



Informe GEI

Emisiones de gases de efecto invernadero asociadas a la minería del cobre al año 2024

Dirección de Estudios y Políticas Públicas
Noviembre 2025

DEPP 24/2025

RPI N° 2025-A-13147



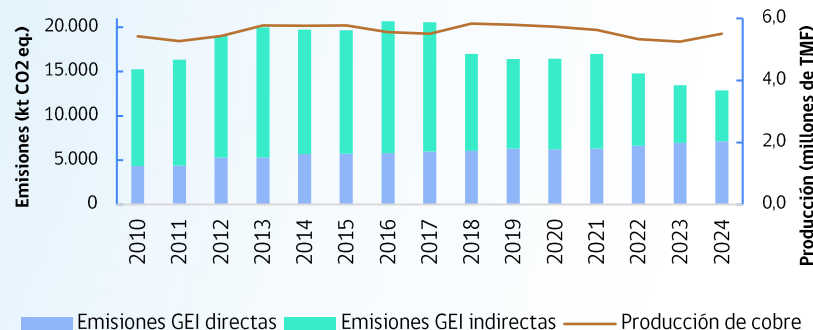
Resumen ejecutivo

En 2024, la minería del cobre chilena registró 12.861 kilotoneladas de dióxido de carbono equivalente (kt CO₂ eq), nivel de emisión más bajo desde 2010, pese al aumento del consumo energético asociado a mayores desafíos operacionales.

Del total, un **55% correspondió a emisiones directas** y un **45% a indirectas**, con tasas de variación promedio (2010-2024) de +3,7% y -4,5%, respectivamente, resultando en una reducción total de -1,2% anual. La producción se mantuvo estable en el período, con una disminución en cátodos SX-EW y un aumento en concentrados.

El **82% de las emisiones directas provino de la minería a rajo**, marcando un coeficiente unitario de **1,3 toneladas de CO₂eq por tonelada de cobre fino producida**, reflejando la alta intensidad energética de esta etapa. Esto obedece a factores estructurales propios de la industria: menores leyes, mayor material a remover y profundización de los rajos.

En el ámbito de las **emisiones indirectas**, el factor de emisión del Sistema Eléctrico Nacional (SEN) corresponde a **0,2017 toneladas de CO₂eq/MWh** en 2024. Esta reducción responde al avance de la transición energética en Chile, impulsada por una mayor participación de energías renovables en la matriz eléctrica. Como resultado, las emisiones indirectas asociadas al consumo eléctrico de la minería del cobre han disminuido significativamente, contribuyendo a moderar el crecimiento de las emisiones totales del sector. En este contexto, el proceso de **concentración** sigue siendo el principal contribuyente, mientras que disminuyen las asociadas a LX-SX-EW y cobra relevancia el uso de agua de mar, que se consolida como la tercera mayor fuente de consumo eléctrico. Como resultado, el coeficiente unitario de emisiones indirectas se redujo un 16% respecto a 2023, llegando a **1,04 toneladas de CO₂eq/ton de cobre fino producida**.

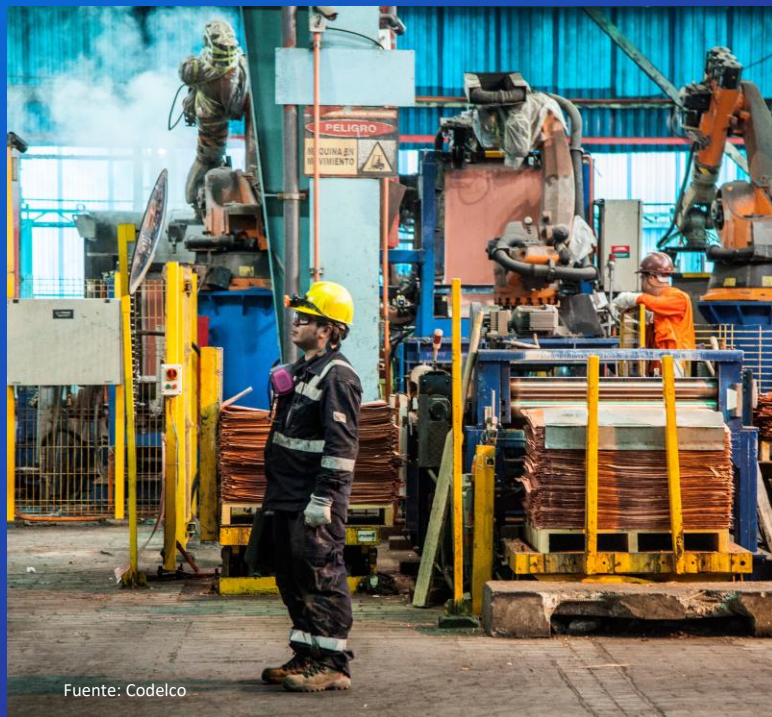


Estos resultados ofrecen señales relevantes:

- La descarbonización futura del sector dependerá crecientemente de la electrificación de procesos mineros y del impulso a *Power Purchase Agreement* (PPA) renovables.
- El aumento de emisiones directas confirma la urgencia de acelerar la innovación en equipos móviles de cero emisiones, tecnologías como camiones eléctricos o impulsados por hidrógeno verde, y mejoras en eficiencia logística y operacional.

Finalmente, hacia 2050, año en que Chile se ha comprometido a alcanzar la carbono-neutralidad, la minería deberá avanzar desde una lógica basada en la energía fósil hacia una operación predominantemente eléctrica, eficiente, y alimentada por energías de cero o muy bajas emisiones.

Tabla de contenidos



Fuente: Codelco

Introducción

Alcance y Metodología

Emisiones GEI directas

- > Emisión total de GEI directos en la minería del cobre en Chile
- > Consumo y emisión de GEI directos por tipo de combustible
- > Emisión total de GEI directos por proceso
- > Emisión de GEI directos por región
- > Coeficientes unitarios de emisión de GEI directos

Emisiones GEI indirectas

- > Emisión total de GEI indirectos en la minería del cobre en Chile
- > Emisión total de GEI indirectos por proceso
- > Emisión de GEI indirectos por región
- > Coeficiente unitario de emisión de GEI indirectos en la minería del cobre en Chile
- > Integración de energías renovables

Comentarios finales

Anexos

Introducción

En línea con los compromisos climáticos adoptados por Chile, disponer de información actualizada, comparable y verificable sobre las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) es fundamental para evaluar el avance hacia las metas nacionales. Estas emisiones se expresan habitualmente en toneladas de CO₂ equivalente, una medida que permite comparar distintos gases según su capacidad de atrapar calor en la atmósfera y contribuir al calentamiento global.

De acuerdo con el **Primer Informe Bienal de Transparencia⁽¹⁾**, publicado por el Ministerio de Medio Ambiente (2025), el país ha avanzado en fortalecer los sistemas de información climática, destacando la importancia de contar con datos sectoriales robustos y metodologías claras para monitorear el progreso hacia las metas de mitigación. En este contexto, la minería del cobre es uno de los sectores clave cuya información contribuye directamente a los reportes de transparencia exigidos bajo el Acuerdo de París, reforzando la necesidad de mediciones precisas, trazables y periódicas.

Un aspecto central para comprender estas emisiones es su estrecha relación con el **consumo de energía**. En el caso de los combustibles utilizados directamente en faena (como diésel en equipos de carguío y transporte) las emisiones se producen de manera inmediata durante su combustión, liberando CO₂, metano y otros GEI propios de la oxidación del carbono contenido en estos insumos. En cuanto a la electricidad, las emisiones no ocurren en la operación minera, sino en el **lugar donde la energía es generada**. Cuando la electricidad proviene de centrales que utilizan

combustibles fósiles, especialmente termoeléctricas a carbón, petróleo o gas natural, la producción de cada unidad de energía implica la liberación de GEI. Por ello, mientras mayor sea la participación de estas tecnologías en la matriz eléctrica, mayor será el factor de emisión asociado a cada MWh consumido; y, por el contrario, una **mayor presencia de energías renovables reduce de manera significativa las emisiones indirectas** asociadas al uso de electricidad.

El trabajo a continuación se construye a partir de los datos proporcionados por 49 operaciones mineras de la gran y mediana minería, que en 2024 representaron el **98% de la producción nacional de cobre**, recopilados mediante la *Encuesta de Producción, Agua y Energía* (EMPAE) que cada año realiza Cochilco. Esta encuesta considera todos los procesos característicos involucrados en la producción de concentrados de cobre, cátodos, fundición y refinería.

Se expondrá la metodología utilizada y los resultados correspondientes a las **emisiones GEI directas, indirectas y totales registradas en 2024**. Además, los resultados se presentan desagregados por proceso productivo, por región del país y por tipo de combustible utilizado. Finalmente, se incorpora un análisis de tendencias recientes, los factores que explican su variación y una revisión del desempeño del sector en el contexto nacional de emisiones.

(1) Chile (2025). 2024 Biennial Transparency Report (BTR1 – NC5), UNFCCC. <https://unfcccint/documents/645192>

Alcance y metodología

A través de la **EMPAE**, se solicita a las operaciones mineras encuestadas, los niveles de producción de cobre y el consumo de energía (combustibles y electricidad) desglosados por proceso minero⁽²⁾.

Una vez recibida la información, se procede a su revisión exhaustiva con el fin de asegurar consistencia y coherencia con registros históricos.

Los datos obtenidos abarcan **todos los procesos asociados a la cadena de valor del cobre**, desde la extracción y el chancado hasta la producción de concentrados, cátodos, y los procesos de fundición y refinación. Asimismo, se incluyen actividades de apoyo energético relevantes, tales como desalación e impulsión de agua de mar.



Fuente: Codelco

Sobre la base del consumo energético reportado, se estiman las emisiones de GEI asociadas a la actividad minera. Estas se clasifican en:

Emisiones Directas (Alcance 1)

Aquellas emisiones generadas por la **combustión de combustibles** dentro de las operaciones mineras. Para su cálculo, se aplican factores de emisión específicos por tipo de combustible (diésel, kerosene, petróleo combustible, gas natural, carbón, entre otros) según la metodología del *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC), versión 2006, que considera la fracción de carbono oxidado y el contenido energético de cada combustible⁽³⁾.

Emisiones Indirectas (Alcance 2)

Corresponden a las asociadas a la generación de **electricidad consumida** por las operaciones, pero producida por terceros. Para su estimación se utilizan los factores de emisión del Sistema Eléctrico Nacional (SEN), expresados en toneladas de CO₂ equivalente por megawatt-hora (tCO₂eq/MWh). El consumo eléctrico reportado por cada faena, se multiplica por el factor anual del SEN para obtener las emisiones indirectas correspondientes.

Esta metodología permite obtener una cuantificación precisa, comparable y estandarizada de las emisiones del sector y alineada con las buenas prácticas internacionales.

(2) El detalle del consumo de energía por proceso minero se encuentra disponible en el informe **Consumo energético de la minería del cobre al año 2024**, publicado por Cochilco y accesible [aquí](#).

(3) Los factores de emisión utilizados y el cálculo de emisiones se pueden revisar en el **Anexo A** al final del presente estudio.



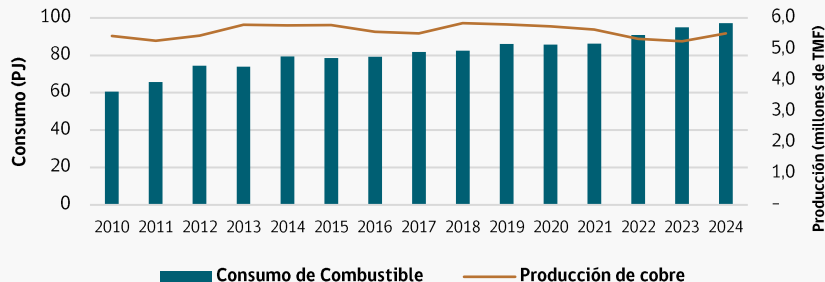
Fuente: Codelco

Emisión de GEI directos en la minería del cobre

Año 2024

Emisión total de GEI directos en la minería del cobre en Chile

Gráfico 1:
Consumo de combustible y producción total en operaciones de la gran y mediana minería del cobre (2010-2024).

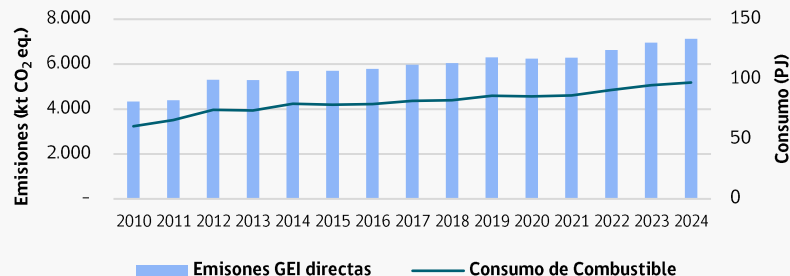


- Entre 2010 y 2024, las emisiones directas han aumentado a una tasa de crecimiento anual de **3,6%**, en línea con el incremento del consumo de combustible, que en el mismo período crece a una tasa promedio anual de **3,4%**.
- Entre 2022 y 2024 se observa un aumento sostenido tanto del consumo de combustibles como de las emisiones GEI directas. En este período, las emisiones directas crecen desde 6,63 a **7,13 millones de toneladas de CO₂eq.**, lo cual tiene estrecha relación con el aumento del consumo de combustible impulsado principalmente por mayores requerimientos operacionales en mina rajo.

Fuente: Cochilco (2025).

- El consumo de combustible ha mostrado un aumento sostenido durante los últimos 15 años, alcanzando en 2024 un nivel **60,2% superior** al registrado en 2010.
- La eficiencia energética del uso de combustibles ha disminuido en tiempo: el consumo por unidad de producción aumentó de 13,8 a **17,7 petajulio por millones de toneladas métricas de cobre fino (PJ/Mtmf)** entre 2014 y 2024, reflejando operaciones más intensivas donde para obtener el mismo fino de cobre se requiere procesar un mayor volumen de mineral junto con mayores distancias de acarreo y un uso creciente de equipos móviles.

Gráfico 2:
Emisiones de GEI directas y consumo total de combustible en la gran y mediana minería del cobre (2010-2024).



Consumo y emisión de GEI directos por tipo de combustible

El **diésel** es, por amplio margen, el principal combustible utilizado actualmente en la minería del cobre, lo que lo convierte en el responsable del **93,3% de las emisiones directas** del sector. Con **6.651 ktCO₂eq**, el diésel es la fuente más relevante dentro del portafolio energético de la minería. Esto se explica por su rol fundamental en la operación de camiones de alto tonelaje (CAEX) y equipos de carguío.

Gráfico 3:
Consumo total de combustible en la gran y mediana minería del cobre (2024).

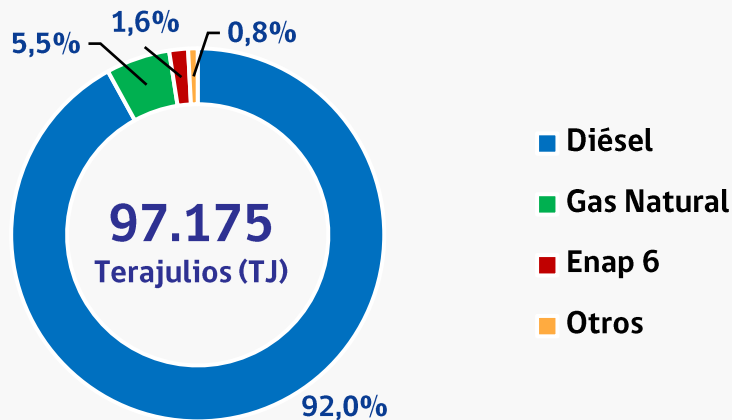
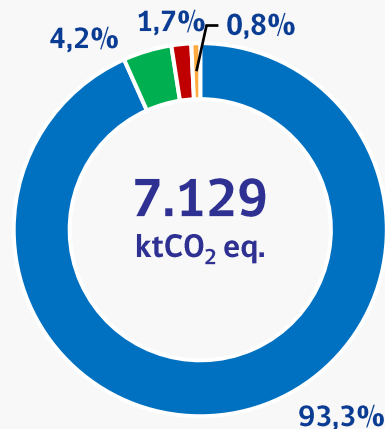


Gráfico 4:
Emisiones de GEI directas totales en la gran y mediana minería del cobre (2024).



Fuente: Cochilco (2025).

Emisión total de GEI directos por proceso

Gráfico 5:
Evolución en el consumo de combustibles por proceso (2010 - 2024).

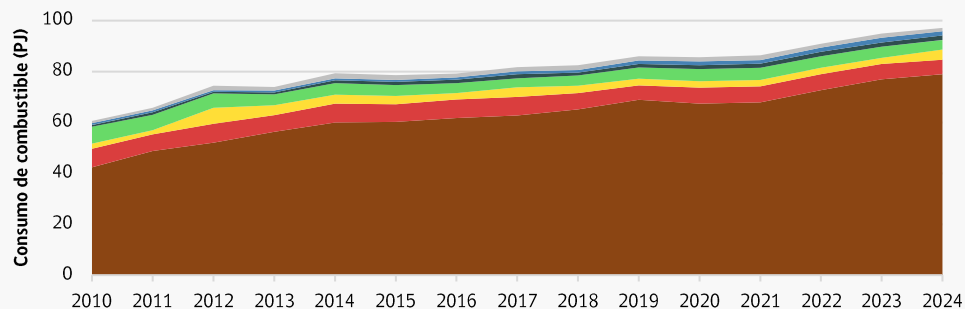
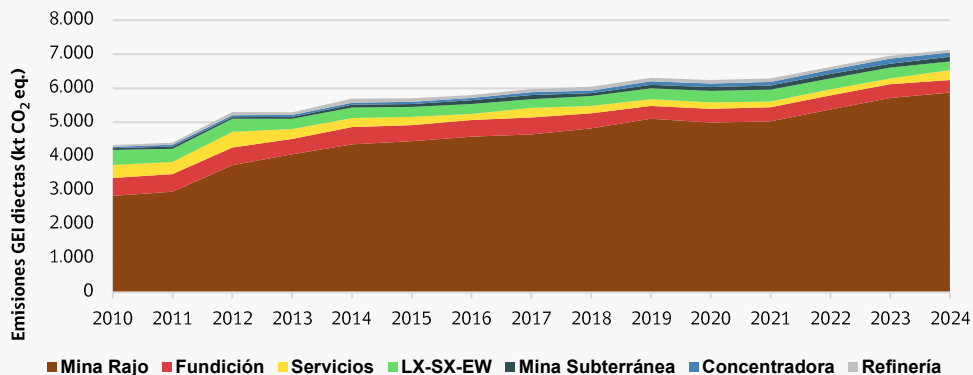


Gráfico 6:
Evolución de emisiones de GEI directas de la minería del cobre por proceso (2010 - 2024).



La minería a **rajo abierto** se mantiene como el proceso de mayor demanda de combustible, concentrando el **81% del total** utilizado en la minería del cobre en 2024, y registrando una tasa de crecimiento anual de 4,5%. Le siguen los procesos de **fundición**, con un **6% del consumo total**, y el de **servicios**, con una participación del **4% en el año analizado**.

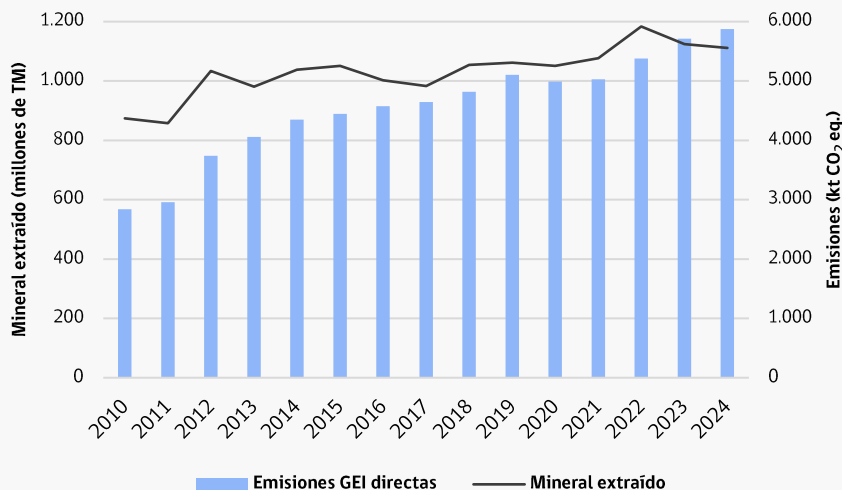
El proceso de mina rajo se consolida como el **principal generador** de emisiones directas, concentrando cerca del **82% del total** y registrando una tasa de crecimiento promedio anual de **5,3%** desde 2010. Asimismo, los procesos de **concentradora (9,2%)** y **mina subterránea (7%)** también presentan incrementos en sus emisiones. En contraste, procesos como **LX-SX-EW** muestra una tasa de **disminución anual de 3,7%** y **fundición** una **tasa negativa de 2,5%**.

Fuente: Cochilco (2025).

Emisión total de GEI directos por proceso

El consumo de combustibles en **rajo abierto** es el más relevante y, por lo tanto, requiere un análisis específico. La mayor intensidad operacional y el **incremento en el mineral movido**, derivados del envejecimiento de los yacimientos y de la disminución de las leyes de cobre, han obligado a **remover y procesar mayores cantidades de material** para mantener los niveles de producción.

Gráfico 7:
Evolución de emisiones de GEI directas y mineral extraído (2010 - 2024).



- Se observa que el mineral extraído ha mostrado fluctuaciones positivas y negativas a lo largo del tiempo, aunque desde 2018 supera consistentemente las **1.000 millones de toneladas métricas**.
- Por otro lado, las emisiones han seguido una tendencia creciente y sostenida, con una tasa de crecimiento anual promedio del **5,3% entre 2010 y 2024**.

La **profundización de los yacimientos** ha incrementado el uso de **diésel** debido a las mayores distancias de acarreo, lo que se refleja en un aumento sostenido de las emisiones directas de GEI. Por ello, resulta clave avanzar en **mejoras tecnológicas o en el reemplazo gradual del diésel** por alternativas de menor o nula emisión. Un ejemplo concreto son los sistemas **Trolley**, que ya comienzan a materializarse en algunas faenas, tanto en operación como en etapa de proyecto.

Fuente: Cochilco (2025).

Emisión de GEI directos por región

Gráfico 8:
Emisiones totales de GEI directas en la minería del cobre por región.

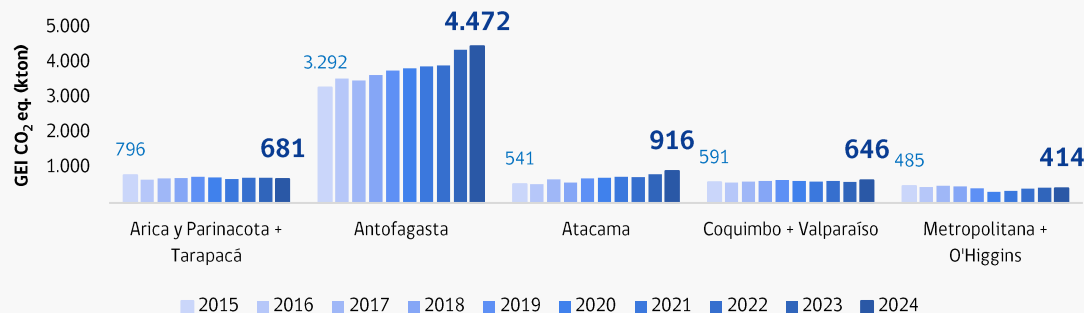
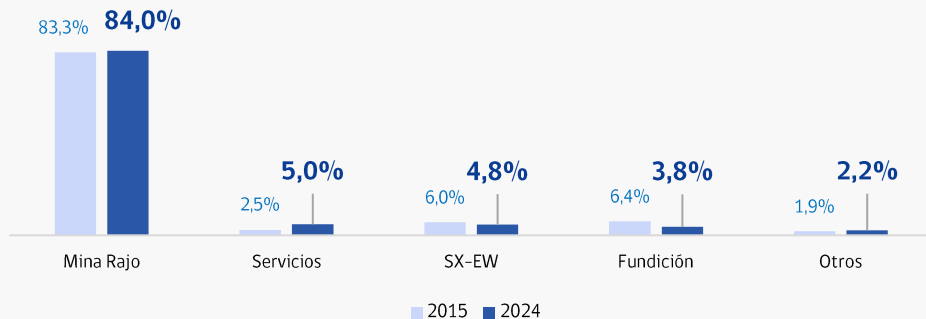


Gráfico 9:
Porcentaje de participación de cada proceso en las emisiones directas en la Región de Antofagasta.

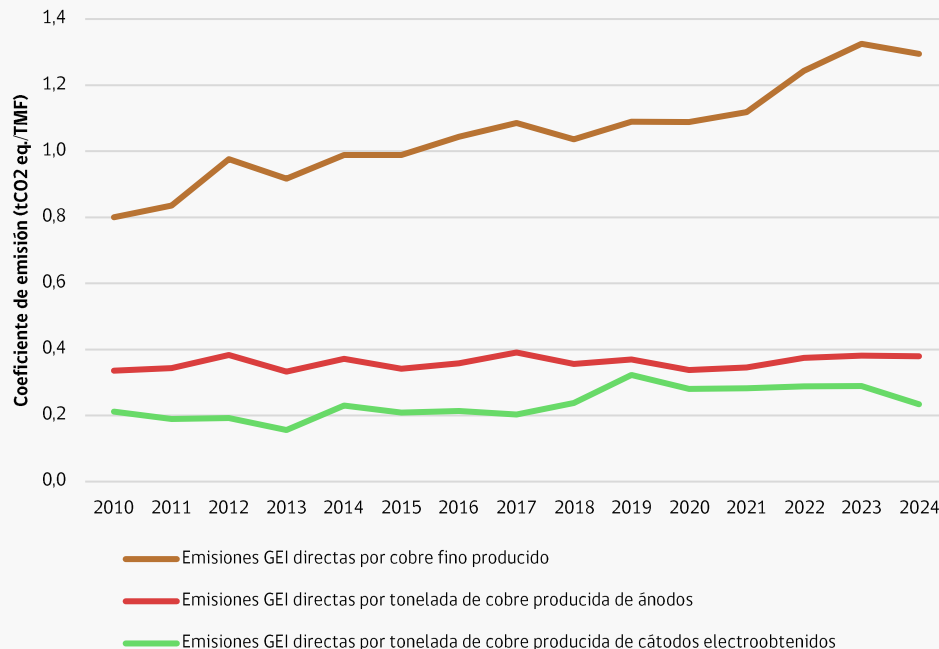


Fuente: Cochilco (2025).

- La Región de **Antofagasta** concentra el **63% de las emisiones directas de GEI**, proporción coherente con su liderazgo en la producción de cobre, que alcanza el 57% del total nacional. Le sigue la Región de **Atacama**, responsable del **13% de las emisiones**.
- En cuanto a la tasa de crecimiento promedio anual de la última década de las emisiones, ambas regiones también muestran un comportamiento destacado, con **incrementos de 3,5% y 6%**, respectivamente.
- En el caso de la Región de Antofagasta, el análisis por proceso muestra que, aunque **todos han incrementado** su consumo, la participación relativa ha cambiado. Los procesos de procesamiento, como **LX-SX-EW y fundición**, han perdido peso porcentual frente al crecimiento del área de **servicios**.
- Por otro lado, el consumo en **mina rajo** ha aumentado un **37% en la última década**, manteniendo prácticamente estable su participación dentro del total regional.

Coeficientes unitarios de emisión de GEI directos

Gráfico 10:
Evolución del coeficiente de emisión en la minería del cobre según producto (2010-2024).



Para 2024 se tienen los siguientes coeficientes:

1,29 tCO2 eq/t Cu fino producido

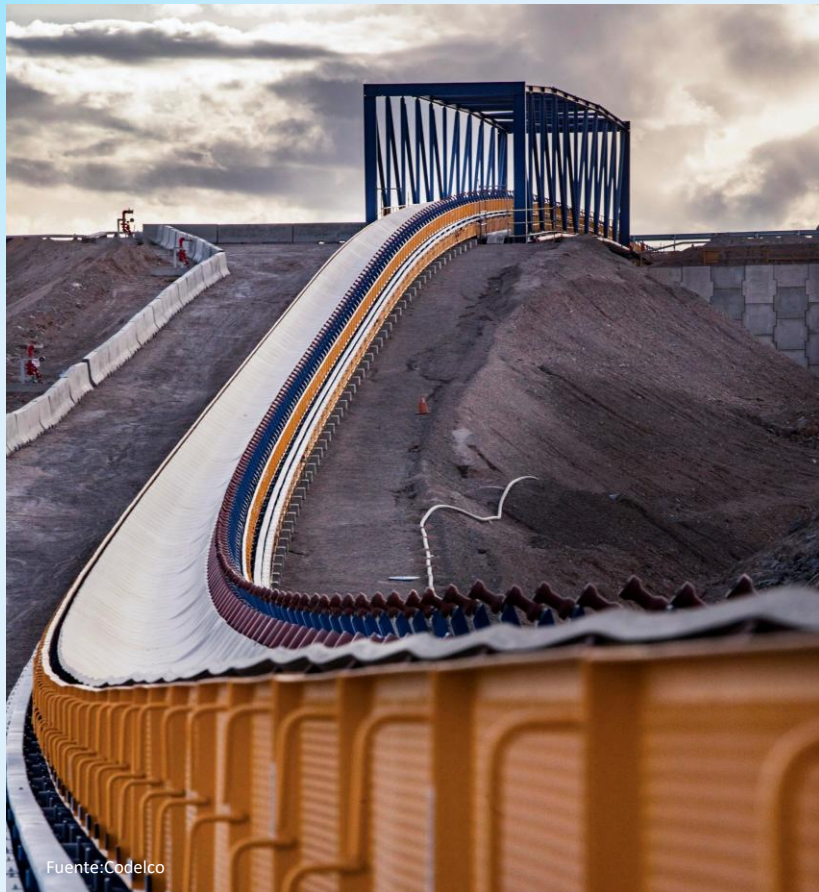
0,38 tCO2 eq/t Cu fino contenido en blíster o ánodos

0,23 tCO2 eq/t Cu fino contenido en cátodos electro obtenidos

El coeficiente de emisiones directas por cobre fino producido muestra una **tendencia creciente** entre 2010 y 2024, reflejando la operación completa desde mina hasta producto final. Este aumento sugiere mayores requerimientos energéticos por tonelada, asociados a **menores leyes y mayores distancias de acarreo**. Así, la etapa **mina-planta** aparece como la principal responsable del incremento de emisiones directas.

En cambio, los coeficientes asociados a la **producción de ánodos y a la electroobtención** se mantienen **bajos y estables** durante el periodo. Aunque presentan variaciones menores, ambos procesos operan dentro de rangos acotados y evidencian **control en su consumo energético**, mostrando menor sensibilidad frente a los cambios estructurales que afectan a la minería. Su estabilidad indica que no son los procesos responsables del aumento en la intensidad de emisiones observada a nivel total.

Fuente: Cochilco (2025).



Emisión de GEI indirectos en la minería del cobre

Año 2024

Emisión total de GEI indirectos en la minería del cobre en Chile

Tabla 1:
Factores de emisión de GEI según Sistema Interconectado y SEN (2010–2024).

Año	SIC (tCO ₂ eq./MWh)	SING (tCO ₂ eq./MWh)	SEN (tCO ₂ eq./MWh)
2010	0,3555	0,7158	
2011	0,3841	0,7388	
2012	0,3945	0,8057	
2013	0,4351	0,8113	
2014	0,3636	0,7905	
2015	0,3459	0,7643	
2016	0,3970	0,7667	
2017	0,3364	0,7730	
2018			0,4187
2019			0,4056
2020			0,3834
2021			0,3907
2022			0,3006
2023			0,2421
2024			0,2017

Fuente: Cochilco (2025).

Las emisiones indirectas de GEI (Alcance 2) corresponden a aquellas asociadas al **consumo de energía eléctrica adquirida por las operaciones mineras**, es decir, a la electricidad que las faenas obtienen de las empresas generadoras o distribuidoras.

Para estimar estas emisiones, se utiliza el consumo de electricidad expresado en megawatt-hora (**MWh**), unidad de energía eléctrica consumida o generada en un período. Así, el cálculo de las emisiones indirectas se realiza multiplicando el consumo eléctrico de cada operación por el factor de emisión del sistema eléctrico al que está conectada.

En la Tabla 1 se observa la variación del factor de emisión del Sistema Eléctrico Nacional (SEN)⁽⁴⁾, el cual refleja la **intensidad de carbono de la electricidad consumida** por el sector minero, y por tanto determina una parte relevante de sus emisiones indirectas. Desde 2018, el suministro eléctrico de la minería del cobre proviene íntegramente del SEN, resultado de la integración del Sistema Interconectado Central (SIC)⁽⁵⁾ y el Sistema Interconectado del Norte Grande (SING)⁽⁶⁾.

- Los datos muestran una evolución positiva en la intensidad de emisiones del SEN durante el período 2018–2024. Mientras que en su primer año el factor de emisión alcanzaba los 0,4187 tCO₂eq/MWh, para 2024 se reduce a **0,2017 tCO₂eq/MWh**, lo que representa una **disminución cercana al 52%** en solo seis años.
- Esta caída responde, principalmente, al aumento sostenido de las energías renovables, particularmente solar y eólica en el norte de Chile, junto con la disminución del uso de generación termoeléctrica basada en carbón.
- La evolución del sistema eléctrico beneficia directamente al sector en términos de reducción de emisiones indirectas: mientras la matriz eléctrica se vuelve más limpia, la intensidad de emisiones por MWh sigue disminuyendo.

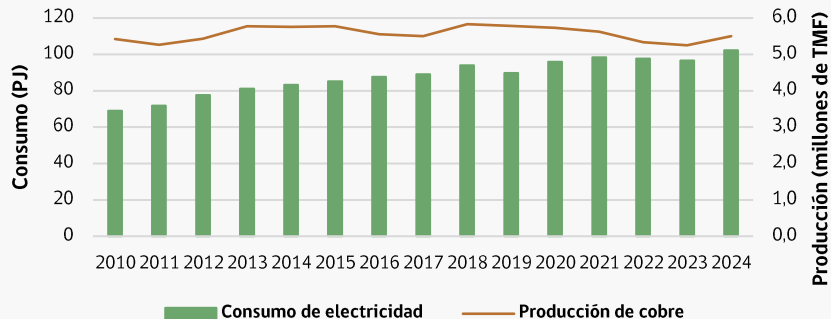
(4) Sistema eléctrico que actualmente abastece prácticamente todo el territorio eléctrico de Chile, desde la ciudad de Arica por el norte, hasta la Isla de Chiloé, en el sur.

(5) Sistema eléctrico que operó hasta 2017 y abastecía la zona centro-sur del país, desde Taltal hasta Chiloé.

(6) Sistema eléctrico que operó hasta 2017 y abastecía la zona norte del país, desde Arica a Antofagasta.

Emisión total de GEI indirectos en la minería del cobre en Chile

Gráfico 11:
Consumo de electricidad y producción total en operaciones de la gran y mediana minería del cobre (2010-2024).



Hasta **2017**, las emisiones indirectas mostraban una tendencia creciente, con una tasa de **aumento promedio anual de 4,2%**. Sin embargo, a partir de **2018**, tras la unificación del SIC y el SING, el indicador cambió de rumbo, registrando una **disminución promedio anual de 10,2%**.

Fuente: Cochilco (2025).

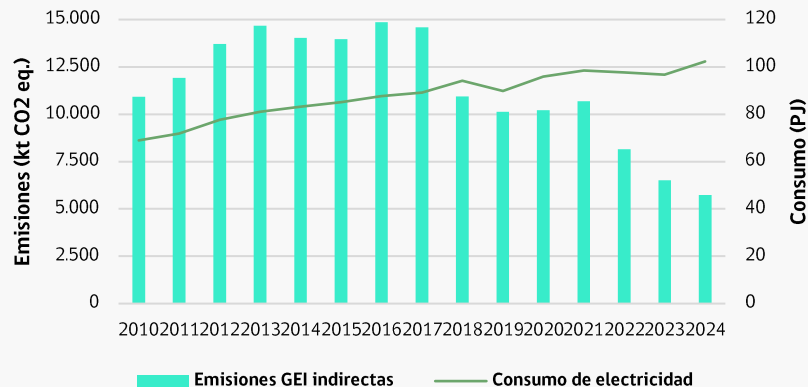
COMISIÓN CHILENA DEL COBRE

El consumo de electricidad en la minería del cobre ha mostrado un aumento sostenido durante el período visualizado en la gráfica, alcanzando en 2024 un nivel **48,5% superior** al registrado en 2010.

5.732

ktCO2 eq. de emisiones GEI indirectas en 2024

Gráfico 12:
Emisiones de GEI indirectas y consumo total de combustible en la gran y mediana minería del cobre (2010-2024).



CHILE AVANZA CONTIGO

Emisión total de GEI indirectos por proceso

Gráfico 13:
Evolución en el consumo de electricidad por proceso (2010 - 2024).

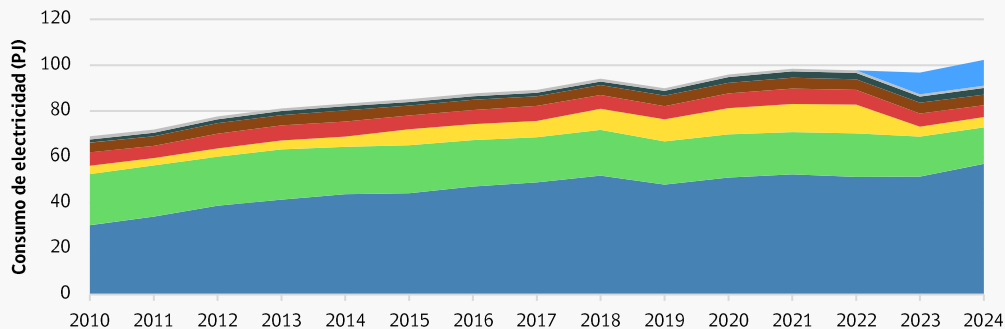
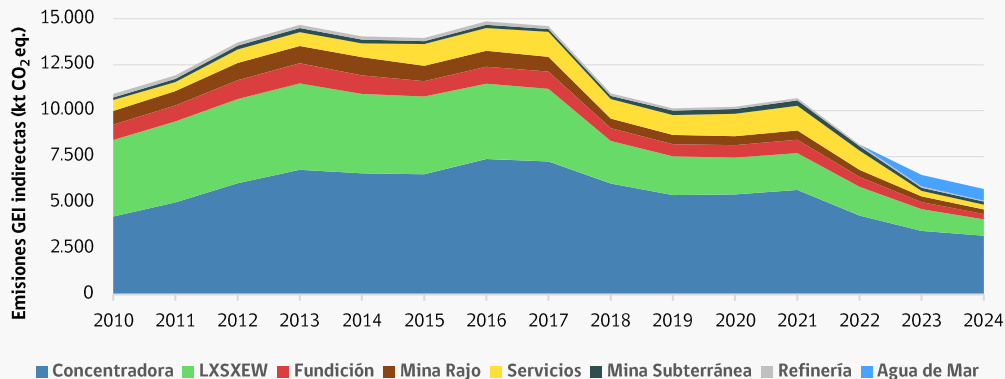


Gráfico 14:
Evolución de emisiones de GEI indirectas de la minería del cobre por proceso (2010 - 2024).



El proceso de **concentración** se mantiene como el de mayor demanda eléctrica, concentrando el **56% del total** utilizado en la minería del cobre en 2024, y registrando una tasa de crecimiento anual de 4,6%. Le siguen los procesos de **LX-SX-EW**, con un **15% del consumo total**, y el uso de **agua de mar⁽⁷⁾**, con una participación del **11% en el año analizado** (considerando impulsión y desalinización).

La **unificación de los sistemas** mencionada previamente marca un punto de inflexión a partir de 2018. Es así que analizando el periodo **2010-2024**, casi todos los procesos, excepto mina subterránea y uso de agua de mar, presentan una **tasa de crecimiento promedio anual negativa**. Destacan las dos principales fuentes de emisiones: **concentradora**, con una disminución promedio cercana al **2% anual**, y **LX-SX-EW**, con una reducción próxima al **10% anual**.

(7) A partir de 2023, cambia la metodología de la encuesta que recaba esta información, consultando por separado los ítems de servicios y agua de mar. Previo a ese año, ambos se incluyen en el ítem de servicios.

Fuente: Cochilco (2025).

Emisión de GEI indirectas por región

Gráfico 15:
Emisiones totales de GEI indirectas en la minería del cobre por región.

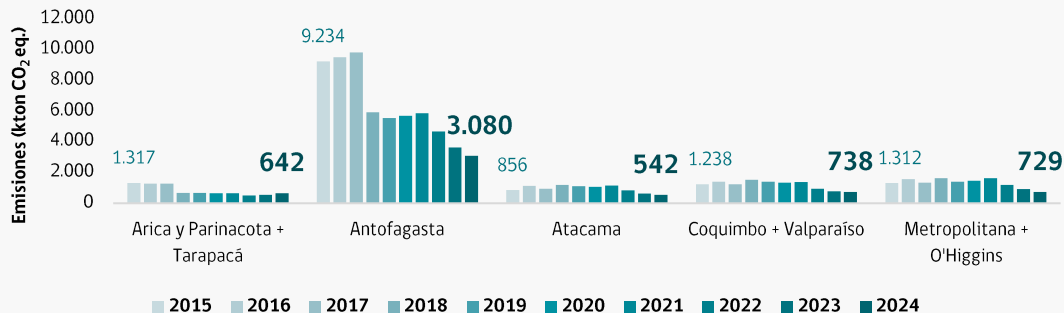
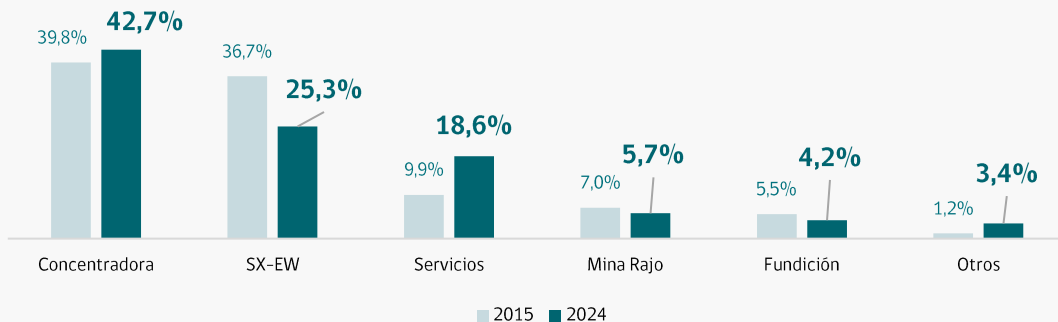


Gráfico 16:
Porcentaje de participación de cada proceso en las emisiones indirectas en la Región de Antofagasta.



Fuente: Cochilco (2025).

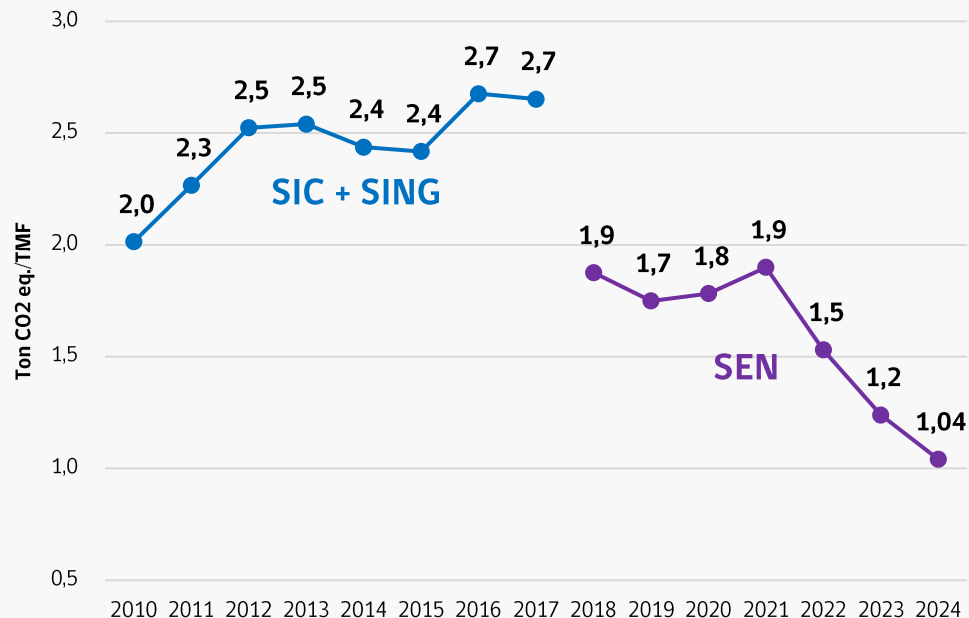
En el análisis por región⁽⁸⁾, es relevante considerar que hasta **2017** las regiones de Arica y Parinacota, Tarapacá y Antofagasta estaban conectadas al **SING**, el cual presentaba un factor de emisión **74% mayor que el actual del SEN**. Por su parte, el resto de las regiones se abastecía desde el **SIC**, cuyo factor de emisión era **40% superior**. Bajo este contexto, el gráfico muestra una **reducción transversal** de las emisiones en la última década, destacando el caso de **Antofagasta**, que disminuyó sus emisiones en un **66,7%**.

Al igual que en el caso de las emisiones directas, **Antofagasta** se analiza de manera particular. Considerando los porcentajes de participación de cada proceso en las emisiones indirectas totales, se observa una variación significativa en los procesos de **concentradora y de LX-SX-EW**. El primero experimenta un **leve aumento** en la última década, asociado al creciente procesamiento de sulfuros y la incorporación de plantas de mayor capacidad, lo que incrementa el consumo eléctrico. En contraste, el proceso LX-SX-EW muestra una **marcada disminución** en su participación, producto del menor procesamiento de óxidos.

(8) El proceso de uso de agua de mar en este caso se incluye en el ítem de **servicios**, tanto para 2015 como para 2024.

Coeficiente unitario de emisión de GEI indirectos en la minería del cobre en Chile

Gráfico 17:
Evolución del coeficiente unitario de emisión de GEI indirectas.



Fuente: Cochilco (2025).

El Gráfico 17 presenta un indicador global de las emisiones de GEI de la minería del cobre a nivel nacional que es el **coeficiente unitario de emisiones indirectas de GEI** en toneladas de CO2 equivalente por tonelada de cobre fino producido.

La **disminución** del coeficiente unitario de emisión de GEI indirectos se relaciona con la reducción sostenida del factor de emisión del SEN.

- En 2024, el coeficiente alcanzó **1,04 toneladas de CO₂ equivalente** por cada tonelada de cobre fino producida.
- En comparación con 2018, año en que comienza a registrarse el factor de emisión del SEN, este valor es **44,5% menor**. Asimismo, respecto de 2023, el indicador experimentó una **disminución de 16%**.

La reducción sostenida del coeficiente refleja una mejora continua en el desempeño ambiental del sector. Esta tendencia se explica principalmente por la **descarbonización progresiva del SEN**, que ha disminuido de forma permanente su factor de emisión gracias a una **mayor presencia de fuentes de energía más limpias**.

Integración de energías renovables (ERs)

Gráfico 18:
Evolución de la participación de la energía renovable en el consumo eléctrico del sector.

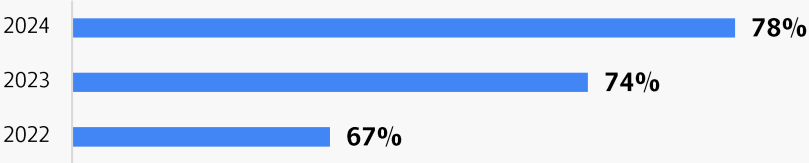


Tabla 2:
Suministro de energías renovables por tamaño de operación minera del cobre en el 2024.

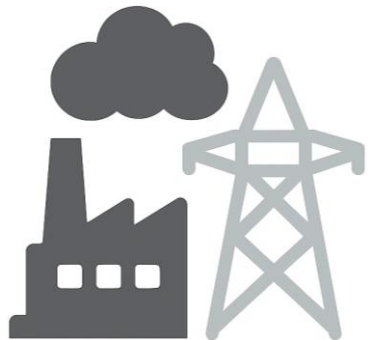
Tipo de Minería	Número de operaciones	Consumo de electricidad (TJ)	PPA Suministro de ER	Electricidad suministrada con ER (TJ)	Porcentaje del consumo suministrado con ER
Gran Minería Estatal	8	24.058	1	5.531	23% ⁽¹⁰⁾
Mediana Minería Estatal	6	464	5	392	84%
Gran Minería Privada	19	74.526	19	71.274	96%
Mediana Minería Privada	16	3.259	9	2.286	70%
Total	49	102.307	34	79.483	78%

En los últimos años, Chile ha avanzado de forma sostenida en la descarbonización de su matriz eléctrica, impulsado tanto por el rápido crecimiento de las energías renovables, especialmente solar y eólica, como por la promulgación de la **Ley de Eficiencia Energética en 2021**, que obliga a las empresas y organismos públicos a implementar un Sistema de Gestión de la Energía (SGE) para optimizar su consumo energético. Este marco regulatorio, junto con la expansión de proyectos renovables, permitió que en 2024 las energías limpias alcanzaran cerca del **68% de la generación eléctrica nacional**⁽⁹⁾.

- Este crecimiento también se refleja directamente en la industria minera del cobre, donde una mayor disponibilidad de electricidad proveniente de fuentes renovables ha permitido reducir de manera significativa las emisiones indirectas asociadas al consumo eléctrico.
- De las **49 operaciones** que participaron en la encuesta EMPAE, el **69% declara** contar con contratos de suministro eléctrico provenientes de energías renovables, lo que representa el **78% de la demanda** eléctrica total del sector minero cuprífero del país.

(9) Energías renovables representaron del orden de 68 % de la generación en 2024, [Diario Financiero \(2025\)](#).
(10) Codelco ha informado en su *Reporte de Cambio Climático 2025* que, tras adjudicar en 2024 dos contratos de suministro eléctrico con energías renovables, la empresa asegura una matriz energética 100% limpia para 2030. Asimismo, proyecta que hacia 2026 cerca del 85% de su consumo eléctrico provendrá de fuentes renovables.

Integración de energías renovables y su efecto en las emisiones de alcance 2



Emisiones de alcance 2

Las emisiones indirectas por consumo eléctrico alcanzaron 5.732 ktCO₂ eq., reflejando la intensidad de carbono de la matriz energética.



Integración de energías renovables

El 78% del consumo eléctrico provino de fuentes de energía limpia, lo que evita un nivel de emisiones de Alcance 2 mucho mayor.



Carbono neutralidad

La expansión de energías renovables en el sector habilita la reducción acelerada de emisiones y permite avanzar hacia operaciones carbono neutrales.

Comentarios finales

Los resultados de 2024 muestran que la minería del cobre en Chile continúa avanzando en la reducción de su intensidad de emisiones, consolidando una tendencia que refleja tanto la transformación del Sistema Eléctrico Nacional (SEN) como los esfuerzos sectoriales por mejorar la eficiencia energética.

La reducción de las emisiones totales, que alcanzaron su nivel más bajo desde 2010, **proyecta señales favorables para el cumplimiento de los compromisos climáticos del país** y para la competitividad de la industria en un mercado global cada vez más exigente en trazabilidad y carbono incorporado.

El principal motor de esta disminución ha sido la **descarbonización del SEN**. La creciente participación de energías renovables en la matriz, que en 2024 representaron cerca del **68% de la generación eléctrica del país**, ha reducido sustancialmente los factores de emisión y, con ello, las emisiones indirectas (Alcance 2). Este fenómeno abre nuevas oportunidades para el sector: a medida que la electrificación de procesos se vuelve más atractiva, la minería puede capturar beneficios ambientales y económicos mediante contratos de suministro renovable, integración de energías limpias y la sustitución progresiva de tecnologías dependientes de combustibles fósiles.

En contraste, las emisiones directas (Alcance 1) mantienen una **trayectoria creciente**, reflejo de desafíos estructurales como el envejecimiento de los yacimientos, menores leyes de minerales y mayores distancias de acarreo, que

incrementan el consumo de diésel. Esto confirma que la gran brecha pendiente en la transición minera radica en los procesos **mina-planta**, donde la electrificación, la eficiencia operacional y la introducción de combustibles alternativos, como hidrógeno verde, flotas híbridas y sistemas *trolley* para CAEX, serán claves para revertir esta tendencia en la próxima década.

A nivel territorial, si bien regiones como **Antofagasta** presentan una fuerte reducción de las emisiones indirectas gracias al avance del SEN entre los años 2018 y 2024, siguen concentrando la mayor proporción de emisiones directas debido a su alta intensidad de operaciones a rajo abierto. Este contraste refleja la necesidad de políticas regionales y corporativas que impulsen la reconversión tecnológica en transporte y carguío, así como la modernización energética de los procesos productivos.

Si bien el sector avanza hacia una electrificación limpia, este enfrenta un desafío urgente en lo que respecta a la **reducción de emisiones directas**. La capacidad de abordar este reto (tecnológica, regulatoria y financieramente) será determinante para mantener el posicionamiento de Chile como líder mundial en minería sustentable y para cumplir los compromisos de carbono-neutralidad establecidos por el país para 2050.



Fuente: Codelco

Anexos



Anexo A: Factores de emisión y fracción de carbono oxidado

Tipo de Combustible	Factor de Emisión (tC/TJ, FE)	Fracción de carbono oxidado (FOC)
Diésel	20,2	0,99
Enap 6	21,1	0,99
Kerosene	19,6	0,99
Petróleo Combustible	21,1	0,99
Nafta	20,0	0,99
Gasolina	18,9	0,99
Butano	18,2	0,995
Propano	17,5	0,995
Gas Licuado	17,2	0,995
Gas Natural	15,3	0,995
Carbón	25,8	0,98
Leña	30,0	0,98

Fuente: Cochilco en base a las Directrices GEI de IPCC de 2006 (Cuadro 1.3; Capítulo 1; Volumen 2).

Las emisiones de CO₂ se calculan del siguiente modo:

$$EmisionesCO_2 = \sum_j EC_j * FE_j * FOC_j * \frac{44}{12}$$

Donde:

- $EmisionesCO_2$: Emisiones de Carbono (ton. CO₂).
- EC_j : Energía consumida en el combustible j (TJ).
- FE_j : Factor de emisión del combustible j (ton C/TJ).
- FOC_j : Fracción de carbono oxidado de combustible j .
- $44/12$: Relación entre los pesos moleculares del Dióxido de Carbono (CO₂) y el Carbono (C).

Análisis elaborado por la Comisión Chilena del Cobre

Analistas Dirección de Estudios y Políticas Públicas

Carla Rebolledo Labbé

Manuel Soto Alonso

Directora de Estudios y Políticas Públicas

Patricia Gamboa Lagos

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.



Emisiones de gases de efecto invernadero asociadas a la minería del cobre al año 2024



@cochilcochile



Comisión Chilena del Cobre



@cochilcochile

