51,3	50,6	50,3	49,6	0,0
O'Higgins	446,7	419,3	402,1	384,2	372,1	301,0	322,5	316,8	262,4	263,1	290,0	320,7
CONCENTRADO	445,5	417,8	400,6	382,6	370,6	299,5	321,0	315,5	260,9	261,5	288,5	319,2
SXEW	1,2	1,6	1,5	1,6	1,5	1,5	1,5	1,3	1,5	1,6	1,5	1,5



Anexo 3: Unidades de medida y abreviaciones

Peso y medida

g	Gramo
kg	Kilogramo
t	Tonelada métrica
kt	Miles de toneladas métricas
Mt	Millones de toneladas métricas
oz	Onza troy
koz	Miles de onzas troy
Moz	Millones de onzas troy
lb	Libra
MLb	Millones de libras
m	Metro
km	Kilómetro
m ²	Metro cuadrado
m ³	Metro cúbico

Elementos químicos y minerales

Ag	Plata
Au	Oro
Cu	Cobre
Cu cát	Cátodos de cobre
Cu conc	Cobre contenido en concentrados
Cu _{Eq}	Cobre equivalente
Fe	Hierro
Fsp	Feldespatos
H ₃ BO ₃	Ácido bórico
H ₂ SO ₄	Ácido sulfúrico
KCl	Cloruro de potasio
KNO ₃	Nitrato de potasio
LiCl	Cloruro de litio
NaNO ₃	Nitrato de sodio
Mo	Molibdeno
TiO ₂	Dióxido de titanio (Rutilo)

Concentración y tasas de producción

gpt	Gramos por tonelada
ppm	Partes por millón
oz/a	Onzas troy por año
koz/a	Miles de onzas troy por año
Moz/a	Millones de onzas troy por año
kg/a	Kilogramos por año
tph	Toneladas métricas por hora
tpd	Toneladas métricas por día
tpm	Toneladas métricas por mes
tpa	Toneladas métricas por año
ktpa	Miles de toneladas por año
Mtpa	Millones de toneladas por año

Procesos e insumos

g/L	Gramos por litro
kg/L	Kilogramos por litro
l/s	Litros por segundo
l/m	Litros por mes
kV	Kilovoltios
kVA	Kilovoltio-amperios
GWh	Gigawatt-hora
MWh	Megawatt-hora

Procesos de producción

Flot	Flotación
Lix	Lixiviación
SX	<i>Solvent extraction</i> (Extracción por solventes)
EW	<i>Electrowinning</i> (Electro-obtención)

Moneda y precios

US\$	Dólar estadounidense
MUS\$	Miles de dólares estadounidenses
MMUS\$	Millones de dólares estadounidenses
US\$/lb	Dólares por libra
cUS\$/lb	Centavos de dólar por libra
US\$/oz	Dólares por onza troy

Abreviaciones geográficas

m.s.n.m.	Metros sobre el nivel del mar
UTM	<i>Universal Transversal Mercator</i>

Tipos de sociedades

Cía.	Compañía
Inc.	<i>Incorporated</i>
Int.	<i>International</i>
Ltda.	Limitada
Ltd.	<i>Limited</i>
S.A.	Sociedad anónima
SCM	Sociedad contractual minera
CCM	Compañía contractual minera

Otras

Ind.	Industrial
Min.	Mineral
RCA	Resolución de calificación ambiental
DIA	Declaración de impacto ambiental
EIA	Estudio de impacto ambiental
SAG	Semiautógeno
API	Autorización de Proyectos de Inversión
PND	Plan de Negocios y Desarrollo.



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

Cristian Cifuentes González

Analista de Estrategias y Políticas Públicas

Jorge Cantallopts Araya

Director de Estudios y Políticas Públicas

Octubre/ 2017

