



Proyección de la producción de cobre en Chile 2016 – 2027

DEPP 24/2016

Resumen Ejecutivo



Resumen ejecutivo

La necesidad de obtener una metodología que permita identificar el aporte productivo futuro que incluya la condicionalidad de las inversiones es importante para que las autoridades y la opinión pública tengan antecedentes concretos sobre el desarrollo previsible de la minería chilena, ayudando a la toma de decisiones tanto públicas como privadas.

Es así como, a través de los proyectos considerados en el informe “Actualización de la inversión en la minería chilena - Cartera de proyectos 2016 – 2025”, 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. Con ello es posible determinar las proyecciones de producción esperada de cobre hacia el 2027, mediante una simulación de Montecarlo.

Los resultados de esta proyección indican un leve aumento productivo a nivel país, para pasar de las actuales 5.775 miles de toneladas de cobre fino declaradas en 2015 a alrededor de 5.873 miles de toneladas hacia el 2027, un aumento de 1,7% con respecto a 2015 a una tasa de crecimiento anual de 0,13%.

Este leve aumento de producción viene acompañado de dos *peaks* productivos: durante 2021 donde se espera que alcance las 6.355 miles de toneladas y el 2024 donde llegaría a 6.343 miles de toneladas.

Cabe destacar que la producción nacional de las operaciones actuales viene cayendo fuertemente, estimándose que sin la inclusión de proyectos de reposición y expansión o nuevas iniciativas productivas, esta caería un 34,21% hacia el 2027 (3.799 miles de toneladas). Esta disminución en la producción de los proyectos en *operación* ocurre como un proceso natural de envejecimiento de las faenas actuales al existir una disminución de las leyes y un agotamiento del mineral explotado, muy marcado en las operaciones productoras de cátodos SxEw.

Las expansiones y proyectos de reposición aportarían hacia 2027 alrededor de 1.127 miles de toneladas de cobre fino, pero no lograrían sustentar la caída de las operaciones, siendo necesario la inclusión de proyectos nuevos al perfil productivo que, con un aporte productivo de 946 mil toneladas hacia el 2027, permitirían lograr el esperado crecimiento del 1,7%

Con respecto a la producción por región, se observa una disminución de la producción de la región minera emblemática de Chile, la región de Antofagasta, que cae en un 4,3% con respecto a la producción de 2015, lo que la hace caer incluso en su participación a nivel nacional (de un 54% en 2015 a un 50,5% en 2027). Por otra parte se observa un crecimiento en la producción en las regiones de Tarapacá (+9,3%), Atacama (+33,9%), Coquimbo (+16,1%) y Valparaíso (+18,3%).

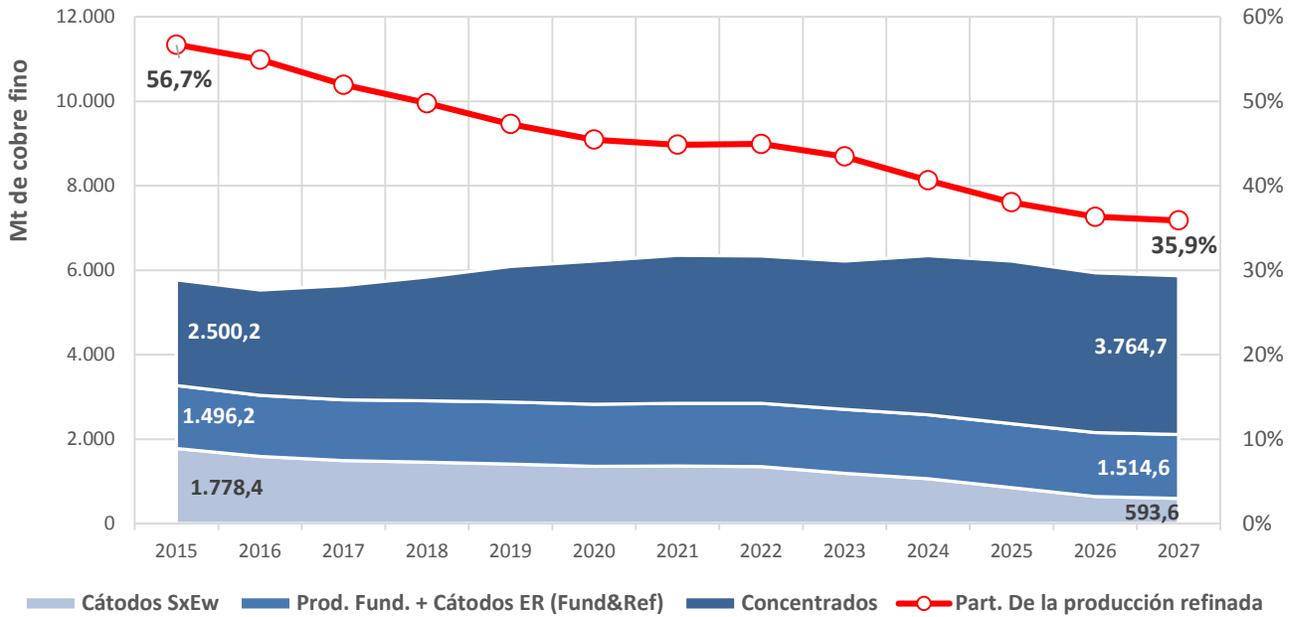
Otro punto importante a revisar es el fuerte crecimiento de la producción de concentrados, 32,1% hacia 2027 con respecto a 2015, en desmedro de la producción de cátodos SxEw, un 66,6% menos de producción con respecto a 2015, debido al agotamiento de recursos oxidados y la inexistencia de nuevos proyectos hidrometalúrgicos.

El fuerte crecimiento de la producción de concentrados viene de la mano de factores importantes a considerar, entre ellos el fuerte aumento del procesamiento de minerales en el país, de 553 millones de toneladas procesadas en 2015 a alrededor de 890 millones de toneladas a procesar en 2027, más del doble del crecimiento de la producción de cobre fino en concentrados (67,3%), lo que también incide en la generación de relaves.



El segundo factor importante es la disminución de la producción de refinados de Chile, debido en primer lugar a la disminución de la producción de cátodos SxEw y en segundo lugar, la inexistencia de nuevos proyectos de fundición-refinería que aumenten la capacidad instalada de procesamiento de concentrados al interior de nuestro país. Se espera que la participación de la producción de refinados de cobre (cátodos SxEw y ER) pase de un 56,7% en 2015 a un 35,9% en 2027, aumentando las exportaciones de concentrados hacia el exterior.

Producción cobre según producto final y participación de la producción de refinados, 2016-2027



Fuente: Cochilco, 2016.



Índice



Índice

Resumen ejecutivo	II
Índice	V
Índice de figuras	VI
Índice de tablas	VI
Introducción	2
1. Metodología de proyección de producción esperada	4
1.1. Escenarios de producción.....	4
1.1.1. Cálculo de la variable de producción máxima de cobre fino: Zijkt.....	5
1.1.2. Cálculo de la variable de producción más probable de cobre fino: Yijkt	6
1.1.3. Cálculo de la variable de producción mínima de cobre fino: Xijkt	9
2. Análisis nacional de la proyección de producción esperada de cobre fino	11
2.1. Proyección nacional de cobre mina 2016 - 2027	11
2.1.1. Proyección nacional de producción de cobre fino según condición.....	12
2.1.2. Proyección nacional de producción de cobre fino según producto.....	14
2.1.3. Proyección nacional de producción de cobre fino según tipo de proyecto.....	17
3. Análisis regional de la proyección de producción esperada de cobre fino.....	19
3.1. Proyección nacional de cobre mina 2016 - 2027	19
3.2. Variación esperada de producción de cobre fino en las regiones de Antofagasta y Atacama.	20
3.2.1. Proyección nacional de producción de cobre fino según condición.....	20
a. Producción de cobre fino según condición en: Antofagasta.....	20
b. Producción de cobre fino según condición en: Atacama.	22
3.3. Proyección nacional de producción de cobre fino según producto.....	23
3.3.1. Producción de cobre fino según producto: Antofagasta.	23
3.3.2. Producción de cobre fino según producto: Atacama.....	24
4. Comentarios finales.....	26
Anexo 1: Proyección de producción a nivel nacional al año 2027	30
Anexo 2: Unidades de medida y abreviaciones	32



Índice de figuras

Figura 1: Producción de cobre mina 2015 y proyección periodo 2016 – 2027, a nivel nacional.....	11
Figura 2: Producción de cobre 2015 y proyección esperada 2016 – 2027, según condición.	14
Figura 3: Producción de cobre 2015 y proyección esperada 2016 – 2027, según producto	15
Figura 4: Producción de Cu fino en concentrados vs procesamiento de minerales sulfurados, 2015 - 2027	16
Figura 5: Producción cobre según producto final y participación de la producción de refinados, 2016-2027	16
Figura 6: Producción de cobre 2015 y proyección esperada 2016 – 2027, según tipo de proyecto.	17
Figura 7: Producción regional de cobre 2015 y proyección de producción esperada 2016 – 2027.	19
Figura 8: Índice de variación anual de producción por región en el periodo 2015 - 2027, año base 2015.	20
Figura 9: Proyección de producción según condición y su participación en la región de Antofagasta	21
Figura 10: Proyección de producción según condición y su participación en la región de Atacama.	22
Figura 11: Proyección de producción según producto y su participación en la región de Antofagasta.	23
Figura 12: Proyección de producción según producto y su participación en la región de Atacama.	24

Índice de tablas

Tabla 1: Ponderadores determinísticos de producción futura máxima.....	6
Tabla 2: Ponderadores determinísticos de producción futura más probable	7
Tabla 3: Ponderadores determinísticos de producción futura mínima	9
Tabla 4: Proyección esperada, cap. máxima y mínima de producción, 2016 – 2027.	30
Tabla 5: Proyección máxima de producción de cobre a nivel nacional según condición, 2016 – 2027.	30
Tabla 6: Proyección esperada de producción de cobre a nivel nacional según condición, 2016 – 2027.	30
Tabla 7: Proyección esperada de producción de cobre a nivel nacional según producto, 2016 – 2027.	31
Tabla 8: Proyección esperada de prod. de cobre a nivel nacional según tipo de proyecto, 2016 – 2027.....	31



Introducción



Introducción

La producción de cobre futuro está sujeta a incertidumbre. Son muchas las variables las que inciden y determinan la producción de cobre mina a nivel nacional. En este sentido, probablemente, una de las variables más determinantes en la producción futura es la concreción de los proyectos de inversión identificados en la cartera de inversiones de la gran minería¹ 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 2016 – 2027. 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 2016 -2025 (Cifuentes, 2016)*, 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 tipo². Adicionalmente se realiza un análisis regional en aquellas regiones donde la variación de producción es significativa.

¹ La cartera de inversiones en minería corresponde a un catastro de inversiones en proyectos mineros de reposición, expansión, nuevos proyectos et., con diferentes grados de certidumbre, que tienen posibilidad de concretarse en un periodo de 10 años a partir del año en que se realiza el catastro. Este catastro es actualizado y publicado anualmente por Cochilco.

² Para mayor información respecto de esta categorización se ruega revisar el documento *Inversión en la minería chilena - Cartera de proyectos 2016 -2025 (Cifuentes, 2016)*.



Capítulo 1:

Metodología de proyección de producción esperada



1. Metodología de proyección de producción esperada

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

1.1. 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 considerado³.
- 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.

³ 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.

1.1.1. 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 máxima⁴

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

1.1.2. 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 4. Por ejemplo, de acuerdo a la tabla comentada, si un proyecto minero de cobre se encuentra en condición de posible/factibilidad en el año 2014, con una estimación de inicio de operaciones en el año 2018, entonces de acuerdo a este criterio el primer año de producción solo producirá un 51% 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

⁴ 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.



promedio ocurrido en la producción estimada en proyectos mineros de acuerdo a su condición y estado. El detalle de los posibles valores se encuentra en la tabla 2.

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	0,38	0,50	0,61	0,68	0,72	0,80	0,82	0,84	0,85	0,86
Potencial/Factibilidad	0,38	0,50	0,61	0,68	0,72	0,80	0,82	0,84	0,85	0,86	0,88	0,90
Posible/Factibilidad	0,61	0,68	0,72	0,80	0,82	0,84	0,85	0,86	0,88	0,90	0,90	0,91
Probable	0,80	0,82	0,84	0,85	0,86	0,88	0,90	0,90	0,91	0,91	0,92	0,92
Base	0,84	0,85	0,86	0,88	0,90	0,90	0,91	0,91	0,92	0,92	0,92	0,92

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 2014.

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 (9). 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 considerado⁵.
- 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):

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

Donde,

- k : Condición/estado del proyecto minero considerado⁶.
- 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 determinada⁷. De esta manera se estima que los proyectos mineros pasan en promedio 3 años en condición Potencial/Prefactibilidad, 1 año en condición Potencial/Factibilidad, 3 años en condición Posible/Factibilidad y 1 año 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.

⁵ Las condiciones/estados de los proyectos que se establecen en el presente informe son: Base, Probable, Posible-factibilidad, Potencial-factibilidad y Potencial-prefactibilidad.

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 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.



1.1.3. 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, que a diferencia de años anteriores, se mantuvo 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	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38
Posible/Factibilidad	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	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80
Base	0,84	0,84	0,84	0,84	0,84	0,84	0,84	0,84	0,84	0,84	0,84	0,84

Fuente: Elaborado por Cochilco



Capítulo 2:

Análisis nacional de la proyección de producción esperada de cobre fino



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

En esta sección se muestra información respecto de la proyección de producción de cobre fino a nivel nacional en el periodo 2016 – 2027 categorizado bajo diferentes criterios. Primero se muestra la proyección de producción de cobre esperada a nivel nacional 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*.

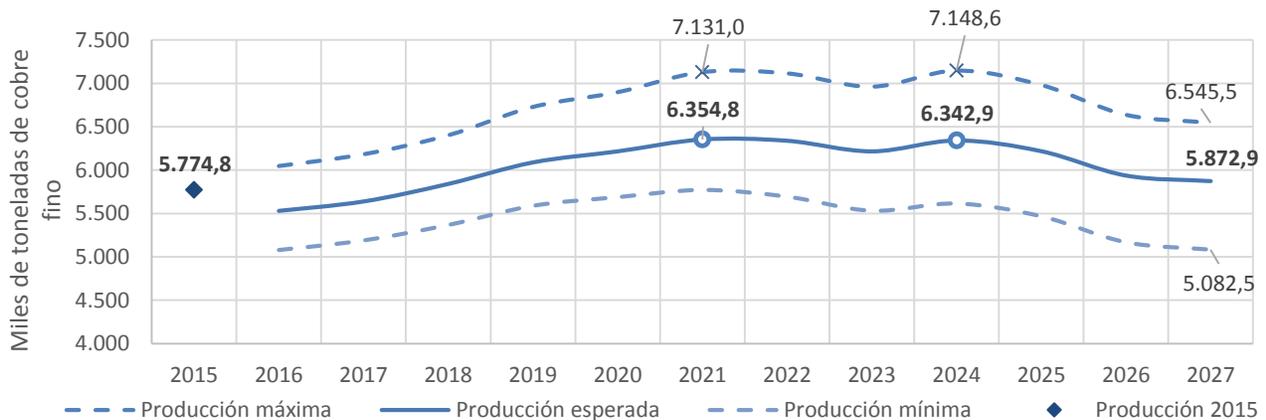
2.1. Proyección nacional de cobre mina 2016 - 2027

Una vez realizada la simulación Montecarlo basada en los estados de certidumbre de los proyectos mineros contemplados en la cartera de inversiones 2016, se estima que existirá un incremento en la producción esperada de cobre del 1,7% hacia el 2027 en referencia a la producción real de 2015. El incremento en la producción de cobre fino posiciona a Chile con una producción nacional de cobre de 5.873 miles de toneladas al año 2027, con un primer *peak* en 2021 de 6.355 miles de toneladas, un crecimiento de 10% con respecto a 2015, y un segundo *peak* productivo de 6.343 miles de toneladas hacia el 2024, 9,8% de crecimiento con respecto a 2015 (figura 1).

La producción máxima posible de cobre de acuerdo a la producción proveniente del catastro de inversiones de 2016 alcanza las 6.546 miles de toneladas de cobre fino en 2027, un 13,3% más de producción con respecto a la declarada en 2015, con un primer *peak* en 2021 de 7.131 miles de toneladas y un segundo *peak* en 2024 con 7.149 miles de toneladas. Este dato es calculado 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.

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 12% al año 2027, llegando a las 5.083 miles de toneladas de cobre fino.

Figura 1: Producción de cobre mina 2015 y proyección periodo 2016 – 2027, a nivel nacional.



Fuente: Cochilco, 2016.



La producción esperada de cobre se puede analizar en tres etapas:

- **Quinquenio 2016 – 2020:** donde la tasa de crecimiento de la producción es de un 1,24% anual y la producción esperada alcanza, al cerrar el quinquenio, las 6.217,3 miles de toneladas de cobre mina al año, un aumento de 7,66% con respecto a 2015.
- **Quinquenio 2021 – 2025:** A pesar de que en este periodo la tasa de crecimiento anual es inferior al quinquenio anterior, 0,004%, es en este quinquenio donde la producción esperada del país alcanza su máximo valor, 6.355 miles de toneladas hacia el 2021, sin embargo el quinquenio se cierra con una producción de 6.218,9 miles de toneladas el año 2025. En este periodo se empieza a observar el fuerte decaimiento de la producción de cátodos SxEw.
- **2026 – 2027:** Es aquí donde la producción de país se reciente por la fuerte caída de producción hidrometalúrgica, con una tasa de crecimiento negativa del 1,89% anual, manteniéndose estable en producciones cercanas a las 5.900 miles de toneladas de cobre fino al año.

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

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

La información sobre los proyectos de inversión se caracteriza por la incertidumbre de la cantidad y calidad de los antecedentes disponibles. Por este motivo COCHILCO generó una metodología que permite asociar atributos tales como etapa de ingeniería (prefactibilidad, factibilidad, etc.), solicitud de permisos medioambientales, fecha de puesta en marcha y tipo de proyecto, a mayor o menor certeza de materialización en los tiempos definidos por las compañías propietarias de estas iniciativas. Esto permitió generar cuatro condiciones: base, probable, posible y potencial⁸.

Se espera que los proyectos y operaciones clasificadas en condición *base* disminuyan gradualmente su producción debido a la disminución de leyes de mineral y por el agotamiento de los recursos. De esta manera la producción de cobre fino de las faenas en esta condición, luego de su *peak* en 2015 de 5.775 miles de toneladas, alcanzan un segundo máximo en 2018 con 5.619 miles de toneladas de cobre, para luego disminuir su producción a partir de este año a una tasa de 1,70% hasta las 4.587,9 miles de toneladas en 2027, un 20,55% menos de producción comparado con 2015. Asimismo, la inclusión de iniciativas en condición *probable* permitiría alivianar la caída de la producción *base*, alcanzando una producción hacia el 2027 de 5.040 miles de toneladas, una caída de 12,72% con respecto a 2015 a una tasa anual de decrecimiento de 1,04%.

La disminución en la producción de los proyectos con mayor probabilidad de materializarse en los plazos indicados por las compañías propietarias, es decir los proyectos en condición *base + probable*, se manifiestan de la siguiente manera en las tres etapas definidas anteriormente:

⁸ Ver informe *Inversión en la minería chilena - Cartera de proyectos 2016 -2025 (Cifuentes, 2016)*.



- **Quinquenio 2016 – 2020:** se estima un decrecimiento de la producción *base* a una tasa de 0,98%, llegando a las 5.443 miles de toneladas, una caída de 5,75% con respecto a 2015. Sin embargo al añadir la producción de los proyectos *probables*, la producción crece a una tasa de 0,59% alcanzando las 5.983,5 miles de toneladas hacia el 2020, un aumento de 3,61%.
- **Quinquenio 2021 – 2025:** En este periodo se espera que la producción *base + probable* disminuya a una tasa de 1,51% alcanzando las 5.462,2 miles de toneladas, un 8,71% menos de producción con respecto al 2020 (5.983,5 miles de toneladas).
- **2026 – 2027:** Este corto periodo se destaca por una tasa de decrecimiento de producción *base + probable* más acelerada que el periodo anterior, 2,65% anual, para caer a cifras cercanas a las 5.040 miles de toneladas, un 7,73% menos de lo alcanzando en 2025 y un 12,72% menos de los producido en 2015.

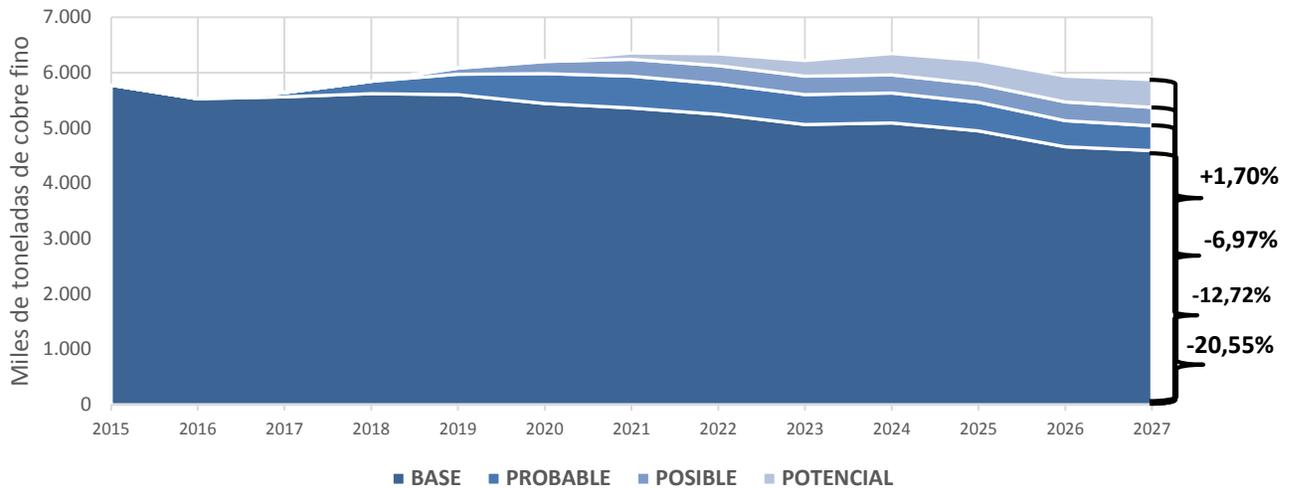
Por otra parte, al añadir a los perfiles de producción *base + probable* aquellas iniciativas en condición *posible*, se disminuiría levemente la caída productiva de un 12,72% de decrecimiento a un 6,97% de decrecimiento, alcanzando las 5.372,6 miles de toneladas, una tasa de decrecimiento de 0,55% anual en el periodo 2015-2027. Así mismo, si se añaden aquellas iniciativas en condición *potencial*, el escenario cambia ya que la producción hacia el 2027 podría crecer en un 1,70%, alcanzando las 5.872,9 miles de toneladas, un crecimiento productivo anual de 0,13%.

En resumen, aquellas iniciativas con menor probabilidad de materializarse en los plazos indicados por sus propietarios, es decir aquellas en condición *posible + potencial*, se comportarían de la siguiente manera:

- **Quinquenio 2016 – 2020:** Se espera que durante este quinquenio el perfil de producción *base + probable*, al añadir aquellas iniciativas en condición *posible*, crezca a una tasa de 1,19% anual hasta alcanzar las 6.200,4 miles de toneladas, un crecimiento de 7,37% con respecto a 2015. Asimismo, si añadimos los proyectos en condición *potencial* a este perfil, la producción crecería a una tasa anual de 1,24% alcanzando las 6.217,3 miles de toneladas, un 7,66% más de lo producido en 2015.
- **Quinquenio 2021 – 2025:** 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 0,004% hasta llegar a las 6.218,9 miles de toneladas, 0,02% más de lo alcanzable en 2020.
- **2026 – 2027:** En este periodo, al añadir las iniciativas en condición *posible + potencial* es posible estabilizar levemente la caída productiva que se observaba en los proyectos *base + probable*. Es así como la producción hacia 2027 caería a una tasa de 1,89% hasta llegar a las 5.872,9 miles de toneladas, un 5,56% menos de producción que lo alcanzando en 2025.



Figura 2: Producción de cobre 2015 y proyección esperada 2016 – 2027, según condición.



Fuente: Cochilco, 2016.

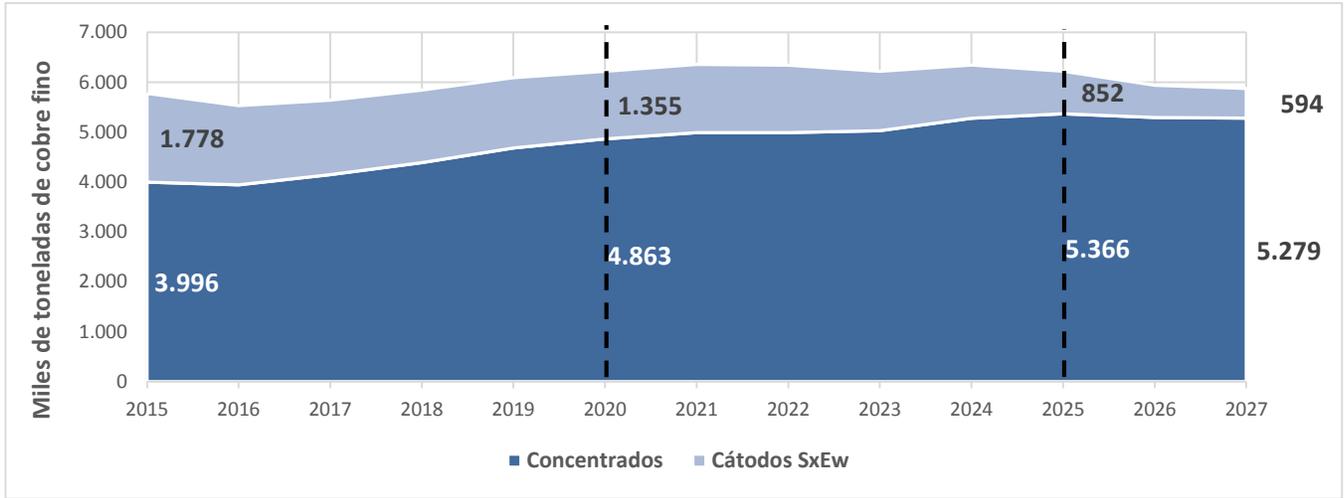
2.1.2. Proyección nacional de producción de cobre fino según producto.

A nivel nacional, se observa un fuerte cambio en la estructura de producto final de la minería del cobre, donde la producción hidrometalúrgica pasa de una participación de 30,8% de la producción total en 2015 a 12% hacia 2027, mientras que la producción de concentrados pasa de una participación del 69,2% al 89,9% hacia el 2027.

La disminución en la estimación de producción de cátodos SxEw al año 2027 se debe principalmente al agotamiento de recursos lixiviables y cierre de operaciones hidrometalúrgicas de algunas faenas de cobre hacia fines del próximo decenio, como por ejemplo Carmen de Andacollo, Franke, Quebrada Blanca, Cerro Negro, Las Cenizas, Mantoverde, El Abra, Mantos Blancos, Spence, Lomas Bayas, Cerro Colorado, Gabriela Mistral, Sagasca, Tres Valles, Pampa Camarones, Los Bronces y CEMIN-Catemu. Asimismo, se observa que algunas operaciones de CODELCO, tales como Chuquicamata (Hidrosur), Radomiro Tomic y Salvador, reducirán sus producciones debido al agotamiento de recursos lixiviables. Asimismo, no se proyectan nuevos proyectos en la cartera de inversiones que reviertan esta tendencia a la baja.



Figura 3: Producción de cobre 2015 y proyección esperada 2016 – 2027, según producto



Fuente: Cochilco, 2016.

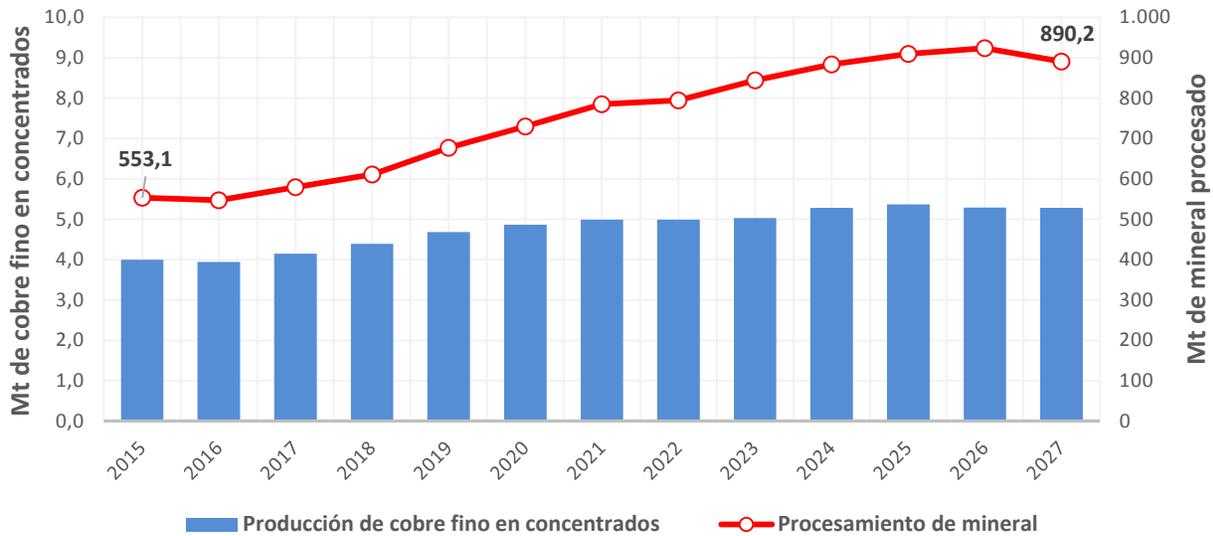
De acuerdo a la proyección realizada, se estima que la producción esperada de cobre fino en cátodos SxEw disminuya en un 66,6% hacia el 2027 con respecto a la producción declarada en 2015, a una tasa de decrecimiento anual de un 8,09%.

Por el contrario, se espera que la producción de cobre fino en concentrados aumente desde las 3.996 miles de toneladas de cobre fino en 2015 hasta las 5.279 miles de toneladas de cobre fino en concentrados en 2027, lo que significa un aumento de un 32,1% en el mismo periodo de tiempo, a una tasa de crecimiento anual de 2,16% (figura 3).

Con respecto a la producción de concentrados, se observa que si esta aumenta en un 32,1%, el procesamiento de mineral asociado a este tipo de producción aumenta en un 67,3% a una tasa de crecimiento anual del 4%, esto quiere decir que el mineral tratado en plantas concentradoras pasa de un total de 553,1 millones de toneladas en 2015 a 890,2 millones de toneladas hacia el 2027 (figura 4).



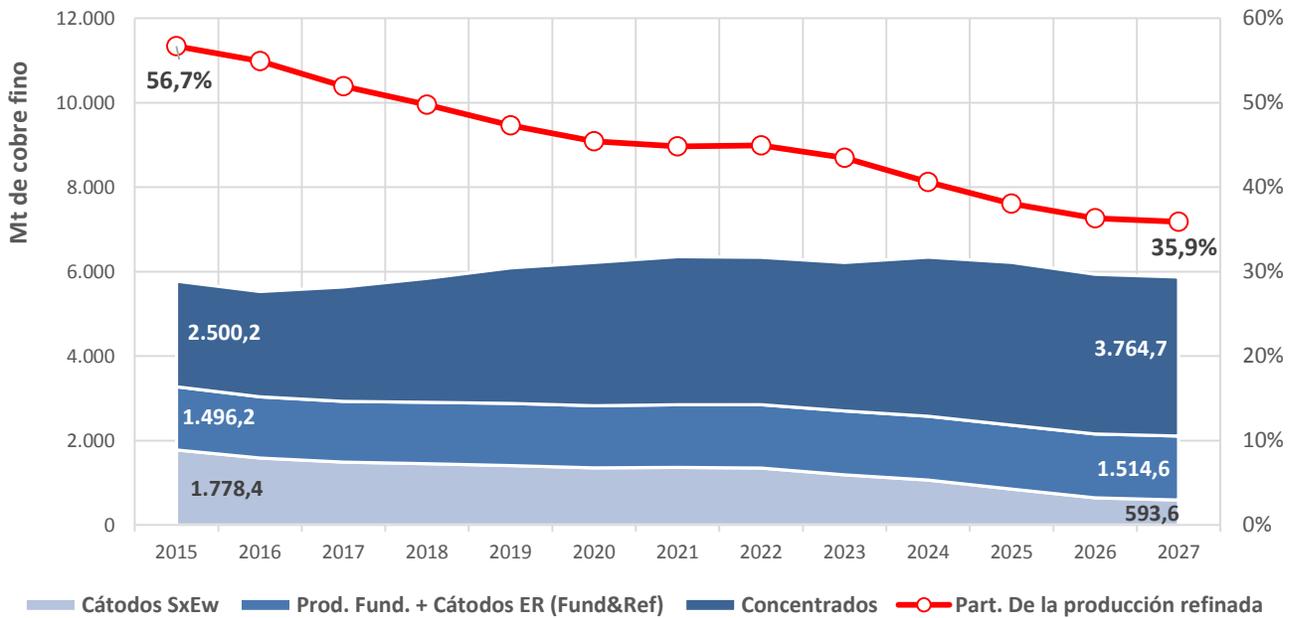
Figura 4: Producción de Cu fino en concentrados vs procesamiento de minerales sulfurados, 2015 - 2027



Fuente: Cochilco, 2016.

Por otra parte, este aumento de producción de concentrados actualmente no está acompañado de algún aumento de producción de refinados en fundición-refinería, por lo cual se esperaría hacia el 2027 una disminución de los refinados de cobre exportados desde el país (figura 5).

Figura 5: Producción de cobre según producto final y participación de la producción de refinados, 2016-2027



Fuente: Cochilco, 2016.

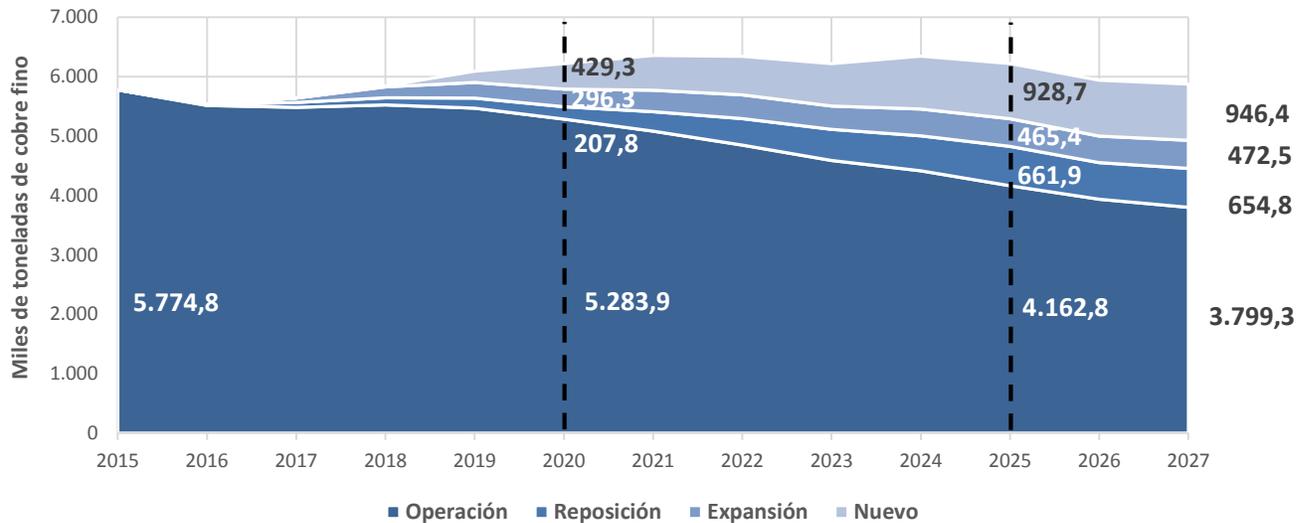


2.1.3. Proyección nacional de producción de cobre fino según tipo de proyecto.

La producción futura se categoriza también según el tipo de proyecto, *nuevos, expansión, reposición y operación*. Es así como se espera que la producción de los proyectos en *operación* disminuyan desde las 5.775 miles de toneladas en 2015 hasta llegar a 3.799,3 miles de toneladas de cobre fino en 2027, lo que significa una reducción del 34,21% a una tasa de decrecimiento de 3,17%. Esta disminución en la producción de los proyectos en *operación* ocurre como un proceso natural de envejecimiento de las faenas actuales al existir una disminución de las leyes y un agotamiento del mineral explotado, muy marcado en las operaciones productoras de cátodos SxEw⁹.

Por otro lado, se espera que los proyectos de expansión y reposición produzcan 1.127,3 miles de toneladas de cobre fino hacia el 2027, lo que en conjunto con la producción de los proyectos que hoy se consideran en *operación* alcanzan un total de 4.926,6 miles de toneladas de cobre fino en el año 2027, un 14,69% menos de producción con respecto a 2015, a una tasa de decrecimiento de 1,21%.

Figura 6: Producción de cobre 2015 y proyección esperada 2016 – 2027, según tipo de proyecto.



Fuente: Cochilco, 2016.

Finalmente, se observa que el leve incremento productivo nacional esperado al año 2027 se deba en gran parte a los *nuevos proyectos* mineros que entrarán en operaciones durante el periodo de este informe. De esta manera se espera que los nuevos proyectos produzcan 946,4 miles de toneladas de cobre fino al año 2027, lo que representa el 16,1% de la producción total esperada para ese año, incrementando la producción nacional en un 1,7% a una tasa de crecimiento de 0,13%.

⁹ Ver capítulo 2.1.2. "Proyección nacional de producción de cobre fino según producto"



Capítulo 3:

Análisis regional de la proyección de producción esperada de cobre fino



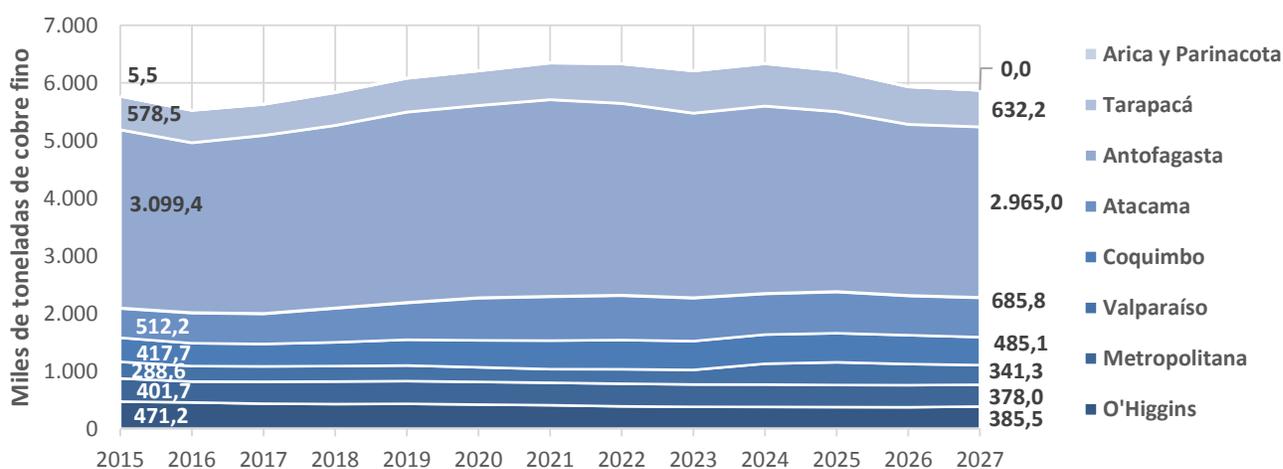
3. Análisis regional de la proyección de producción esperada de cobre fino

En esta sección se mostrarán los principales resultados referentes a la producción de cobre proyectada en el periodo 2016 – 2027 en una perspectiva regional. Primero, se mostrarán las variaciones de producción de todas las regiones mineras productoras de cobre en relación al año 2015, para posteriormente mostrar la proyección de producción para las regiones de Antofagasta y Atacama, regiones con mayor participación en la producción esperada hacia 2027, segmentadas por tipo de proyecto, condición y producto.

3.1. Proyección nacional de cobre mina 2016 - 2027

En la figura 7 se muestra la proyección de producción esperada para la minería chilena por región, donde se observa una concordancia entre la importancia de las regiones en la producción de cobre del país en el presente como en los próximos 12 años. Es así como la región de Antofagasta mantendría su liderazgo en la participación de la producción de cobre a nivel nacional al año 2027 alcanzando una producción de 2.965 miles de toneladas de cobre fino equivalente a un 50,49% de la producción nacional; la región de Atacama pasaría de tener un 8,87% de participación en la producción nacional el año 2015 a alrededor de un 11,68% hacia el 2027 con 685,8 mil toneladas de cobre fino, desplazando a la región de Tarapacá al tercer puesto con una producción de 632,2 mil toneladas de cobre fino hacia el 2027, equivalentes a un 10,77% de participación en la producción nacional.

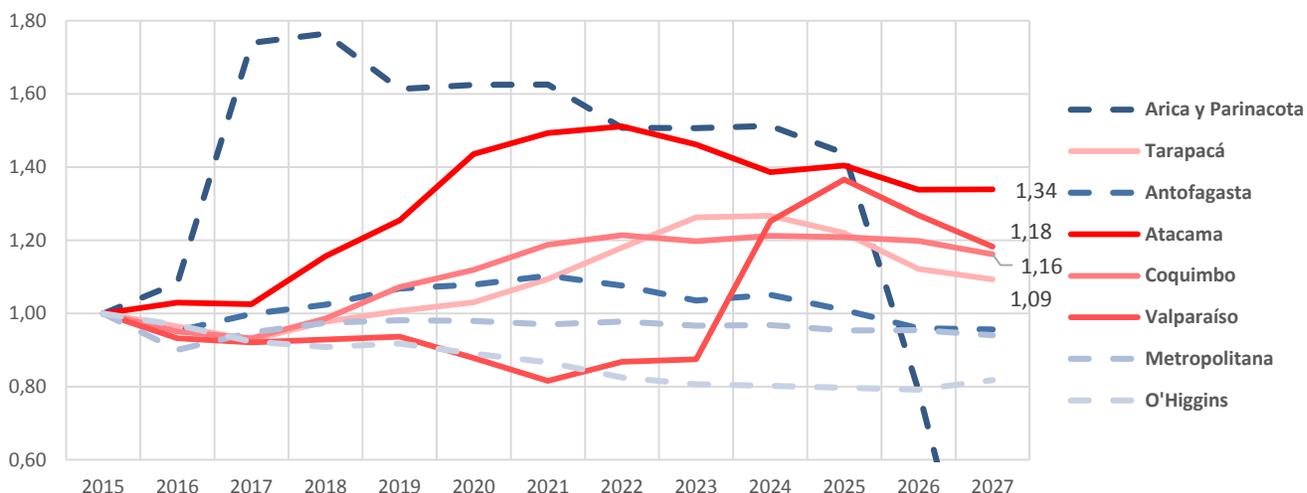
Figura 7: Producción regional de cobre 2015 y proyección de producción esperada 2016 – 2027.



Fuente: Cochilco, 2016.

En la figura 8 se visualiza que las regiones con mayor crecimiento productivo son la región de Atacama con un 34%, la región de Valparaíso con un incremento de su producción anual en un 18%, seguido por la región de Coquimbo con un crecimiento de un 16% y finalmente la región de Tarapacá con un 9. Cabe destacar que entre los años 2017 - 2022 es donde el impulso productivo de la región de Atacama será mayor, mientras que en el caso de Valparaíso será entre 2023 - 2025. El resto de regiones con crecimientos productivos lo hará de forma pareja durante el periodo de análisis.



Figura 8: Índice de variación anual de producción por región en el periodo 2015 - 2027, año base 2015.

Fuente: Cochilco, 2016.

Por otra parte, se observa que las regiones de Arica y Parinacota, que dejará de producir cobre hacia el 2025, Antofagasta, Metropolitana y O'Higgins disminuirían su producción futura entre 4 a 18 puntos porcentuales, específicamente debido a disminución de leyes, cierre de operaciones hidrometalúrgicas y falta de nuevas iniciativas que logren sobrellevar los factores anteriormente nombrados.

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

En esta sección se mostrará la proyección de producción esperada según condición y según producto en las regiones de Antofagasta y Atacama. El criterio de selección de estas regiones se debe más que nada a su importancia en la producción a nivel nacional, ya que al analizar las perspectivas de crecimiento solamente la región de Atacama proyecta un aumento sustancial en su producción.

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

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

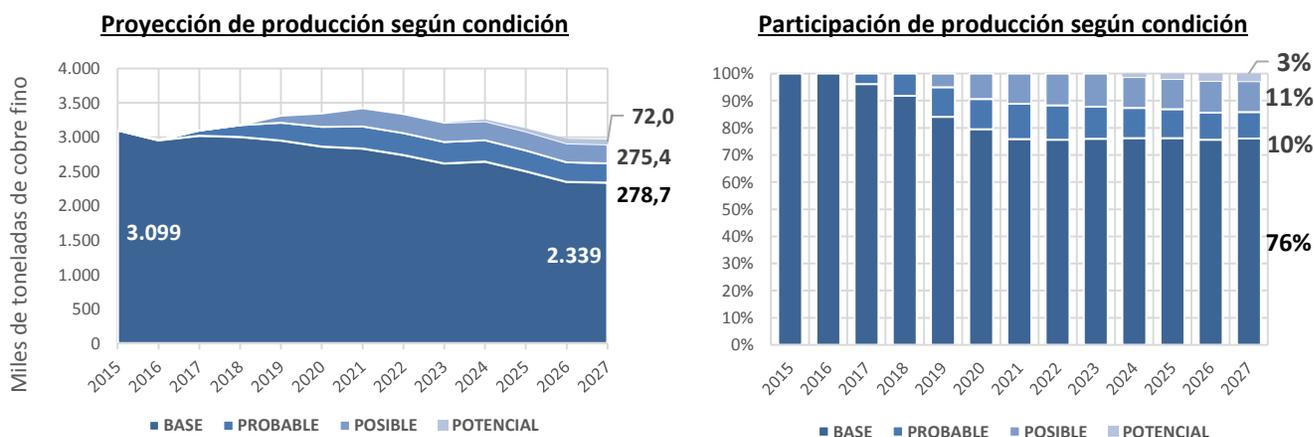
La región de Antofagasta cuenta con la mayor producción del país con 3.099,4 miles de toneladas de cobre fino en 2015, y se espera una caída en su producción de alrededor de 6% hacia el 2027, sin embargo se estima que crezca un 10% hacia el 2021 y tenga una participación importante en la producción nacional hacia el 2027 (50,49% de la producción nacional).

Al revisar la producción de la región por condición, se observa una reducción paulatina de la producción *base*, a una tasa de decrecimiento anual de 2,14%, llegando a un 24,54% menos de producción hacia 2027, o sea, se reduce la producción *base* de la región de Antofagasta de 3.099 miles de toneladas en 2015 a 2.339 miles de



toneladas en el año 2027. Las iniciativas en condición *probable*, *posible* y *potencial* no logran disminuir la caída de la producción de la región, disminuyendo la tasa de decrecimiento a 0,34%, alcanzando una producción de cobre fino hacia 2027 de 2.965 miles de toneladas, un 4,34% menos de producción que el año 2015 (ver figura 9).

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



Fuente: Cochilco, 2016.

Para revisar de mejor forma la evolución de la producción de la región de Antofagasta, revisaremos los quinquenios identificados en el período de análisis:

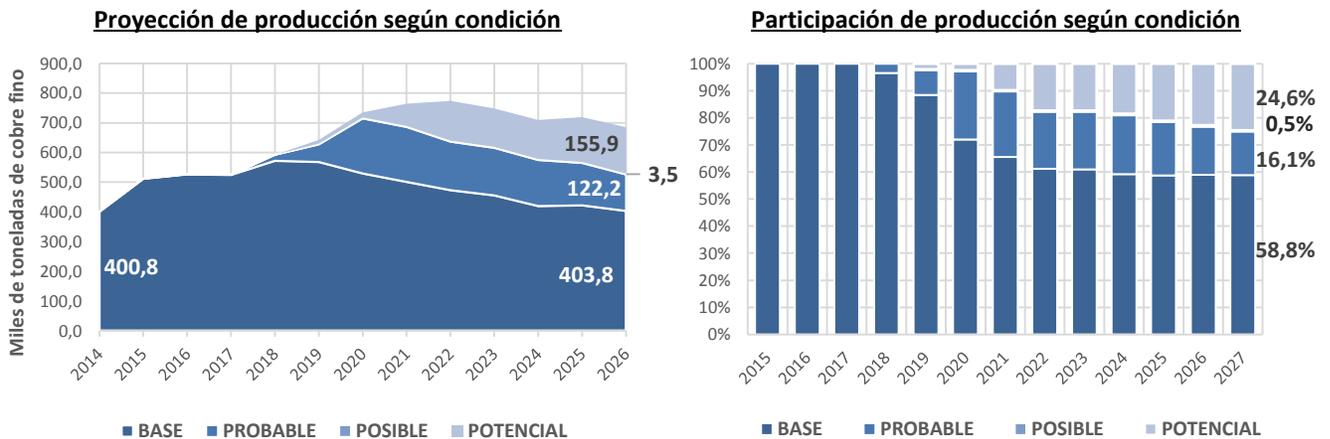
- **Quinquenio 2016 – 2020:** Se espera que durante este quinquenio el perfil de producción crezca en un 7,85% hacia 2020, impulsado principalmente por los proyectos en condición *probable* y *posible*, para así alcanzar una producción de 3.343 miles de toneladas al 2020 a una tasa de crecimiento anual de 1,27%.
- **Quinquenio 2021 – 2025:** A partir de este quinquenio se observa el fuerte decaimiento de la producción de cobre de la región de Antofagasta, pasando de las 3.343 miles de toneladas esperadas para 2020 a cerrar el quinquenio con una disminución de un 6,42% en la producción a una tasa de decrecimiento anual de 1,10%, para llegar a 3.128 miles de toneladas. Cabe destacar dos cosas importantes para este quinquenio: primero, en 2021 se alcanzaría la producción máxima de la región llegando a las 3.419 miles de toneladas de cobre fino, y en segundo lugar, que el decaimiento es contrarrestado por los proyectos en condición *posible* y *potencial*, los cuales aportan con alrededor de 323 mil toneladas hacia el 2025.
- **2026 – 2027:** En este periodo, la producción de la región estabiliza su descenso, llegando hacia el 2027 con un 5,21% menos de producción comparado con 2025, a una tasa de decrecimiento de 1,77% (mucho mayor que el quinquenio 2021 – 2025), alcanzando los 2.965 miles de toneladas de cobre fino hacia el 2027.



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

Atacama sería la segunda región más importante en la producción de cobre mina al año 2027 después de la región de Antofagasta, siendo que esta última disminuiría su producción hacia esa fecha. Para alcanzar esta cifra proyectada se deben concretar la inversión, construcción y operación de proyectos actuales que se encuentran en condición de *probable*, *posible* y *potencial*, siendo los más importantes el primer y tercer grupo de proyectos, ya que aportarían 110 y 169 mil toneladas, respectivamente, de producción hacia el 2027, permitiendo que la producción de la región crezca a tasas de 2,27% anual y alcanzar un 33,9% más de producción comparado con 2015 (685,8 mil toneladas). Esto posicionaría a la región con un alto potencial de crecimiento, pero con probabilidades de que estas producciones sean retrasadas por factores determinantes en la configuración de los proyectos como son el precio del cobre en el mediano-largo plazo, perspectivas de crecimiento de la economía a nivel nacional y mundial, estado de avance en los permisos, relación con las comunidades, disponibilidad de agua y energía, entre otros (ver figura 10).

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



Fuente: Cochilco, 2016.

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

- **Quinquenio 2016 – 2020:** Se espera que durante este quinquenio el perfil de producción *base* crezca en un 3,47% hacia 2020, perfil que al agregar aquellas iniciativas en condición *probable* aumentaría fuertemente en un 39,56% con respecto a 2015. Las iniciativas en condición *posible* y *potencial* aumentarían levemente el perfil *base + probable*, con lo cual la producción de la región de atacama crecería en un 43,57% hasta llegar a 735,3 mil toneladas de cobre fino, una tasa de crecimiento de 6,21%. Este quinquenio es el que se destaca por el crecimiento acelerado de la producción de cobre de la región.
- **Quinquenio 2021 – 2025:** A partir de este quinquenio el fuerte crecimiento observado en el quinquenio anterior se estabiliza, luego de alcanzar su *peak* productivo en el año 2022 con una producción esperada de 774,1 mil toneladas de cobre fino. Es así como la producción *base* cae en un 20,25% hacia 2025, caída que los proyectos en condición *probable* y *posible* no logran desacelerar, ya que al incluir la producción proveniente de estas iniciativas el perfil regional cae en un 20,88%. Sin embargo, si se consideran aquellos



proyectos en condición potencial, la caída de la producción regional con respecto a 2020 es de solo un 2,16%, llegando a una producción esperada de cobre hacia 2025 de 719,4 mil toneladas a una tasa de decrecimiento anual de 0,36%.

- **2026 – 2027:** En este periodo, al compararlo con la producción esperada hacia 2025, se observa un decrecimiento de la producción de cobre fino de 4,68% (incluyendo todas las iniciativas) a una tasa de 1,58% anual de decrecimiento, alcanzando la producción esperada de 685,8 mil toneladas. Nuevamente en este periodo son importantes los aportes productivos de los proyectos en condición *probable* y *potencial*.

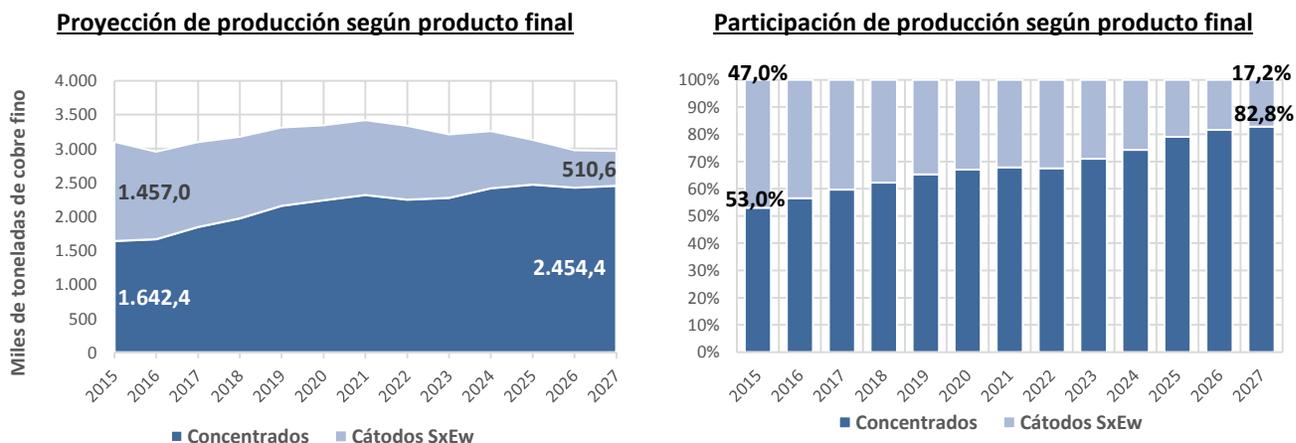
3.3. Proyección nacional de producción de cobre fino según producto.

Es importante hacer la diferenciación de los productos que se generarán en las regiones de interés como son la Antofagasta y Atacama. En este sentido, 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. Como se comentó anteriormente, a nivel nacional, la producción de cátodos electro-obtenidos irá en disminución, contraria a la tendencia de la producción de concentrados que se espera irá en aumento.

3.3.1. Producción de cobre fino según producto: Antofagasta.

La producción de cobre fino en la región de Antofagasta es de 3.099 miles de toneladas de cobre fino en 2015, en donde el 47% corresponde a cátodos electro obtenidos, mientras el restante 53% corresponde a cobre fino contenido en concentrados. El año 2027 se espera que la producción alcanzará las 2.965 miles de toneladas de cobre fino, sin embargo, se estima que la participación en la producción de concentrados aumentará hasta alcanzar 82,8% del total de la región.

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



Fuente: Cochilco, 2016.



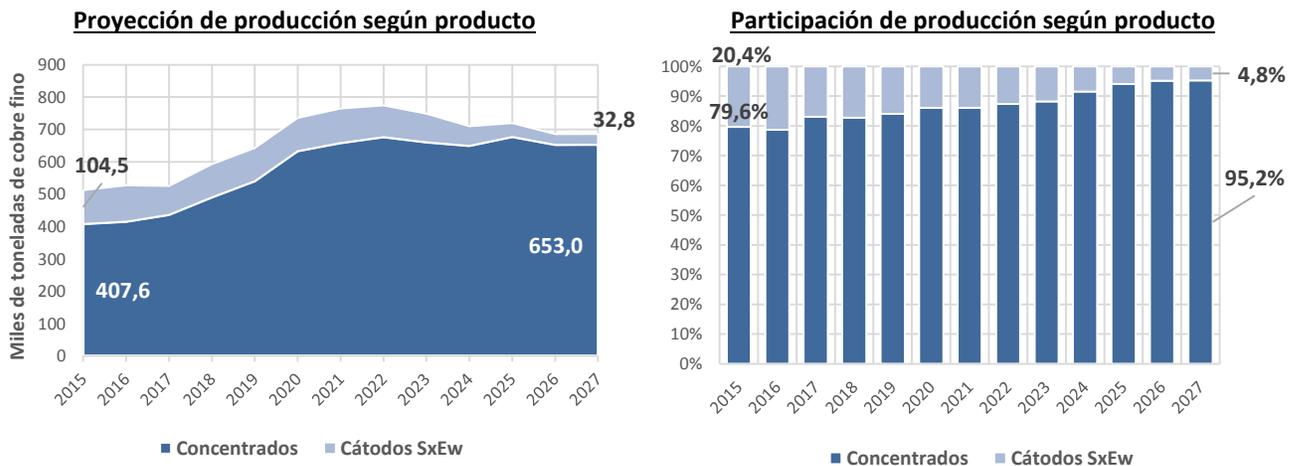
De acuerdo al cálculo efectuado, la producción de concentrados de la región aumentará a una tasa de un 3,14% anual, mientras que la producción de cátodos electro-obtenidos disminuirá en una tasa promedio anual de un 7,75%. De esta manera, la producción total de cobre fino contenido en concentrados aumentará de 1.642,4 miles de toneladas de cobre fino en 2015 a 2.454,4 miles de toneladas de cobre fino en 2027, lo que representa un incremento de un 49,4% respecto del año 2015. Por otro lado, los cátodos electroobtenidos disminuirán desde una producción 1.457 miles de toneladas de cobre en 2015 hasta las 510,6 mil toneladas en el año 2027, un caída de la producción de un 65% (figura 11).

3.3.2. Producción de cobre fino según producto: Atacama.

En la región de Atacama, se espera que la producción total de cobre aumente en un 33,9% respecto del año 2015 por el incremento en la producción de concentrados. Se espera los concentrados aumenten su producción de 407,6 mil toneladas en 2015 hasta las 653 mil toneladas de cobre fino en 2027. Este incremento en la producción de concentrados se debe a dos factores: el primero corresponde al inicio en la operación y producción de faenas de tipo *nuevas* las cuales consideran el procesamiento de minerales sulfurados y no de minerales oxidados de cobre, y segundo, los proyectos de tipo *reposición* y *expansión* no consideran el aumento productivo a través del aumento en el procesamiento de minerales oxidados de cobre. De esta manera, se espera que al año 2027 el 82,8% de la producción de cobre fino corresponda a concentrados.

Se espera que la tasa de crecimiento de la producción de concentrados sea de un 3,69% anual, lo que se traduciría en un aumento de un 60,2% de este tipo de producto. Asimismo, la tasa de decrecimiento de la producción de cátodos sería de un 8,53% anual, con una disminución de la producción hidrometalúrgica en la región en un 68,6% (figura 12).

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



Fuente: Cochilco, 2016.



Capítulo 4:

Comentarios finales



4. Comentarios finales

Con la información obtenida del informe *Inversión en la minería chilena - Cartera de proyectos 2016 -2025*, realizado por Cochilco y publicado en septiembre de 2016, fue posible identificar la producción de cobre asociada a las iniciativas catastradas y proyectarla para los próximos 12 años. Cabe destacar que esta proyección es insumo primordial para las proyecciones de consumo de energía y agua que la Comisión realiza año a año.

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 escenario no considera retrasos ni mucho menos problemas productivos a lo largo de la vida útil de los proyectos catastrados.

Al aplicar los vectores de probabilidad a la producción máxima, se observa que el crecimiento esperado hacia 2027 es de un 1,7% con respecto a 2015, alcanzando las 5.873 miles de toneladas de cobre fino, manteniéndose los *peaks* en los años 2021 y 2024 con 6.355 miles de toneladas y 6.343 miles de toneladas, respectivamente.

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

Se espera que los proyectos y operaciones en condición *base* disminuyan su producción hacia el 2027 en un 20,55% con respecto a 2015 hasta alcanzar las 4.587,9 miles de toneladas de cobre fino. Al incluir a este perfil aquellas iniciativas en condición *probable*, disminuiría la caída productiva a un 12,72% hacia el 2027 alcanzando las 5.040 miles de toneladas de cobre fino, a una tasa de decrecimiento de 1,04% anual.

Por otra parte, al añadir al perfil anterior las iniciativas en condición *posible*, la caída productiva hacia el 2027 pasa de un 12,72% menos comparado con 2015 a un 6,97% menos de producción, para alcanzar una producción esperada de 5.372,6 miles de toneladas. Así mismo, si se añaden los proyectos en condición *potencial*, estos permitirían aumentar la producción nacional en un 1,7% hacia 2027, alcanzando las 5.872,9 miles de toneladas, a una tasa anual de crecimiento de 0,13%.

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

Al categorizar la producción futura esperada según tipo de proyecto, *nuevos*, *expansión*, *reposición* y *operación*, se observa que las faenas catalogadas en *operación* disminuirán su producción desde las 5.775 miles de toneladas producidas en 2015 hasta las 3.799,3 miles de toneladas en 2027, una reducción de un 34,21% a una tasa de decrecimiento de 3,17% anual. Esto producto del envejecimiento de las faenas actuales, con su consiguiente disminución de leyes y agotamiento de mineral a explotar, situación muy marcada en las operaciones hidrometalúrgicas.

Al incluir los proyectos de *reposición* y *expansión*, estos añadirían hacia el 2027 una producción conjunta de 1.127,3 miles de toneladas, reduciendo la caída productiva de un 34,21% a un 14,69%. Finalmente se observa que aquellos proyectos catalogados como *nuevos* son los que permitirían el aumento esperado de la producción de un 1,7% hacia 2027 añadiendo una producción de 946,4 mil toneladas al perfil de producción nacional.



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

Se confirma el cambio en la estructura productiva de cobre, donde la producción de cátodos SxEw pasa de una participación de 30,8% en la producción total en 2015 hasta un 12% hacia 2027, una caída de 66,6% en la producción con respecto a 2015, llegando a las 594 mil toneladas de cobre fino en cátodos, a una tasa de decrecimiento de 8,09% anual.

Por otra parte, la producción de cobre fino en concentrados aumenta su participación desde un 69,2% en 2005 a un 89,9% en 2027, un incremento de 32,1% con respecto a 2015 llegando a las 5.279 miles de toneladas de cobre fino en concentrados.

Sin embargo el crecimiento de la producción de concentrados, y la disminución de leyes de los nuevos proyectos, hace que el nivel de procesamiento de minerales en plantas concentradoras pase de 553,1 millones de toneladas procesadas en 2015 a alrededor de 890,2 millones de toneladas hacia 2027, más que duplicando el crecimiento de la producción de cobre fino en concentrados (aumento de 67,3%).

A su vez, el aumento de producción de concentrados no va asociado a ningún proyecto de aumento de producción de cátodos de fundición-refinería, que unido a la caída de la producción hidrometalúrgica, disminuiría la participación de los refinados de cobre en las exportaciones del país, desde un 56,7% en 2015 a solo un 35,9% en 2027.

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

Se observa un crecimiento en la producción en las regiones de Tarapacá (+9,3%), Atacama (+33,9%), Coquimbo (+16,1%) y Valparaíso (+18,3%), sin embargo y a pesar de su disminución en la producción (-4,3%), la región de Antofagasta mantendría su liderazgo como principal productor de cobre del país con un 50,49% de participación en la producción nacional hacia 2027, bajando la actual participación de casi un 54%.





Anexos



Anexo 1: Proyección de producción a nivel nacional al año 2027

En la tabla 4 se muestra el detalle de la proyección esperada de producción de cobre fino mina a nivel nacional en el periodo 2016 – 2027. Esta producción se estima en 5.529,5 miles de toneladas de cobre en 2016, para luego aumentar hasta 5.872,9 miles de toneladas en 2027. Por otro lado, la producción máxima y mínima posible, en base a la cartera de proyectos 2016, sería de 6.545,5 miles de toneladas de cobre fino y 5.082,5 miles de toneladas hacia el 2027, respectivamente.

Tabla 4: Proyección esperada, cap. máxima y mínima de producción, 2016 – 2027.

	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
Producción máxima	6.045,9	6.181,6	6.401,5	6.728,6	6.899,2	7.131,0	7.116,5	6.962,9	7.148,6	6.981,7	6.637,1	6.545,5
Producción esperada	5.529,5	5.637,9	5.841,0	6.089,2	6.217,3	6.354,8	6.339,7	6.217,1	6.342,9	6.218,9	5.937,3	5.872,9
Producción mínima	5.078,5	5.189,0	5.366,7	5.587,0	5.686,6	5.769,5	5.692,1	5.530,3	5.613,1	5.466,0	5.167,5	5.082,5

Fuente: Cochilco, 2016.

En la tabla 5 se muestran las proyecciones de producción máxima según tipo de proyecto, mientras que en las tablas 6, 7 y 8 se muestran los datos de la producción de cobre esperada al año 2027 agregado según diferentes clasificaciones.

Tabla 5: Proyección máxima de producción de cobre a nivel nacional según condición, 2016 – 2027.

Condición	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
BASE	6.045,9	6.092,2	6.142,0	6.112,4	5.941,4	5.842,4	5.716,3	5.510,6	5.551,3	5.395,2	5.073,1	4.993,3
PROBABLE	0,0	89,4	263,5	435,1	629,0	663,9	628,4	608,8	599,0	570,8	521,5	496,7
POSIBLE	0,0	0,0	0,0	155,2	302,5	406,1	410,5	407,9	397,6	397,4	403,2	389,8
POTENCIAL	0,0	0,0	0,0	25,9	30,2	218,5	361,3	435,6	600,6	618,3	639,2	665,7
Total	6.045,9	6.181,6	6.405,5	6.728,6	6.903,2	7.131,0	7.116,5	6.962,9	7.148,6	6.981,7	6.637,1	6.545,5

Fuente: Cochilco, 2016.

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

Condición	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
BASE	5.529,5	5.563,3	5.618,5	5.601,0	5.443,0	5.359,2	5.243,7	5.061,7	5.091,8	4.946,6	4.658,3	4.587,9
PROBABLE	0,0	74,5	222,5	371,1	540,4	576,0	552,2	541,3	536,8	515,7	471,8	452,1
POSIBLE	0,0	0,0	0,0	104,5	216,9	303,0	327,7	332,9	328,6	332,1	339,8	332,6
POTENCIAL	0,0	0,0	0,0	12,5	16,9	116,6	216,1	281,2	385,7	424,5	467,4	500,4
Total	5.529,5	5.637,9	5.841,0	6.089,2	6.217,3	6.354,8	6.339,7	6.217,1	6.342,9	6.218,9	5.937,3	5.872,9

Fuente: Cochilco, 2016.



Tabla 7: Proyección esperada de producción de cobre a nivel nacional según producto, 2016 – 2027.

Producto final	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
Concentrados	3.942,2	4.146,8	4.387,5	4.680,8	4.862,8	4.988,8	4.989,2	5.027,8	5.276,8	5.366,4	5.292,1	5.279,3
Cátodos EW	1.587,3	1.491,1	1.453,4	1.408,4	1.354,5	1.366,0	1.350,4	1.189,3	1.066,1	852,4	645,2	593,6
Total	5.529,5	5.637,9	5.841,0	6.089,2	6.217,3	6.354,8	6.339,7	6.217,1	6.342,9	6.218,9	5.937,3	5.872,9

Fuente: Cochilco, 2016.

Tabla 8: Proyección esperada de prod. de cobre a nivel nacional según tipo de proyecto, 2016 – 2027.

Tipo de proyecto	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
Operación	5.513,1	5.481,4	5.522,6	5.467,6	5.283,9	5.081,0	4.846,2	4.587,6	4.413,9	4.162,8	3.936,0	3.799,3
Reposición	16,4	81,9	119,9	169,5	207,8	327,3	445,5	523,5	588,3	661,9	615,4	654,8
Expansión	0,0	74,5	182,8	263,0	296,3	361,4	400,0	392,1	451,0	465,4	446,4	472,5
Nuevo	0,0	0,0	15,6	189,1	429,3	585,2	648,0	713,9	889,6	928,7	939,5	946,4
Total	5.529,5	5.637,9	5.841,0	6.089,2	6.217,3	6.354,8	6.339,7	6.217,1	6.342,9	6.218,9	5.937,3	5.872,9

Fuente: Cochilco, 2016.



Anexo 2: 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

Noviembre/ 2016

