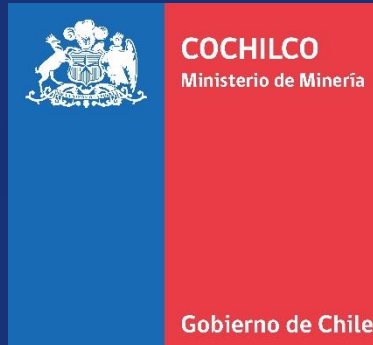


Comisión Chilena del Cobre
Dirección de Estudios y Políticas Públicas



Proyección de la Producción de Cobre en Chile

Período 2024-2034

DEEP 33/2024

RPI N° en trámite

Resumen Ejecutivo



Los resultados obtenidos en la proyección de producción esperada de cobre para el periodo 2024-2034 muestran un crecimiento del 5,6% respecto a la producción real de 2023 correspondiente a 5,25 millones de toneladas de cobre fino.

Se espera que Chile alcance una producción de cobre de 5,54 millones de toneladas el año 2034, con una tasa de crecimiento anual promedio de 0,5% respecto a la producción de 2023. El *peak* productivo se estima para el año 2027, con 6,07 millones de toneladas, recuperando el terreno retrocedido los dos años posteriores a la pandemia de Covid 2019.

Como se ha observado en versiones anteriores de este trabajo, las operaciones de óxidos están mostrando signos de agotamiento progresivo. La participación de la producción hidrometalúrgica en la matriz productiva nacional disminuirá en el tiempo, pasando de representar el 19,6% en 2024 (1,06 millones de toneladas) al 12,3% en 2034 (681 mil toneladas), lo que representa una caída del 35,8%. Esto se debe a la proyección del cierre de operaciones de líneas hidrometalúrgicas hacia fines del periodo analizado.

Por otra parte, el foco inversionista actual se centra en la explotación de minerales sulfurados, lo que impactará positivamente en la producción de concentrados. Esta pasará de representar cerca del 80% de la producción total en 2024 a consolidarse como el pilar central de la

matriz productiva en 2034. Este cambio estructural responde a la disponibilidad de minerales sulfurados, la capacidad instalada en plantas de flotación, y la ejecución efectiva de proyectos estratégicos incluidos en la cartera de inversiones.

A pesar de estos avances, el envejecimiento natural de los yacimientos actuales, el retraso en la ejecución de proyectos de expansión/reposición y la escasez de nuevos proyectos podrían limitar el potencial de crecimiento hacia 2034. Para alcanzar las metas productivas modeladas, resulta crucial la materialización de las iniciativas presentes en la cartera de inversiones nacional. Estas iniciativas contribuirán a mitigar la caída natural de producción de las operaciones existentes, permitiendo una producción rodeando las 6 millones de toneladas de cobre fino a nivel nacional proyectada hacia 2034.

Finalmente, es relevante subrayar que el contexto global y los desafíos asociados a factores ambientales, sociales y de gobernanza (ESG) también jugarán un rol clave en el desempeño futuro de la industria minera chilena. Esto exige un compromiso constante con la innovación, la adaptación al cambio climático y la mejora continua de la competitividad del sector.

Tabla de Contenidos



Introducción

Análisis Nacional de la Proyección de Producción de Cobre Fino

- Proyección Nacional de Cobre Mina 2024-2034
- Proyección de Producción de Cobre Fino según Condición
- Proyección de Producción de Cobre Fino según Producto
- Proyección de Producción de Cobre Fino según Método de Explotación
- Producción de Cobre en Chile y su Participación Mundial

Análisis Regional de la Proyección de Producción de Cobre Fino

- Proyección Regional de Cobre Mina
- Proyección Regional de Producción: Tarapacá y Antofagasta
- Proyección Regional de Producción: Atacama y Coquimbo

Comentarios Finales

Anexos



Foto: iStock, cokada.

Introducción



Este informe corresponde a la décima edición de la proyección de producción de cobre, elaborada en el marco de la línea de trabajo iniciada en 2015 como un subproducto del informe anual de inversiones desarrollado por COCHILCO.

Surge de la necesidad de establecer una metodología robusta que permita proyectar el aporte productivo futuro de las iniciativas presentes en la cartera de inversiones, considerando tanto las operaciones activas como los nuevos proyectos que entrarán en operación.

El principal objetivo de este documento es proyectar la producción de cobre mina del país para el período 2024-2034. A partir de datos históricos, se utiliza una simulación de Montecarlo basada en la información contenida en la última cartera de inversiones, lo que permite identificar la capacidad máxima de producción de cobre mina para los próximos años.

El análisis se desarrolla en dos etapas. Primero, se realiza una revisión detallada de la proyección de producción de cobre a nivel nacional, desglosada por condición, producto final y tipo. Luego, se lleva a cabo un análisis regional enfocado en las variaciones significativas observadas en la producción.

Descripción de la Metodología

01 Actualización de ponderadores determinísticos de producción futura más probable con información histórica 2006 - 2023



02 Cálculo de Escenarios de producción

— Escenario de producción mínima

● Escenario de producción más probable

+ Escenario de producción máxima

03 Simulación Montecarlo de Producción Esperada en función de escenarios determinísticos de producción máxima, más probable y mínima.



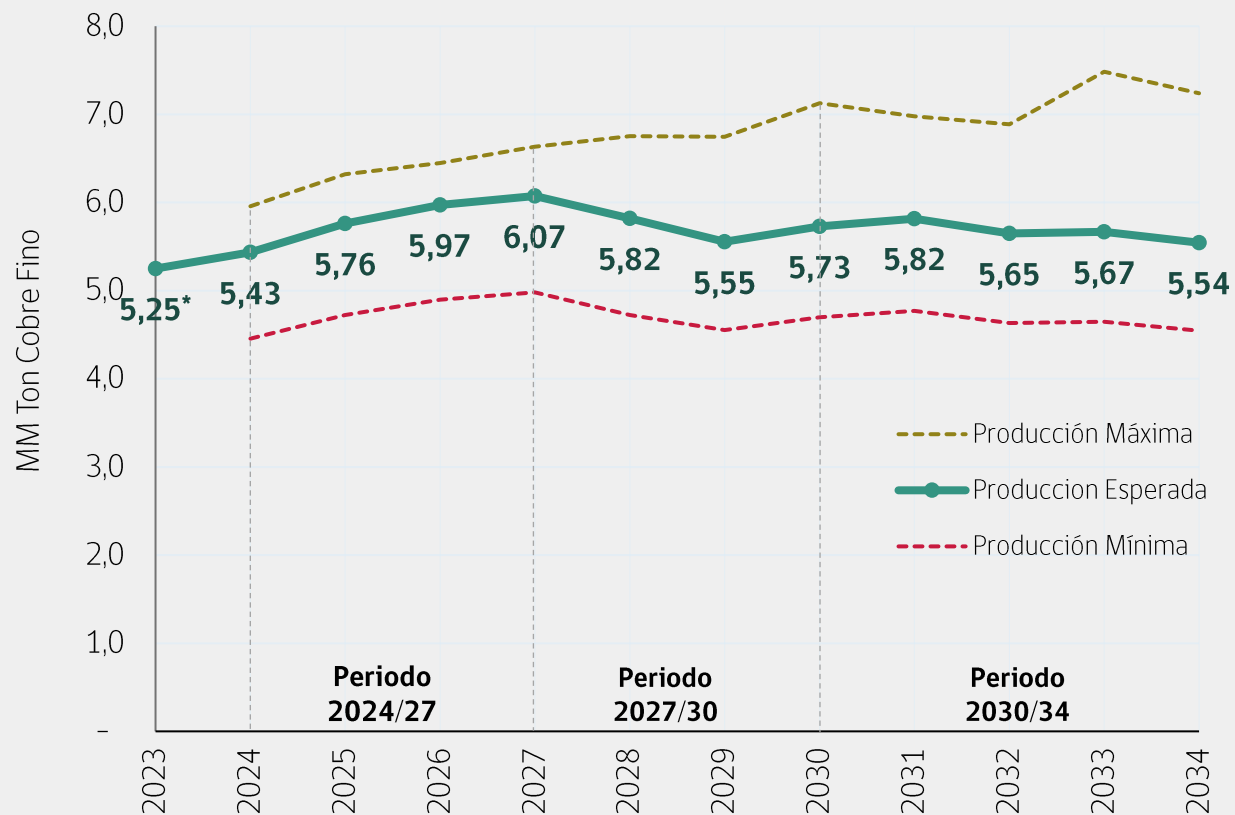


Análisis Nacional de la Proyección de Producción de Cobre Fino 2024 - 2034

Proyección Nacional de Cobre Mina 2024-2034



Proyección de Producción de Cobre Mina en Chile Período 2024 - 2034



(* Producción de cobre mina real para el año 2023)

Fuente: Cochilco (2024).

Los resultados obtenidos en la proyección de producción esperada de cobre para el periodo 2024-2034 muestran un crecimiento del 5,6% respecto a la producción real de 2023. Esto significa que nuestro país alcanzaría una producción esperada de cobre de 5,54 millones de toneladas al año 2034, a una tasa de crecimiento promedio anual de 0,5%, con un *peak* en el año 2027 de 6,07 millones de toneladas.

2024 - 2027: Se espera una producción de 5,43 millones de toneladas para 2024, con una tendencia al alza hasta alcanzar una producción máxima esperada de 6,07 millones de toneladas de cobre fino el año 2027. El crecimiento de la producción para el periodo 2024-2027 será a una tasa anual promedio de 3,7%.

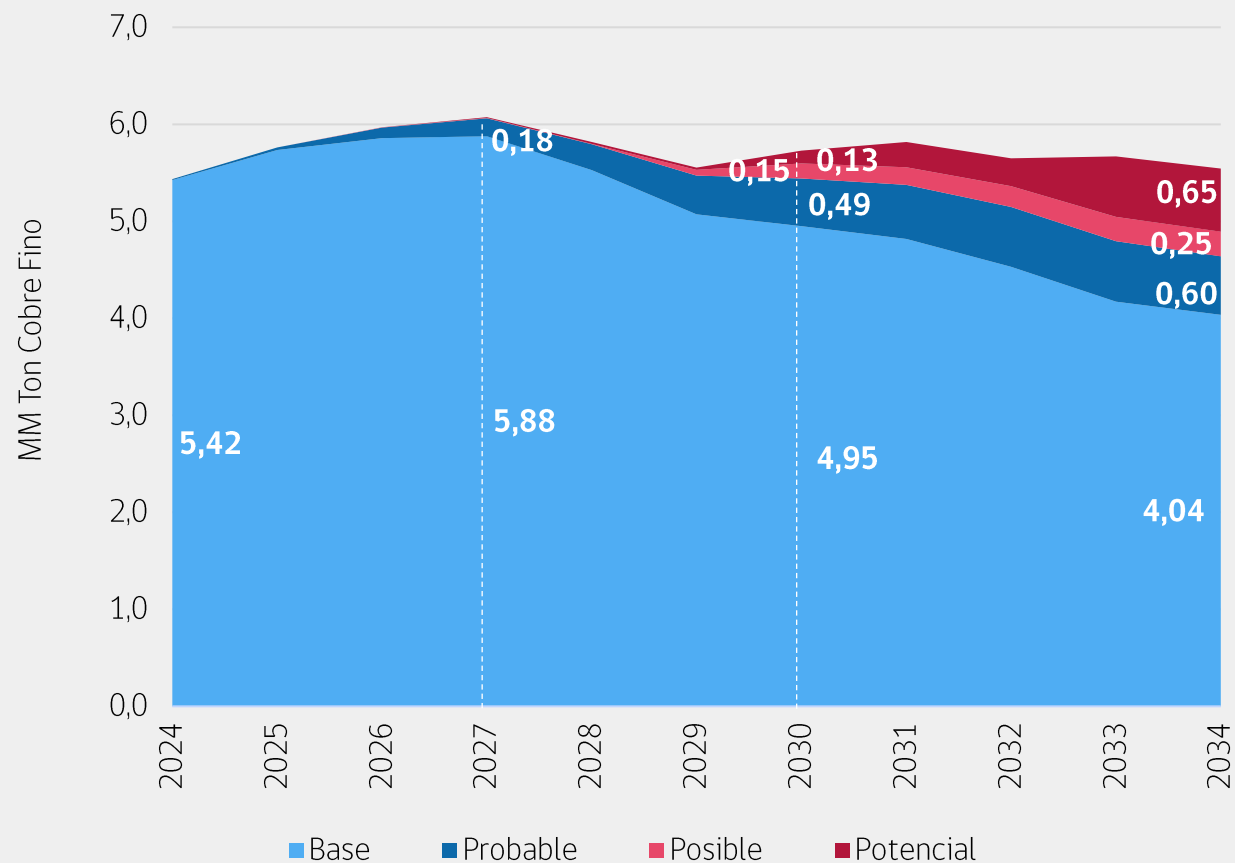
2027 - 2030: Luego de alcanzar el máximo productivo en 2027, la tendencia a la baja se hace notoria, disminuyendo a un ritmo anual de 1,9%. En este periodo, el mínimo se da en 2029 con un total de 5,55 millones de toneladas. En 2030, se prevé un aumento de producción gracias a la materialización de proyectos, aumentando la producción a un total de 5,73 millones de toneladas.

- **2030 - 2034:** La tendencia al alza llega a su fin en 2031, con un total de 5,82 millones de toneladas en este periodo, luego la producción cae a un ritmo anual de 1,6%. Esta reducción se debe a que las operaciones existentes en 2023, tanto de sulfuros como de óxidos, y en particular las de óxido, disminuirán progresivamente su producción por la disminución de las leyes del mineral por su explotación.

Proyección de Producción de Cobre Fino según Condición



Proyección de Producción de Cobre Fino en Chile, según Condición Período 2024 - 2034



Fuente: Cochilco (2024).

Los proyectos y operaciones consideradas en la Condición Base se prevé que experimentarán una disminución en la producción, estimada en un 25,5% para el período 2024-2034, lo que equivale a una tasa anual de -2,9%. Esta tendencia a la baja alcanzaría su punto mínimo al cierre del período analizado, con una producción estimada de 4,04 millones de toneladas, mientras que el máximo productivo se registraría en 2027, con 5,88 millones de toneladas.

En el caso de que las iniciativas catalogadas como Condición Probable lleguen a concretarse, se espera que la disminución en la producción de cobre sea menos pronunciada. En este escenario, la producción mostraría una reducción más moderada, con una tasa anual de -1,6%. Hacia 2034, la producción alcanzaría 4,64 millones de toneladas, representando una baja de 14,6% en comparación con la producción esperada para 2024. Además, se estima que el punto máximo de producción en este caso se registre en 2027, con 6,06 millones de toneladas.

Si las iniciativas en la Condición Posible entraran efectivamente en operación, la disminución de la producción sería todavía menor. En este escenario, la producción llegaría a 4,9 millones de toneladas el 2034, reflejando una reducción de 9,8% en el período analizado, con una tasa anual de -1,03%.

Finalmente, al considerar los proyectos en Condición Potencial, no solo se mitigaría la caída en la producción, sino que se alcanzaría un incremento en comparación con los niveles de 2024. En este escenario, la producción de cobre crecería un 2,03% hacia 2034, alcanzando 5,54 millones de toneladas, con una tasa anual de crecimiento del 0,2%. El máximo productivo en este caso se registraría en 2027, con 6,07 millones de toneladas.

Proyección de Producción de Cobre Fino según Producto



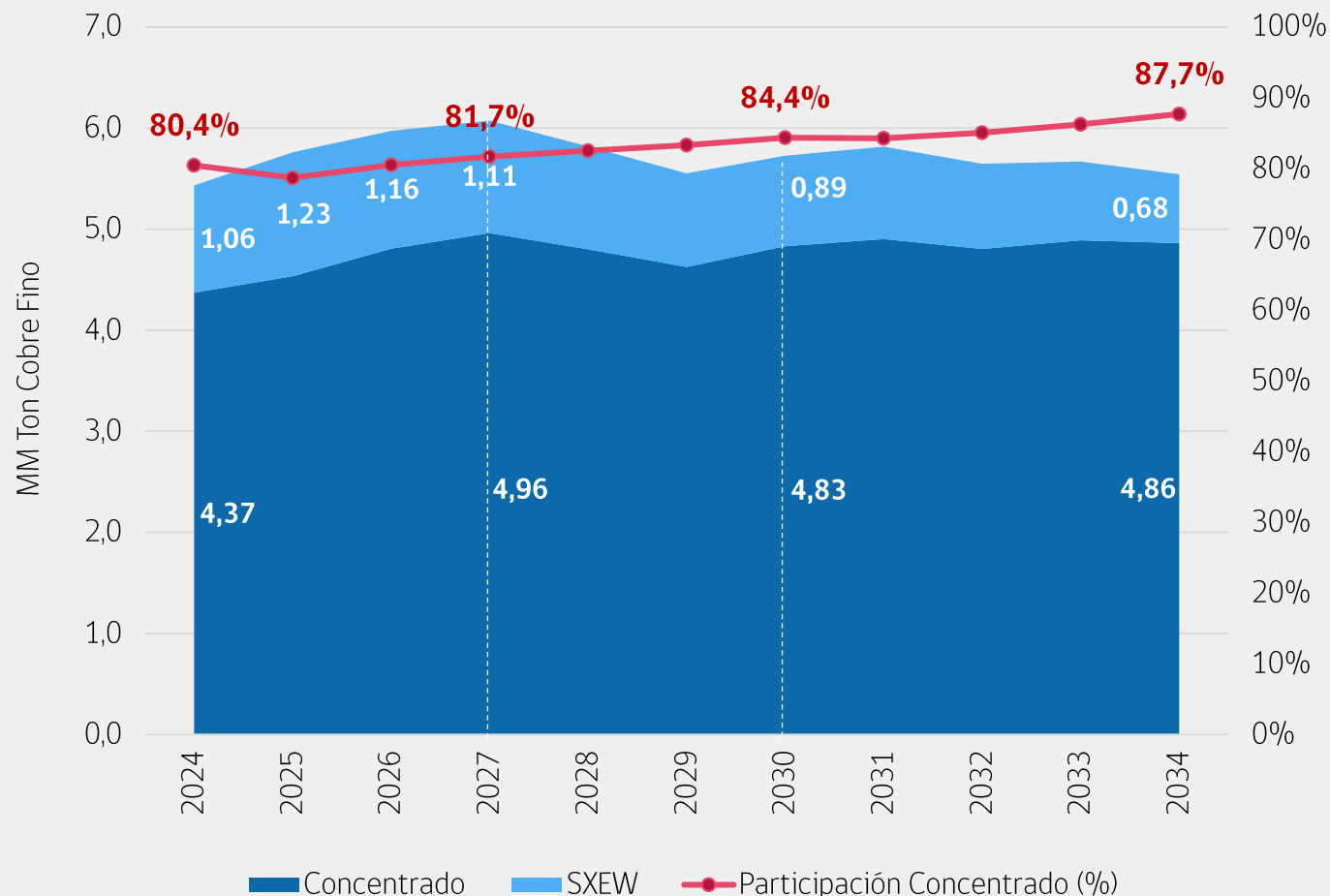
En Chile, las líneas productivas basadas en óxidos de cobre, donde el mineral es procesado mediante lixiviación para obtener una solución rica (PLS) y posteriormente recuperado a través de electroobtención (SXEW), están mostrando un agotamiento significativo de minerales lixiviables. Este fenómeno ya está impactando la producción de cátodos de cobre fino y sugiere una tendencia a la baja en los próximos años.

De acuerdo con nuestro estudio actualizado, se estima que la producción de cátodos SXEW alcanzará su punto máximo en 2025, con 1,23 millones de toneladas de cobre fino. Sin embargo, a partir de ese año, se proyecta una disminución debido al agotamiento progresivo de óxidos procesables, lo que afectará la sostenibilidad de estas líneas productivas en el largo plazo.

Nuestro análisis muestra que, para el período 2024-2034, la producción de cátodos SXEW pasará de representar el 19,6% de la producción total en 2024 (equivalente a 1,06 millones de toneladas) a un 12,3% en 2034, con cerca de 681 mil toneladas. Esto equivale a una reducción del 44,0% en una década, lo que resalta el impacto del agotamiento de este tipo de mineral y la falta de proyectos para extender la vida útil de estas operaciones.

A pesar de esta caída, nuestro análisis también indica que la producción de concentrados seguirá siendo el pilar central de la matriz productiva nacional. Esto se explica por la disponibilidad de minerales sulfurados, la capacidad instalada en plantas de flotación, y una cartera de proyectos estratégicos que permitirían mantener la producción total en torno a los 6 millones de toneladas de cobre fino durante la próxima década. No obstante, este escenario también dependerá de la ejecución efectiva de estos proyectos y de condiciones económicas y ambientales favorables.

Proyección de Producción de Cobre Fino en Chile, según Producto Período 2024 - 2034



Fuente: Cochilco (2024).

Proyección de Producción de Cobre Fino según Producto

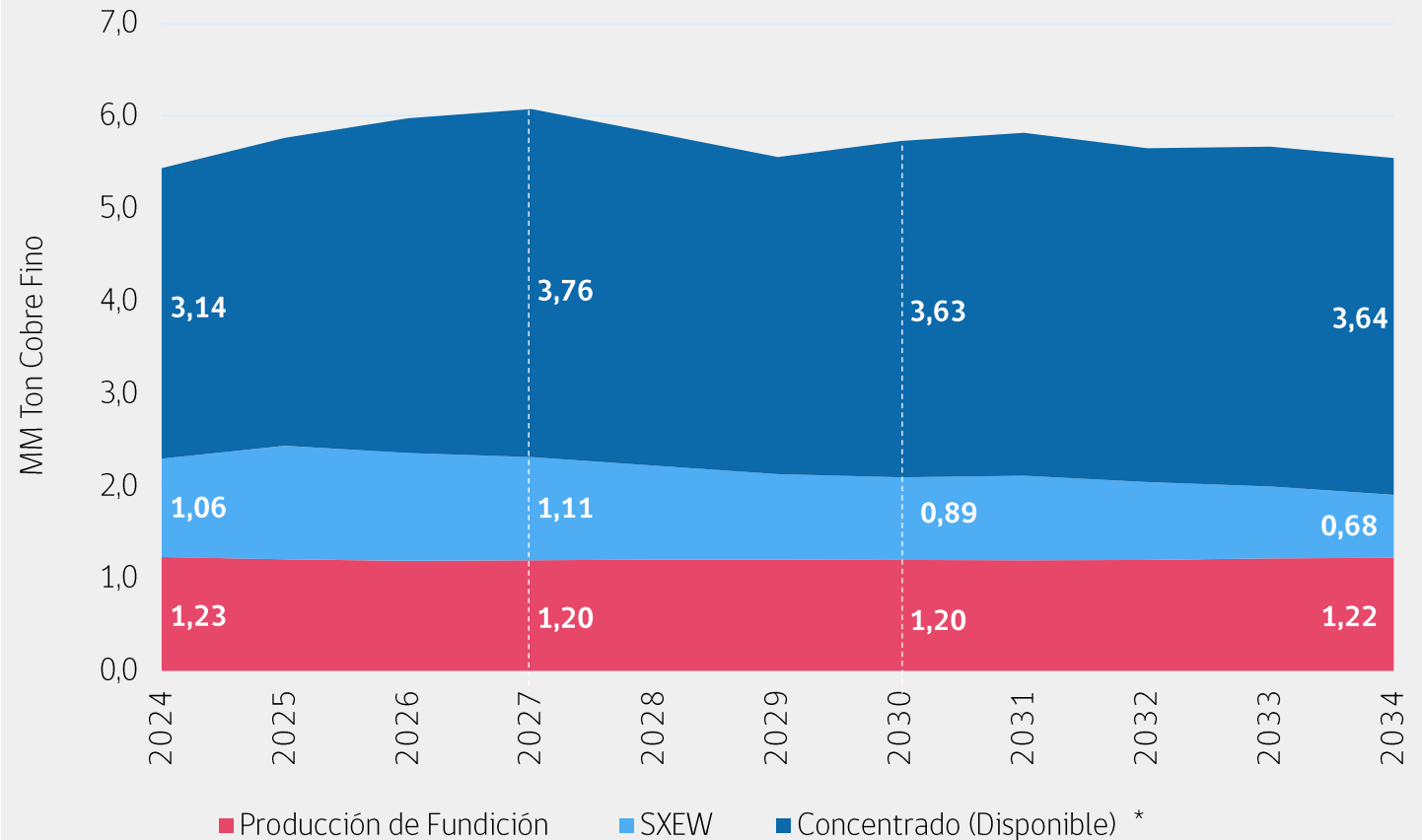


La producción de cobre fino en Chile para el periodo 2024-2034 se proyecta con una tendencia estable en torno a los 5,8 millones de toneladas anuales, aunque con variaciones en su composición.

Durante el periodo 2024-2026, se espera que las exportaciones de cobre fino en forma de concentrados se mantengan cercanas a los 3,3 millones de toneladas anuales. Sin embargo, para el periodo 2027-2034, se proyecta un aumento en los concentrados disponibles para exportación, alcanzando aproximadamente 3,6 millones de toneladas anuales.

Por otro lado, la producción de cátodos mediante SXEW disminuirá significativamente, desde 1,1 millones de toneladas en 2024 a cerca de 0,7 millones de toneladas en 2034, mientras que la producción de cobre refinado en fundiciones locales se mantendrá estable en torno a 1,2 millones de toneladas anuales.

Proyección de Producción de Cátodos SXEW y Concentrado Refinado-Sin Refinar, Período 2024 - 2034

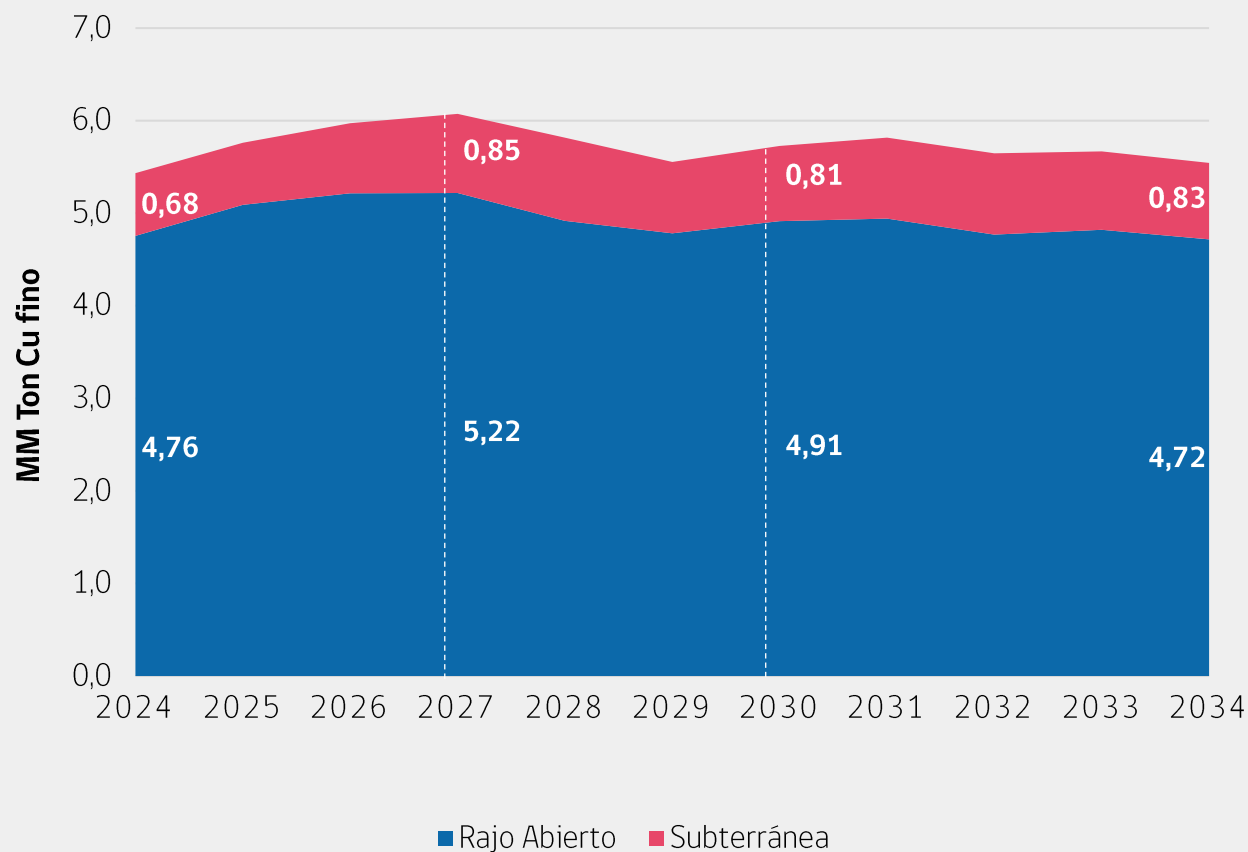


(*) El término "Concentrado Disponible" se utiliza para designar el concentrado de cobre que no ha sido sometido al proceso de fundición ni ha ingresado en tránsito hacia las refinерías. Este material se encuentra preparado para su exportación.

Fuente: Cochilco (2024).

Proyección de Producción de Cobre Fino según Método de Explotación

Proyección de Producción de Cobre Fino en Chile, según Método de Explotación, Período 2024 - 2034



Fuente: Cochilco (2024).

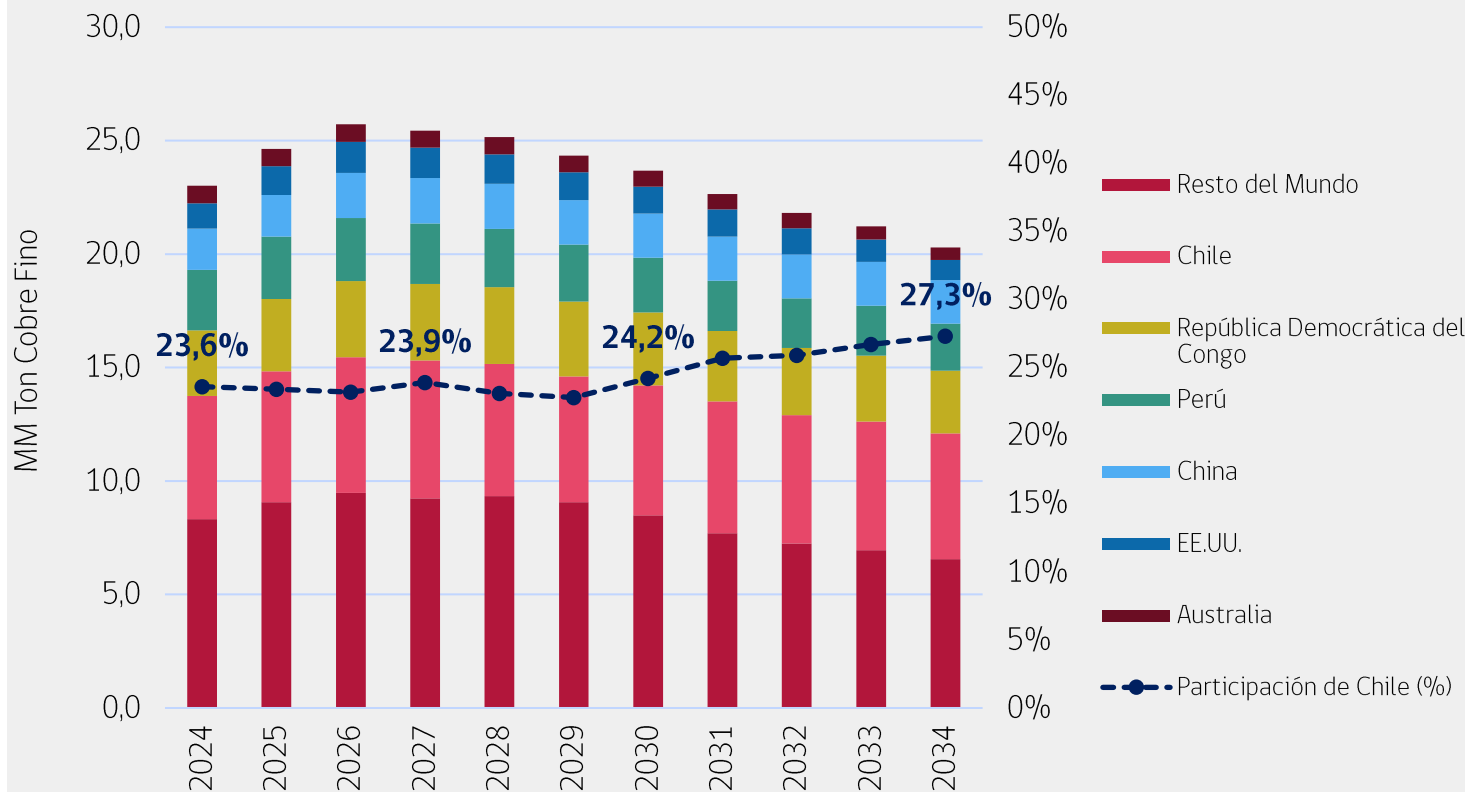
La producción de cobre fino en Chile experimentará un aumento inicial entre 2024 y 2025, impulsado por proyectos clave como Chuquicamata Subterránea, el Plan de Desarrollo El Teniente (que incluye Andes Norte, Andesita y Diamante) y Los Bronces Integrado. Estas iniciativas llevarán a un incremento en la producción, especialmente en la minería subterránea, que pasará de 0,68 millones de toneladas de cobre fino en 2024 a un máximo de 0,9 millones de toneladas en 2028. Posteriormente, entre 2028 y 2034, la producción subterránea se estabilizará en torno a las 0,85 millones de toneladas anuales, manteniendo un nivel productivo constante.

En cuanto a la minería a rajo abierto, esta alcanzará su punto máximo de producción en 2027, con 5,21 millones de toneladas de cobre fino. A partir de entonces, se observa una ligera tendencia a la baja, llegando a una producción estimada de 4,72 millones de toneladas de cobre fino en 2034. Esta disminución se debe principalmente a factores como la profundización de los yacimientos, el decaimiento de las leyes del mineral y el aumento de su dureza, que dificultan y encarecen la extracción a rajo abierto.

Producción de Cobre en Chile y su Participación Mundial



Producción de Cobre de Principales Países Productores y Participación de Chile, Período 2024-2034



La producción global muestra un crecimiento hasta 2026, alcanzando un *peak* superior a las 25 millones de toneladas de cobre fino. Posteriormente, se observa una tendencia descendente hasta 2034.

La participación de Chile se mantiene relativamente estable en torno al 24% entre 2024 y 2029. Sin embargo, a partir de 2030, la tendencia se invierte y la participación de Chile comienza a aumentar, alcanzando un 27,3% en 2034. Esto posiciona a Chile como un actor relevante que fortalece su posición en el mercado global del cobre durante la última etapa del período. Sin embargo, este aumento en la participación de Chile ocurre en un contexto de competencia creciente. La República Democrática del Congo (RDC) muestra un crecimiento constante en su producción, pasando de aproximadamente 2,7 millones de toneladas de cobre fino en 2024 a superar los 3 millones de toneladas de cobre fino en 2034, consolidándose como un competidor importante. Perú también exhibe un ligero aumento en su producción, aunque menos pronunciado que el de la RDC. China, Estados Unidos y Australia muestran una producción relativamente estable, mientras que la categoría "Resto del Mundo" disminuye.

Si bien la competencia de países como la RDC y Perú es un factor a considerar, la proyección indica que Chile mantendrá su relevancia, especialmente si se materializan las inversiones proyectadas en nuevos proyectos y la expansión de minas existentes. **Esta materialización de inversiones es clave para asegurar que Chile pueda capitalizar su potencial y mantener su competitividad en el mercado global del cobre.**

Fuente: Elaboración propia en base a: i) Datos de Países y Resto del mundo, exceptuando a Chile, corresponden a proyección de capacidad de producción Wood Mackenzie a Septiembre 2024. ii) Datos de proyección de producción de Chile, Cochilco 2024.



Análisis Regional de la Proyección de Producción de Cobre Fino

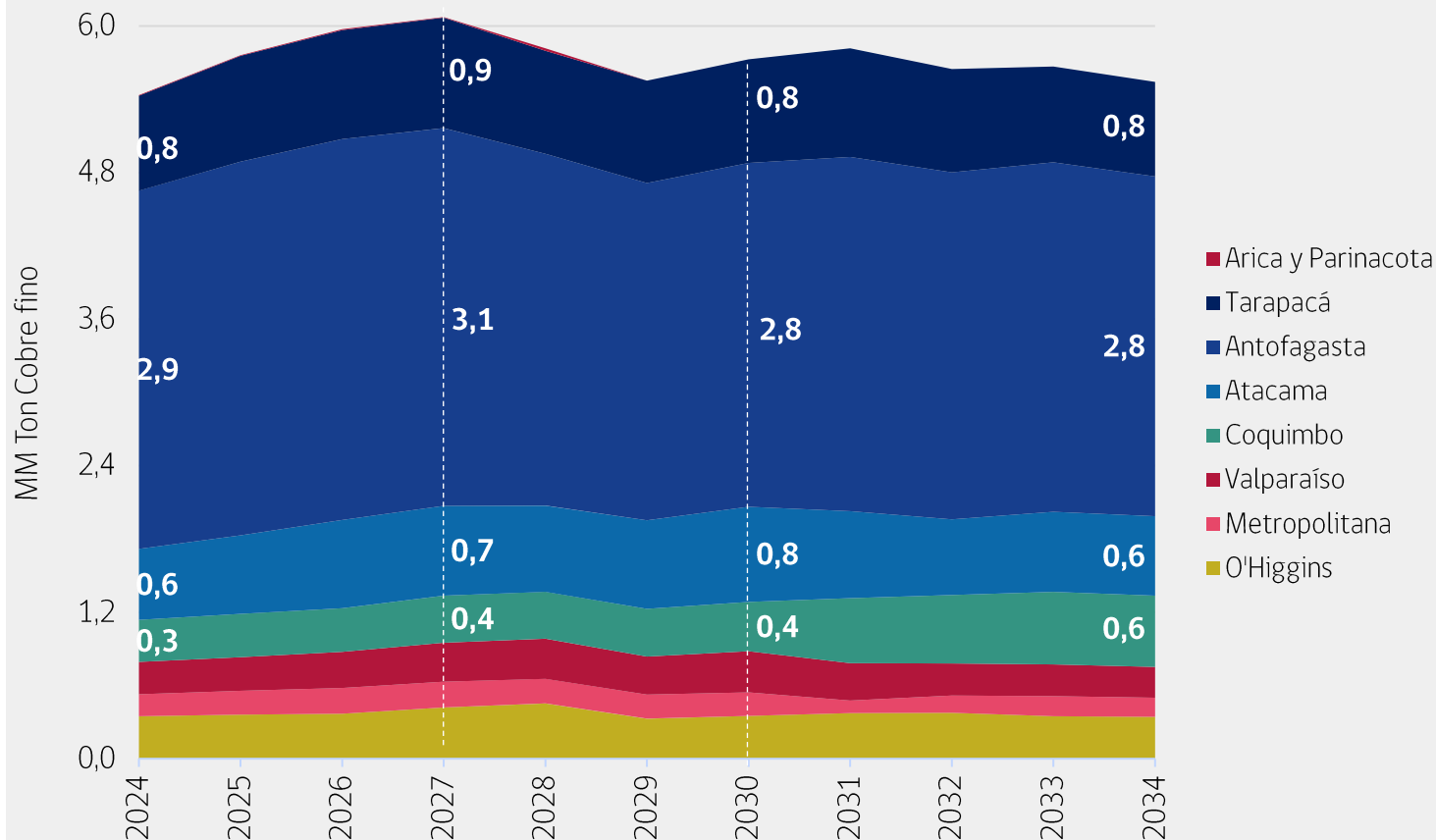
Proyección Regional de Cobre Mina



La región de Antofagasta sigue consolidándose como la principal zona productora de cobre en Chile, aportando cerca del 50% de la producción nacional. Sin embargo, se proyecta una disminución anual de 0,5% en su volumen productivo, lo que refleja los desafíos asociados a la madurez de sus yacimientos. Por otro lado, la región de Atacama muestra un comportamiento positivo, con un incremento productivo esperado en 2025 que elevará su participación relativa hasta el 15%, manteniéndose en este nivel hasta fines de la década.

En tanto, la región de Coquimbo destaca por un crecimiento sostenido, pasando de representar el 6,3% de la producción nacional en 2024 a un 10,5% proyectado para 2034, con una tasa de crecimiento anual promedio del 5,4%. La región de Tarapacá, por su parte, consolida su aumento productivo en 2024, alcanzando una participación en la producción de cobre de 14,3%, donde además, se espera que esta participación se mantenga alrededor del 15% en los años siguientes.

Proyección Regional de Producción de Cobre Mina en Chile Período 2024 - 2034



Fuente: Cochilco (2024).

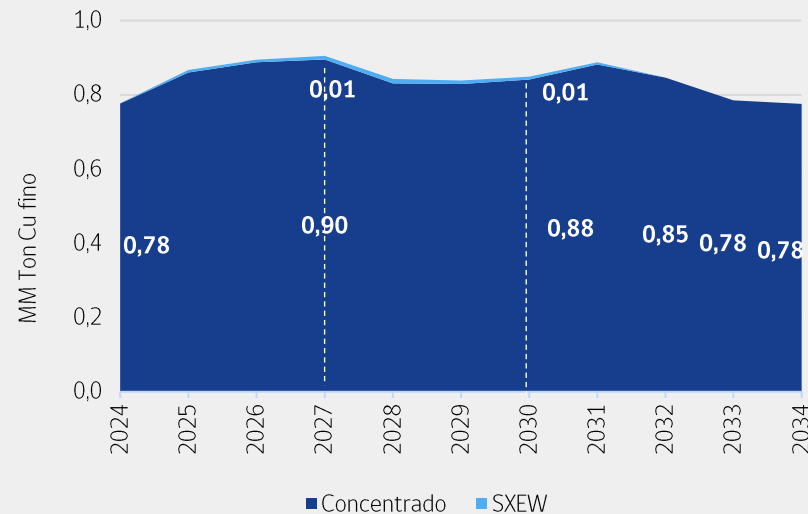
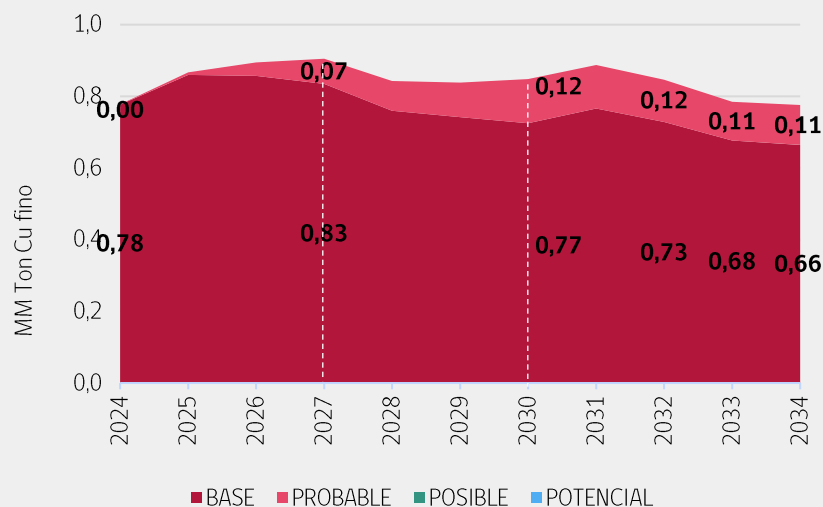
Proyección Regional de Producción: Tarapacá y Antofagasta



Tarapacá

Se estima que los proyectos base alcanzarán un *peak* productivo en 2025, con cerca de 850 mil toneladas de cobre fino, para luego decrecer hasta aproximadamente 660 mil toneladas en 2034. La ejecución de los proyectos **Probables** será fundamental para mantener la producción en torno a las 800 mil toneladas durante este periodo.

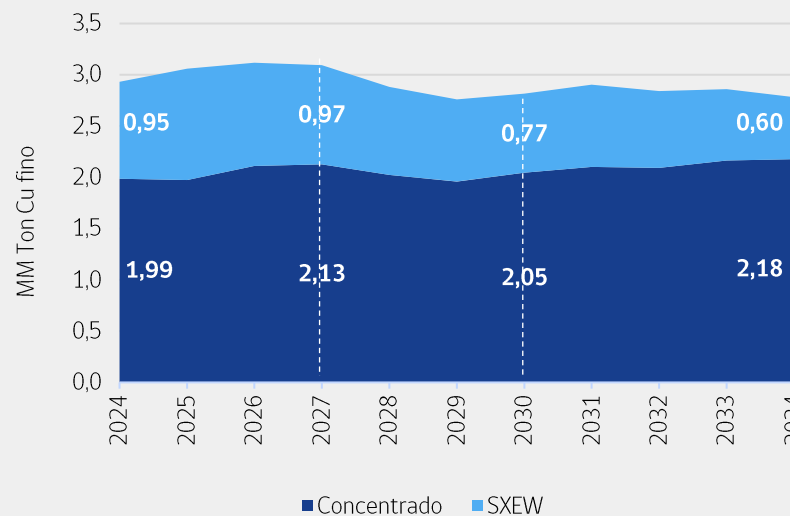
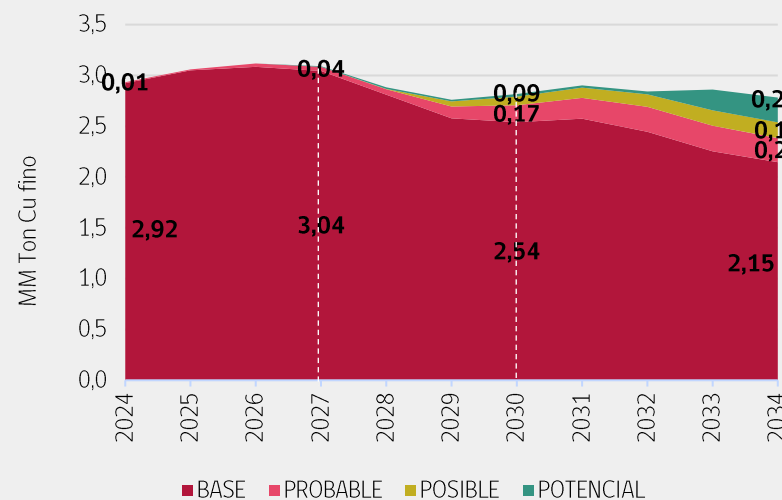
La región seguirá enfocada en la explotación de minerales sulfurados para la producción de concentrado.



Antofagasta

Se proyecta que los proyectos base disminuirán su producción desde 2,92 millones de toneladas de cobre fino en 2024 hasta 2,15 millones de toneladas en 2034. Sin embargo, la incorporación de proyectos probables, posibles y potenciales podría mantener los niveles productivos cercanos a las 2,8 millones de toneladas al 2034.

Se espera que la producción de cátodos SXEW disminuya de 0,95 millones de toneladas en 2024 a 0,6 millones de toneladas en 2034, ya que no se considera la incorporación de nuevos proyectos que incrementen este tipo de producción en la región.



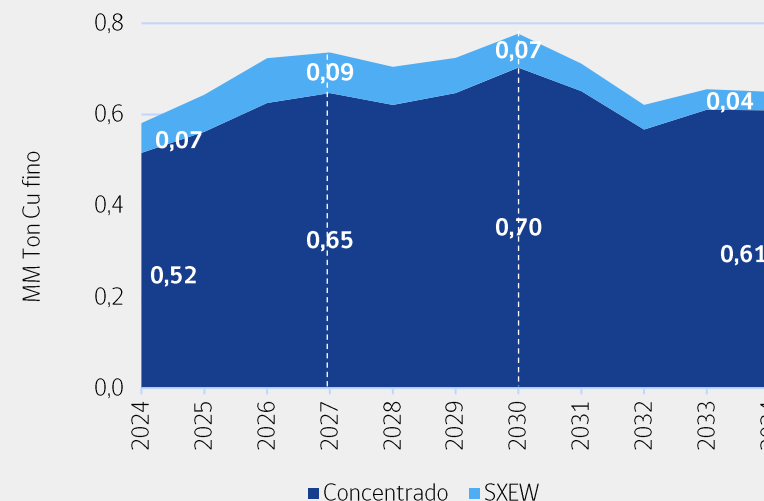
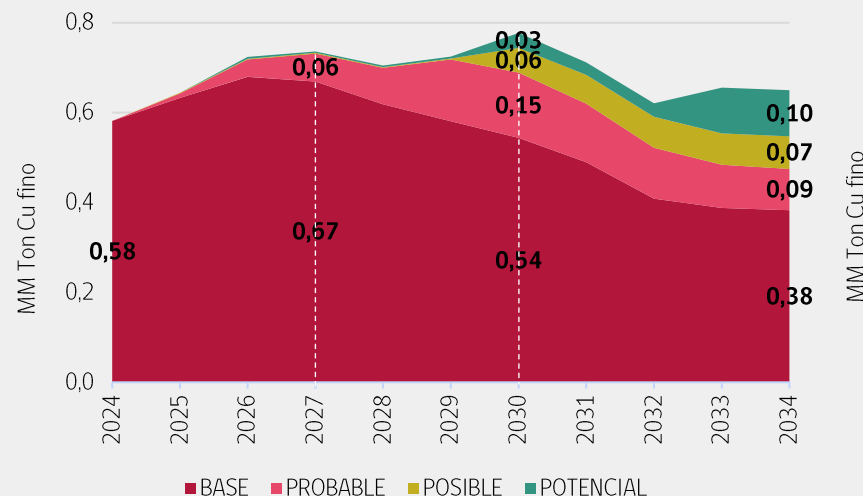
Proyección Regional de Producción: Atacama y Coquimbo



Atacama

Se espera que los proyectos base en Atacama alcancen su *peak* productivo en 2027, con aproximadamente 0,45 millones de toneladas de cobre fino, para luego disminuir hasta 0,3 millones de toneladas en 2034. Los proyectos probables, posibles y potenciales son clave para sostener los niveles productivos cercanos a las 0,7 millones de toneladas durante los próximos años.

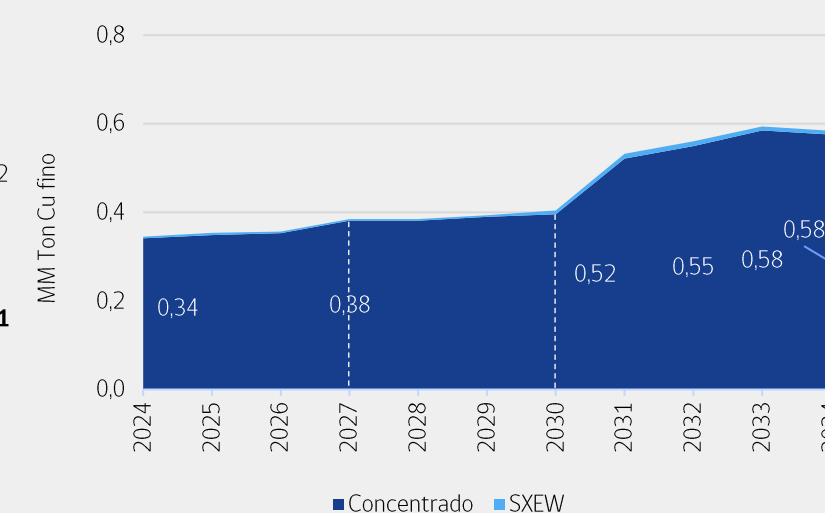
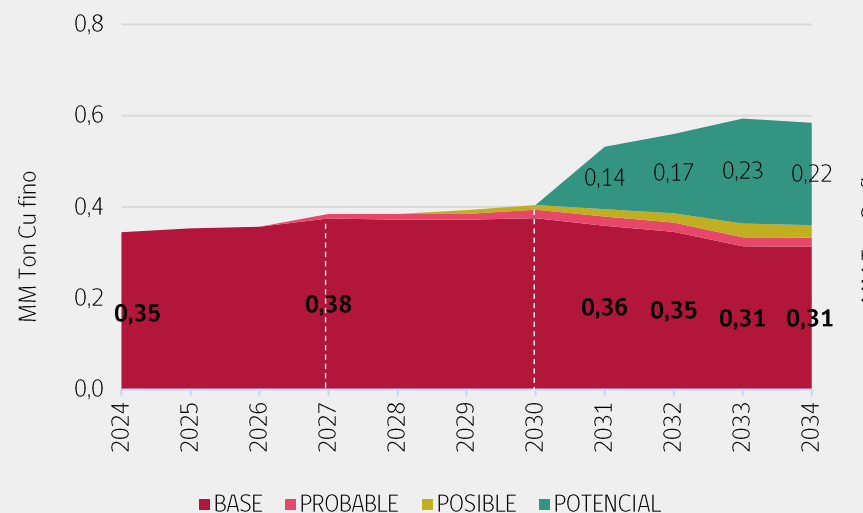
La producción estará impulsada principalmente por el procesamiento de minerales sulfurados, lo que favorecerá un aumento en la producción de concentrados. Mientras que la producción de cátodos SXEW se espera se mantendrá estable.



Coquimbo

La producción base de cobre fino se mantiene estable, cercano a las 364 mil toneladas entre 2024 y 2030, antes de iniciar un declive gradual hasta llegar a las 313 mil toneladas en 2034. La incorporación de proyectos potenciales a partir del año 2030 permitiría una producción adicional de 225 mil toneladas en 2034.

En conjunto, estos desarrollos proyectan un escenario de crecimiento sostenible para Coquimbo, donde los proyectos adicionales serán clave para mantener la competitividad y sostener los niveles productivos en las próximas décadas.



Comentarios Finales



La proyección de producción solo se alcanzará si los proyectos de inversión, en todos sus estados o tipos, se materializan en tiempo y forma. Esto implica un trabajo coordinado entre el sector público y privado para superar barreras que puedan retrasar la implementación de iniciativas claves.

Los desafíos medioambientales están ejerciendo una presión creciente por el aumento en el consumo de cobre a nivel global. Este escenario representa una oportunidad única para que Chile no solo mantenga, sino que también aumente su participación en la producción mundial de cobre, consolidándose como líder en la industria.

Si bien Chile ha perdido participación en la producción mundial de cobre debido al aumento productivo de países como la República Democrática del Congo y Perú, se proyecta que, con la materialización de las inversiones en nuevos proyectos y la expansión de minas existentes, podría aumentar su cuota actual del 23,6% (2024) hasta un 27,3% en 2034.

Es imperativo fomentar una mayor inversión en prospectos mineros de cobre. La transición de estos prospectos a niveles más avanzados es esencial para garantizar que puedan materializarse en proyectos concretos, contribuyendo al desarrollo sostenible del sector minero chileno.



Anexos

Anexo A: Metodología de Proyección de Producción



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

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. Entonces, es un escenario pesimista.

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

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

i: Faena minera considerada.

j: Tipo de producto final considerado.

K: Condición/estado del proyecto minero considerado .

t: Año considerado en el periodo de proyección.

f: Distribución de probabilidad que describe el rango de valores que puede tomar el consumo de electricidad y la probabilidad asignada a cada valor de acuerdo a las variables de entrada.

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

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

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} .

Anexo A: Metodología de Proyección de Producción



Cálculo de la variable de producción MÁXIMA de cobre fino

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 .

$\text{Pond}_{Max_{ik}}$: 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: Ponderadores determinísticos de producción futura máxima

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
Base	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
Posible	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Potencial	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

*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.

Anexo A: Metodología de Proyección de Producción



Cálculo de la variable de producción MÁS PROBABLE de cobre fino (1/2)

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. 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:

- **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.

Anexo A: Metodología de Proyección de Producción



Cálculo de la variable de producción MÁS PROBABLE de cobre fino (2/2)

Tabla 2: Ponderadores determinísticos de producción futura más probable

Condición/Estado de proyectos mineros	Tipo de Proyecto	Año 1*	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10	Año 11
Base	Operación/Reposición	0,925	0,93	0,95	0,923	0,86	0,837	0,827	0,875	0,84	0,779	0,779
Probable	Operación/Reposición	0,844	0,874	0,875	0,874	0,859	0,791	0,715	0,687	0,646	0,551	0,551
Posible	Operación/Reposición	0,844	0,874	0,875	0,874	0,859	0,791	0,715	0,687	0,646	0,551	0,551
Potencial	Operación/Reposición	0,844	0,874	0,875	0,874	0,859	0,791	0,715	0,687	0,646	0,551	0,551
Base	Expansión	0,876	0,828	0,835	0,93	0,925	0,887	0,882	0,896	0,917	0,916	0,916
Probable	Expansión	0,835	0,789	0,829	0,802	0,827	0,845	0,854	0,882	0,822	0,856	0,856
Posible	Expansión	0,835	0,721	0,633	0,699	0,715	0,759	0,754	0,794	0,801	0,856	0,856
Potencial	Expansión	0,794	0,721	0,633	0,699	0,715	0,759	0,754	0,794	0,801	0,856	0,856
Base	Nuevo	0,568	0,781	0,802	0,806	0,807	0,843	0,814	0,824	0,847	0,787	0,787
Probable	Nuevo	0,441	0,632	0,802	0,806	0,807	0,843	0,814	0,824	0,847	0,787	0,787
Posible	Nuevo	0,281	0,307	0,383	0,416	0,481	0,584	0,614	0,744	0,854	0,772	0,772
Potencial	Nuevo	0,257	0,408	0,383	0,416	0,481	0,584	0,614	0,744	0,854	0,772	0,772

*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.

Anexo A: Metodología de Proyección de Producción



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 2020.

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.

$$\text{Ponderador_Prod_Cu}_{kiat} = \frac{\text{Producción_Real}_{kiat}}{\text{Producción_Est}_{kiat}} \quad (4)$$

Donde:

k: Condición/estado del proyecto minero considerado.

i: Faena minera considerada.

a: Año en que se realizó el catastro minero.

t: Año calendario considerado en el periodo de proyección de producción.

Anexo A: Metodología 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 considerado.
- 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 determinada. De esta manera se estima que los proyectos mineros pasan en promedio 3 años en condición Potencial/Prefactibilidad, 5 años en condición Potencial/Factibilidad, 5 años en condición Posible/Factibilidad y 4 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.

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

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.

Anexo A: Metodología de Proyección de Producción



Cálculo de la variable de producción MÍNIMA de cobre fino (1/2)

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.

Anexo A: Metodología de Proyección de Producción



Cálculo de la variable de producción MÍNIMA de cobre fino (2/2)

Tabla 3: Ponderadores determinísticos de producción mínima

Condición/estado de proyectos mineros	Tipo de Proyecto	Año 1*	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10	Año 11
Base	Operación/Reposición	0,76	0,76	0,78	0,76	0,70	0,69	0,68	0,72	0,69	0,64	0,64
Probable	Operación/Reposición	0,69	0,72	0,72	0,72	0,70	0,65	0,59	0,56	0,53	0,45	0,45
Posible	Operación/Reposición	0,69	0,72	0,72	0,72	0,70	0,65	0,59	0,56	0,53	0,45	0,45
Potencial	Operación/Reposición	0,69	0,72	0,72	0,72	0,70	0,65	0,59	0,56	0,53	0,45	0,45
Base	Expansión	0,72	0,68	0,68	0,76	0,76	0,73	0,72	0,73	0,75	0,75	0,75
Probable	Expansión	0,68	0,65	0,68	0,66	0,68	0,69	0,70	0,72	0,67	0,70	0,70
Posible	Expansión	0,68	0,59	0,52	0,57	0,59	0,62	0,62	0,65	0,66	0,70	0,70
Potencial	Expansión	0,65	0,59	0,52	0,57	0,59	0,62	0,62	0,65	0,66	0,70	0,70
Base	Nuevo	0,47	0,64	0,66	0,66	0,66	0,69	0,67	0,68	0,69	0,65	0,65
Probable	Nuevo	0,36	0,52	0,66	0,66	0,66	0,69	0,67	0,68	0,69	0,65	0,65
Posible	Nuevo	0,23	0,25	0,31	0,34	0,39	0,48	0,50	0,61	0,70	0,63	0,63
Potencial	Nuevo	0,21	0,33	0,31	0,34	0,39	0,48	0,50	0,61	0,70	0,63	0,63

*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.

Anexo B: Proyección de producción en Chile al año 2034



Tabla 4: Proyección esperada, cap. máxima y mínima de producción, 2023 - 2034

Miles de ton de Cu fino	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034
Producción máxima	5.957	6.321	6.448	6.632	6.754	6.746	7.125	6.976	6.888	7.484	7.238
Producción esperada	5.433	5.761	5.973	6.074	5.818	5.553	5.727	5.816	5.648	5.668	5.544
Producción mínima	4.455	4.724	4.898	4.980	4.723	4.553	4.696	4.769	4.632	4.648	4.546

Tabla 5: Proyección esperada de producción de cobre a nivel nacional según condición, 2023 - 2034

Condición [Miles de Ton de Cu Fino]	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034
Base	5.424	5.735	5.859	5.878	5.528	5.073	4.952	4.817	4.532	4.171	4.036
Probable	9	25	109	183	267	399	491	560	615	625	602
Posible	-	1	1	2	4	60	153	181	214	250	254
Potencial	-	-	-	10	20	21	131	258	287	621	651

Tabla 6: Proyección esperada de producción de cobre a nivel nacional según producto, 2023 - 2034

Producto Final [Miles de Ton de Cu Fino]	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034
Concentrados	4.371	4.533	4.808	4.961	4.802	4.626	4.832	4.903	4.805	4.889	4.862
Cátodos SXEW	1.063	1.228	1.165	1.112	1.016	927	895	914	843	779	681

Anexo B: Proyección de producción en Chile al año 2034



Tabla 7: Proyección esperada de producción de cobre a nivel nacional según tipo de proyecto, 2023 - 2034

Tipo de Proyección [Miles de Ton de Cu Fino]	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034
Operación	5.023	5.193	5.277	5.236	4.859	4.409	4.268	4.087	3.819	3.506	3.383
Reposición	410	557	607	664	707	708	745	994	1.066	1.095	1.051
Expansión	-	-	55	110	154	221	359	389	433	450	461
Nuevo	-	12	34	64	98	216	355	346	331	617	649

Tabla 8: Proyección esperada de producción de cobre país según método de explotación, 2023 - 2034

Método de Explotación [Miles de Ton de Cu Fino]	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034
Rajo Abierto	4.757	5.083	5.204	5.207	4.905	4.772	4.904	4.933	4.764	4.821	4.718
Subterránea	676	670	757	855	902	769	812	874	879	847	826

Anexo B: Proyección de producción en Chile al año 2034



Tabla 9: Proyección esperada de producción de cobre a nivel regional según área productiva, 2023 - 2034

Región/Producto	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034
Tarapacá	777	867	894	905	843	839	848	888	847	785	775
Concentrado	777	860	887	895	831	829	841	882	847	785	775
SXEW	1	7	7	10	12	10	7	6	-	-	-
Antofagasta	2.933	3.060	3.118	3.092	2.882	2.762	2.817	2.903	2.841	2.861	2.782
Concentrado	1.988	1.974	2.110	2.127	2.022	1.960	2.046	2.101	2.094	2.163	2.178
SXEW	945	1.086	1.008	965	860	802	771	802	748	697	605
Atacama	581	644	724	736	705	724	777	712	621	655	650
Concentrado	516	562	625	647	621	647	703	651	567	610	609
SXEW	65	82	98	89	83	77	74	61	54	45	40
Coquimbo	345	353	357	385	385	393	404	532	560	594	585
Concentrado	341	349	353	381	381	390	395	521	550	585	575
SXEW	4	5	4	4	3	3	9	11	11	9	9
Valparaíso	238	267	279	375	386	360	285	253	252	268	240
Concentrado	222	252	264	359	372	346	271	240	239	257	229
SXEW	16	15	15	15	14	14	14	14	13	11	11
Metropolitana	156	116	226	310	307	278	324	337	316	305	286
Concentrado	120	80	190	277	274	245	295	308	289	279	264
SXEW	36	36	36	34	34	34	29	29	27	26	22
O'Higgins	380	343	328	341	385	388	347	331	340	358	342
Concentrado	380	342	327	340	384	387	346	330	339	357	341
SXEW	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1



Análisis elaborado por la **Comisión Chilena del Cobre**

Analistas de Estrategias y Políticas Públicas

Claudia Arancibia Calderón

Cristóbal Muñoz Cáceres

Sergio Verdugo Montenegro

Director de Estudios y Políticas Públicas (S)

Víctor Garay Lucero

Diciembre/2024

Copyright by Cochilco, todos los derechos reservados

Se autoriza la reproducción total o parcial de este Informe, siempre que la fuente "Comisión Chilena del Cobre" y/o "Cochilco" sea citada, salvo que se indique lo contrario.

Comisión Chilena del Cobre
Dirección de Estudios y Políticas Públicas



Proyección de la Producción de Cobre en Chile

Período 2024-2034

DEEP 33/2024

RPI N° en trámite