



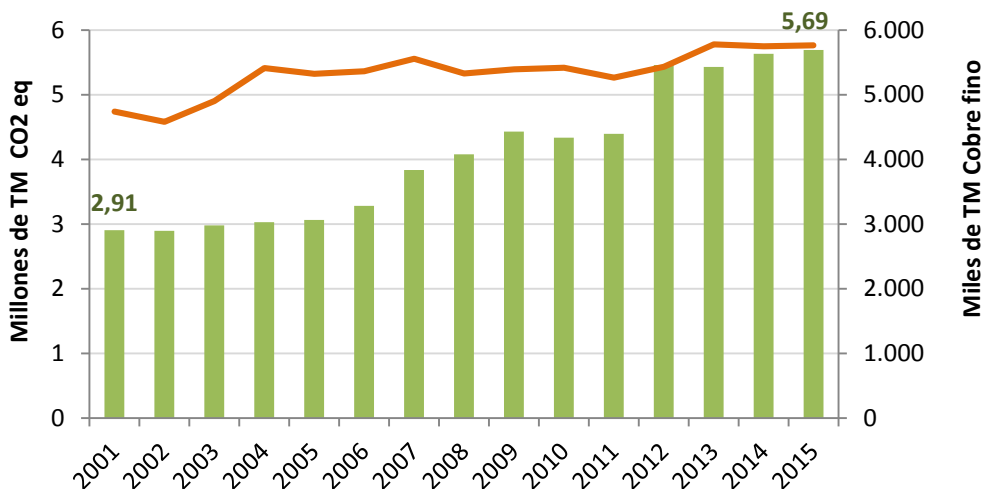
Informe de actualización de emisiones de gases de efecto invernadero directos en la minería del cobre al año 2015

DEPP 18 /2016

Resumen Ejecutivo

El presente informe reporta las emisiones directas de Gases Efecto Invernadero (GEI) producidas por la industria minera del cobre al año 2015 medido en toneladas de CO₂ equivalentes. El cálculo de GEI se realiza para a las emisiones de los gases de Dióxido de Carbono (CO₂), Metano (CH₄) y Óxido Nitroso (N₂O), que corresponden a gases de mayor importancia que aportan al efecto invernadero global. Es así como el año 2015 se reporta una emisión total de 5,7 millones de toneladas de CO₂ equivalentes, lo que representa un incremento de un 95,8% respecto del consumo alcanzado el año 2001.

Gráfico 1: Emisiones de gases de efecto invernadero totales y producción de la minería del cobre en Chile



Fuente: Elaborado por Cochilco

El aumento en la emisión de GEI se debe principalmente al mayor consumo de Diésel, el cual aportó 5,06 millones de toneladas de CO₂ equivalente el año 2015 versus 1,94 millones toneladas de CO₂ equivalente que aportaba en el año 2001. Este aumento se debe principalmente al incremento de uso de este combustible por la mayor cantidad de material removido por la entrada en operación de nuevas minas y proyectos de expansión y reposición en el periodo 2001 – 2015, sumado al decaimiento de variables estructurales como ley de mineral y mayores distancias de acarreo, lo que se entiende como envejecimiento de las minas.

En particular, el proceso de mayor relevancia en la emisión de GEI directos es el de mina rajo. En el año 2015 alcanza un total de 4,45 millones de toneladas de CO₂ equivalente, lo que corresponde a un aumento de un 209% respecto del año 2001. En términos de participación, alcanza una participación de un 78,1% en la emisión de GEI en la minería del cobre el año 2015.

En términos de coeficiente unitario, la minería del cobre alcanzó una emisión total de 0,99 tonelada de cobre de CO₂ equivalente por tonelada de cobre fino producido en 2015.

El coeficiente unitario de emisiones de GEI del proceso de mina rajo alcanza las 4,74 toneladas de CO₂ equivalente por kilo tonelada de mineral extraído en 2015, alcanzando su máximo histórico.

Índice

Resumen Ejecutivo	I
1. Introducción	4
2. Metodología	5
3. Emisión de Gases de Efecto Invernadero Directos en la Minería del Cobre en Chile	8
3.1. Emisión total de Gases de Efecto Invernadero directos en la minería del cobre en Chile	8
3.2. Emisión por proceso de Gases de Efecto Invernadero directos en la minería del cobre en Chile	10
3.3. Emisión de Gases de Efecto Invernadero directos en la minería del cobre en Chile por región	13
3.4. Coeficientes unitarios de emisión de gases efecto invernadero en la minería del cobre en Chile	14
4. Comentarios Finales	17



Índice de Figuras

Figura 1: Consumo de energía en base a combustibles de la minería del cobre, 2001 – 2015.....	8
Figura 2: Participación de Principales Combustibles en el Consumo Total de Combustibles en la Minería en los años 2001 y 2015.....	9
Figura 3: Emisiones de gases de efecto invernadero totales y producción de la minería del cobre en Chile.....	9
Figura 4: Participación de las emisiones de gases de efecto invernadero según tipo de combustibles en 2001 y 2015.....	10
Figura 5: Consumo de combustibles por proceso minero, nivel nacional 2001 – 2015.....	11
Figura 6: Consumo de combustibles Diésel por proceso minero, 2015.....	11
Figura 7: Emisiones de GEI directo de la minería del cobre por procesos y su participación respectiva, 2001 – 2015.....	12
Figura 8: Consumo de combustibles y su participación por Región en la minería del cobre, 2015.....	13
Figura 9: Emisiones de gases de efecto invernadero de la minería del cobre por región.....	14
Figura 10: Coeficiente unitario global de la minería del cobre de emisiones de GEI por tonelada de cobre fino.....	14
Figura 11: Coeficientes unitarios de emisiones de GEI por tonelada de mineral extraído en mina rajo y en mina subterránea, 2001-2015.....	15
Figura 12: Coeficientes unitarios de emisiones directas de GEI por fino contenido en procesos de Fundición y Lixiviación, 2001 -2015.....	16

Índice de tablas

Tabla 1: Factores de emisión y fracción de carbono oxidado	6
Tabla 2: Factores de emisión de CH ₄ y N ₂ O.....	7



1. Introducción

El cambio climático es una problemática que afecta en diferente grado y forma a la mayoría de los países del mundo. El avance de desiertos, períodos de lluvia más prolongados, *peak* históricos de calor y frío en diferentes regiones, son algunas de las manifestaciones de este fenómeno. En este sentido, muchas de las naciones, en especial aquellas de altos ingresos, se encuentran tomando medidas para evitar escenarios adversos de cambio climático determinados por los niveles de emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) actuales y proyectados. Chile no se encuentra ausente de esta discusión y el año 2008 presentó su Plan de Acción Nacional de Cambio Climático con el objetivo de implementar medidas de orden estratégico y de política pública para enfrentar el cambio climático y reducir las emisiones de GEI proyectadas al año 2020.

La Comisión Chilena del Cobre (COCHILCO) en su misión de generar información para el desarrollo de una minería sustentable, desde al año 1995 mantiene una línea de trabajo que permite la cuantificación y análisis de las emisiones de GEI directos de la minería del cobre a nivel nacional.

El objetivo del presente informe es actualizar los niveles de emisión de GEI directos de la minería del cobre alcanzado al año 2015. Esta actualización se realiza en base a información de consumo de combustibles entregadas por las principales compañías productoras de cobre del país a través de la *Encuesta de Producción; Consumo de Energía y Agua* que realiza Cochilco anualmente. En este sentido, para este informe se consultaron 52 faenas mineras incluidas también fundiciones y refinerías existentes que representan más del 98% de la producción nacional, cabe señalar que este año se incorporaron al análisis, la data de varias empresas de la mediana minería. Esta información permite identificar los niveles de emisión de GEI a nivel nacional, regional y por procesos.

En este informe, en la sección 2 se presenta la metodología utilizada para realizar la cuantificación de los GEI de la minería. En la sección 3, se presentan los principales resultados donde, primero, se realiza un breve análisis del consumo de combustibles de la minería del cobre. Luego, se muestran los resultados de las emisiones totales de GEI de la minería del cobre a nivel nacional, por región y por procesos. También en la sección se entrega información de los coeficientes unitarios de los niveles de emisión alcanzados por la minería en el proceso de producción de cobre. Finalmente, en la sección 4 se entregan comentarios finales del informe.



2. Metodología

Este informe se construye en base a los consumos de combustibles reportados a Cochilco por las faenas mineras más importantes a través de la encuesta anual de producción, consumo de agua y energía. Los consumos de combustibles son transformados a unidades energéticas, y estas últimas a su vez, se transforman a sus equivalentes en emisiones de gases de efecto invernadero como será mostrado más adelante.

En cuanto a las fuentes emisoras que se consideran en el inventario de gases de efecto invernadero, todas las metodologías conocidas internacionalmente establecen tres niveles:

- Alcance 1: estas incluyen las emisiones directas procedentes de las actividades que la organización/empresa puede controlar.
- Alcance 2: estas emisiones hacen referencia a las emisiones indirectas que se generan en las centrales de producción de electricidad como consecuencia del consumo de electricidad que la organización/empresa necesita para su producto y/o servicio.
- Alcance 3: corresponde al resto de las emisiones indirectas que se generan como consecuencia de las actividades que ocurren en fuentes que no son controladas por la organización/empresa.

Este informe se enfoca únicamente en las emisiones de alcance 1 correspondientes a la minería del cobre en el país. El cálculo de las emisiones de GEI se circunscribe a las emisiones de Dióxido de Carbono CO₂, Metano CH₄ y Óxido Nitroso N₂O, puesto que éstos son los GEI relevantes para el caso de la minería del cobre. El estudio se limita a las emisiones directas o de alcance 1, que corresponden a aquellas generadas por la combustión de combustibles fósiles en el proceso de producción de cobre.

El sistema incluye todos los procesos mineros, desde la extracción del mineral hasta la producción de los concentrados y cátodos de cobre, subdivididos en algunos procesos unitarios genéricos. Las áreas de proceso en que se categorizaron las emisiones de GEI son seis; el área mina, el área de la planta concentradora, el área de lixiviación (LXSXEW), el área de fundición, el área de refinería y finalmente el área de servicios.

Para calcular las emisiones de gases de efecto invernadero directas se utilizó el correspondiente factor de emisión para cada combustible, de acuerdo a la fracción de carbono oxidado. Para ello se utilizó la metodología prevista por el *International Panel on Climate Change* (IPCC) actualizadas al 2006. En este sentido, los combustibles considerados son Diesel, Kerosene, Petróleo Combustible, Nafta, Gasolina, Gas Licuado, Gas Natural, Carbón y Leña.

Las emisiones se calculan en términos de CO₂ equivalente asociadas a cada tipo de combustible.

$$G_f = E_f \times EF_f \times FOC \times \frac{44}{12}$$



Donde:

- G_f = Emisiones de Carbono (ton CO₂ equivalente).
- E_f = Energía calculada para ese consumo de combustible (TJ).
- EF_f = Factor de emisión del combustible (ton C/TJ).
- FOC = Fracción de carbono oxidado.
- $44/12$ = Relación entre los pesos moleculares del Dióxido de Carbono (CO₂) y el Carbono (C).

Los valores utilizados para el factor de emisión del combustible (EF_f) y la fracción de carbono oxidado (FOC) se muestran en la tabla 1.

Tabla 1: Factores de emisión y fracción de carbono oxidado

Tipo de Combustible	Factor de Emisión EF_f (Kg/GJ)	Fracción de carbono oxidado (FOC)
Diesel	20,2	1
Kerosene	19,6	1
Petróleo Combustible	21,1	1
Nafta	20	1
Gasolina	18,9	1
Gas Licuado	17,2	1
Gas Natural	15,3	1
Carbón	25,8	1
Leña	30	1

Fuente: Guía GEI 2006, IPCC

Ahora bien, para determinar las emisiones de los gases CH₄ y N₂O asociadas al uso directo de cada tipo de combustible, se utilizaron las fórmulas de conversión mostradas a continuación.

$$\text{Emisión CH}_4 = E_f \times \text{Factor de Emisión CH}_4 \times \frac{21}{1000}$$

$$\text{Emisión N}_2\text{O} = E_f \times \text{Factor de Emisión N}_2\text{O} \times \frac{310}{1000}$$

Donde:

- Emisión CH_4 = Emisiones de CH₄ expresadas como emisiones de CO₂ equivalente (ton CO₂ equivalente)
- $\text{Emisión N}_2\text{O}$ = Emisiones de N₂O expresadas como emisiones de CO₂ equivalente (ton CO₂ equivalente)

De acuerdo a la guía GEI 2006, IPCC, los factores de emisión son función del tipo de combustible y del tipo de uso que se le ha dado. Generalmente las emisiones de CH₄ y N₂O son menores que las



emisiones de CO₂, sin embargo, su potencial de calentamiento global por unidad de masa es mayor. En el caso del metano (CH₄), el potencial de calentamiento global por unidad de masa es 21 veces mayor que en el caso del CO₂ y en el caso del óxido nitroso (N₂O) es 310 veces mayor, es por ello que para expresarlas como emisiones de CO₂ equivalentes se multiplican por esos factores respectivamente.

En la Tabla 2 se indican los factores de emisión para cada gas según tipo de combustible y el uso que se le da. Al revisar los factores de emisión entregados por la guía revisada del IPCC al 2006 se observa que aquellos referentes a la industria del cobre no están actualizados y se mantienen los factores de emisión calculados en 1996.

Tabla 2: Factores de emisión de CH₄ y N₂O

Tipo de Combustible	Uso	Factor de Emisión CH ₄ (Kg/TJ)	Factor de Emisión N ₂ O (Kg/TJ)
Diesel	Vehículos Pesados	4	2
Gasolina	Vehículos Livianos	7,5	43
Petróleo	Secadores	1	0,6
Diesel	Caldera Industrial	0,2	0,4
Petróleo Combustible	Caldera Industrial	3	0,3
Kerosene	Servicios	2	0,6
Gas Licuado	Servicios	2	0,6
Gas Natural	Caldera	1,4	0,1
Gas Natural	Secadores	1,1	0,1
Carbón	Caldera	1	1,6
Leña	Caldera	30	4

Fuente: Guía GEI 2006, IPCC



3. Emisión de Gases de Efecto Invernadero Directos en la Minería del Cobre en Chile

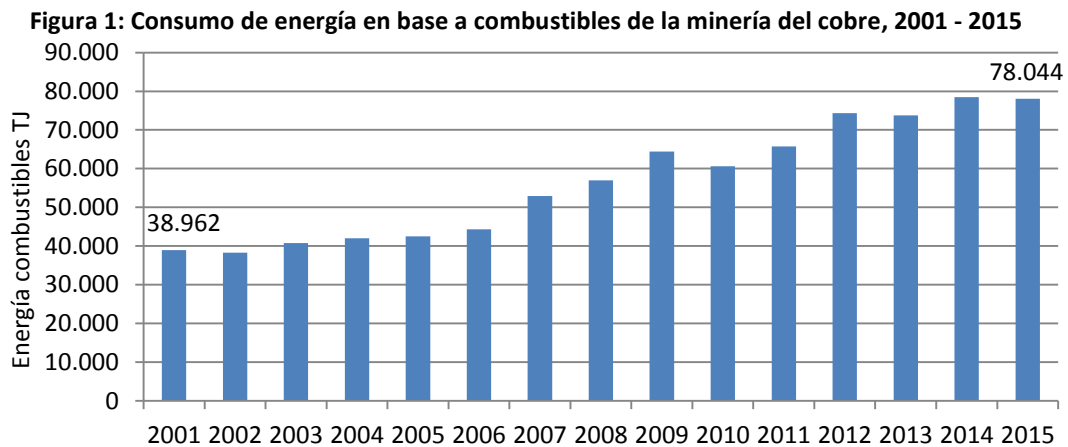
En esta sección, se muestran los principales resultados del consumo de combustibles en terajoules de la minería del cobre en Chile y su respectiva emisión de Gases de Efecto Invernadero (GEI) en toneladas de CO₂ equivalente. El consumo eléctrico no es considerado porque la contabilización de esas emisiones corresponde a alcance 2.

Primero, se presentan los datos de consumo total de combustibles y los resultados de la emisión total de GEI directos de la minería del cobre en Chile, entre los años 2001- 2015, posteriormente se clasifica por procesos tanto el consumo de combustibles como su emisión de GEI para el mismo período. Para el año 2015 se muestran los consumos de combustibles y emisiones de GEI directas por Región.

Por último, se examina los coeficientes unitarios de emisión de GEI a nivel nacional y en los procesos de extracción mina a rajo abierto para el período 2001-2015.

3.1. Emisión total de Gases de Efecto Invernadero directos en la minería del cobre en Chile

En el período 2001-2015, se observa que el consumo de combustibles aumentó un 100%, de 38.962 TJ en 2001 a 78.044 TJ en 2015 (Ver Figura 1). Este aumento se debe mayormente a factores estructurales que enfrenta la minería del cobre, como la disminución de las leyes de mineral y al envejecimiento de las minas explotadas lo que implica por ejemplo mayores distancias de acarreo de la flota de camiones, el aumento de material movido.

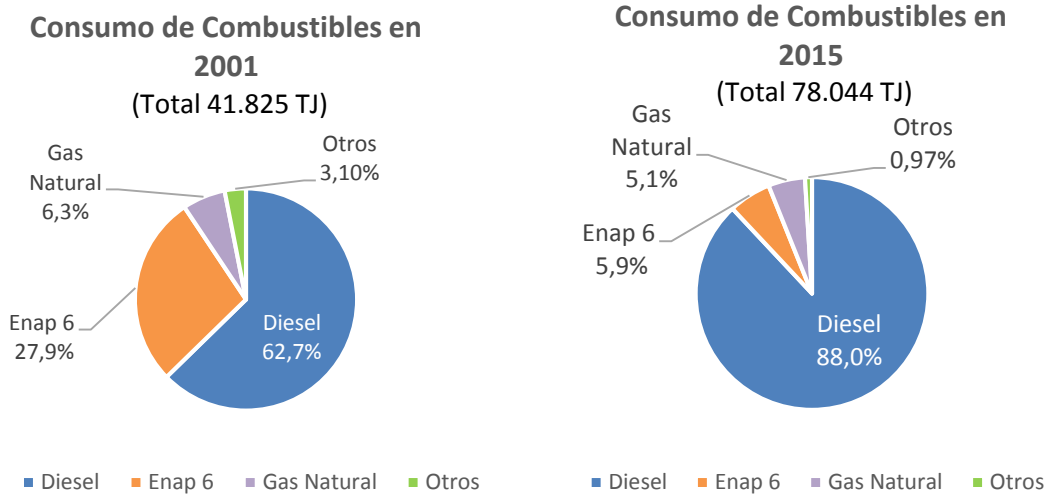


Fuente: Elaborado por Cochilco

Dentro del mix de combustibles usados en la minería del cobre, el más importante es el Diésel y además, su participación en este mix se ha ido incrementado en el período 2001-2015. Es así como en el año 2001 representaba un 63% del total de energía como combustibles utilizada y en el año 2015 el 88%.



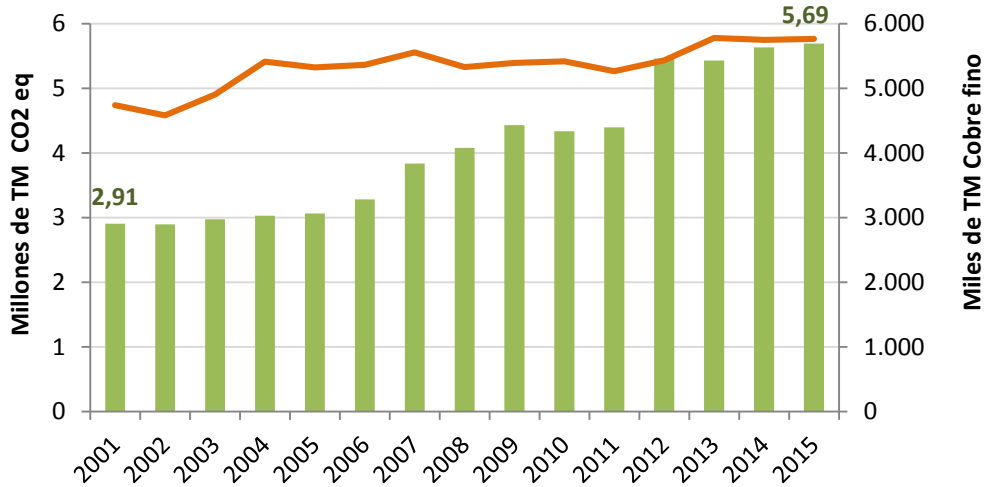
Figura 2: Participación de Principales Combustibles en el Consumo Total de Combustibles en la Minería en los años 2001 y 2015



Fuente: Elaborado por Cochilco

En términos de emisiones directas de GEI, la minería del cobre en Chile tiene una emisión total de 5,7 millones de toneladas de CO₂ equivalente, lo que corresponde a un aumento del 95,8% respecto al 2001 con un aumento en la producción de cobre fino contenido de un 21,6% en el mismo período. (Ver Figura 3).

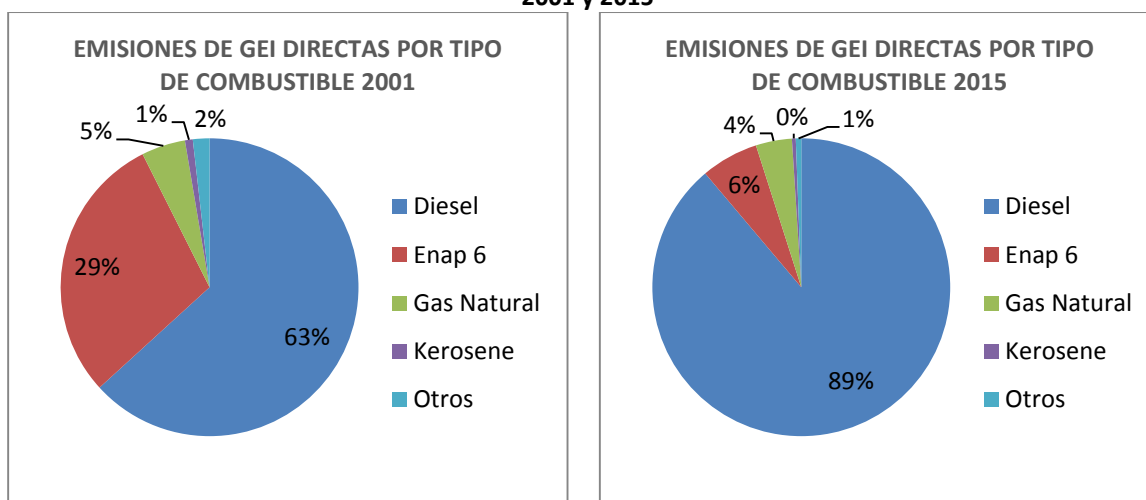
Figura 3: Emisiones de gases de efecto invernadero totales y producción de la minería del cobre en Chile



Fuente: Elaborado por Cochilco

La principal causa del aumento en la emisión de GEI, se debe a este mayor consumo de combustibles en la minería del cobre en el período analizado, en particular de Diésel, de hecho el 89% de las emisiones totales de GEI de la minería del cobre el año 2015 se deben a la combustión de Diésel (Ver Figura 4).



Figura 4: Participación de las emisiones de gases de efecto invernadero según tipo de combustibles en 2001 y 2015

Fuente: Elaborado por Cochilco

El Enap 6 es el combustible que sigue en relevancia tanto en la participación del consumo total de combustibles como en emisiones directas de GEI por parte de la minería del cobre en Chile. En el año 2001 representaba el 28% del total de energía como combustibles utilizada, y tenía un 29% del total de las emisiones GEI de la minería del cobre en ese año, en tanto el año 2015, su participación del consumo total de combustibles ha disminuido a un 6%, al igual que las emisiones directas de GEI a un 6%. El Enap 6 es utilizado principalmente en Fundiciones y Refinerías, y dada la normativa ambiental en calidad del aire desarrollada en el período analizado, para el cumplimiento de los límites de emisiones de material particulado y humos visibles en los hornos de refino, se ha ido reemplazando el Enap 6 por gas natural¹ y sustituyendo por ejemplo quemadores convencionales por otros de alta eficiencia que consumen menos combustibles.

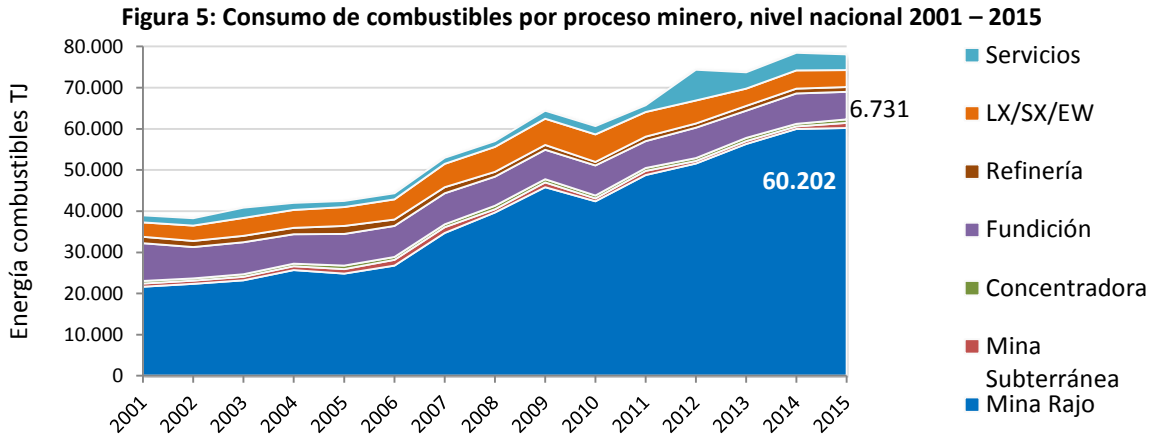
En relación al gas natural este se ha mantenido en términos relativos, en 2001 representaba un 6% del mix de combustibles usados, lo que conllevaba a un 5% de las emisiones directas de GEI por parte de la minería del cobre ese año, y en el año 2015 con el 5% del total de mix de combustibles usados, tuvo un 4% de participación en las emisiones directas de GEI.

3.2. Emisión por proceso de Gases de Efecto Invernadero directos en la minería del cobre en Chile

Al analizar el consumo de combustibles por proceso minero, se observa en Figura 5, que la explotación mina rajo es el proceso que comparativamente mayor utilización tiene de combustibles. Es así como el año 2015, el consumo de combustibles en este proceso fue de 60.202,3 TJ, que

¹ Tanto el Enap 6 como el gas natural tienen uso como fuente calórica, para generar calor, a diferencia del diésel que se usa como fuente de energía

representa un 77% del consumo total de combustibles por parte de la minería del cobre ese año, lo que a su vez corresponde a 2,8 veces del consumo del año 2001.

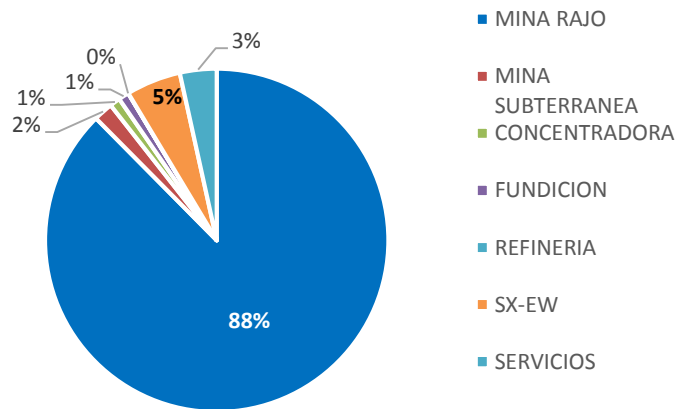


Fuente: Elaborado por Cochilco

Por otro lado, el proceso que le sigue en importancia relativa en el consumo de combustibles, aunque de lejos, es el proceso de Fundición, que en el año 2015 tiene un consumo de 6731 TJ. Es interesante hacer la observación que en el período 2001 -2015 este proceso ha tenido una importante disminución respecto del año 2001 de un 27%. En términos de participación, se observa que ha reducido su participación relativa en el consumo de combustibles en el periodo 2001 – 2015, por un lado debido que no ha existido un aumento de capacidad de procesamiento, lo que incide directamente en el consumo de energía, es así como la Fundición en 2001 representaba el 24%, del consumo total de combustibles y en al año 2015 tienen una participación del 8,6%.

Cabe señalar que dentro de los combustibles usados en el proceso de explotación mina rajo, el principal es el petróleo Diésel, de hecho el 88% del total de Diésel usado en minería del cobre va a mina rajo, para camiones de transporte de mineral y transporte de lastre en el proceso de extracción mina (Ver Figura 6).

Figura 6: Consumo de combustibles Diésel por proceso minero, 2015



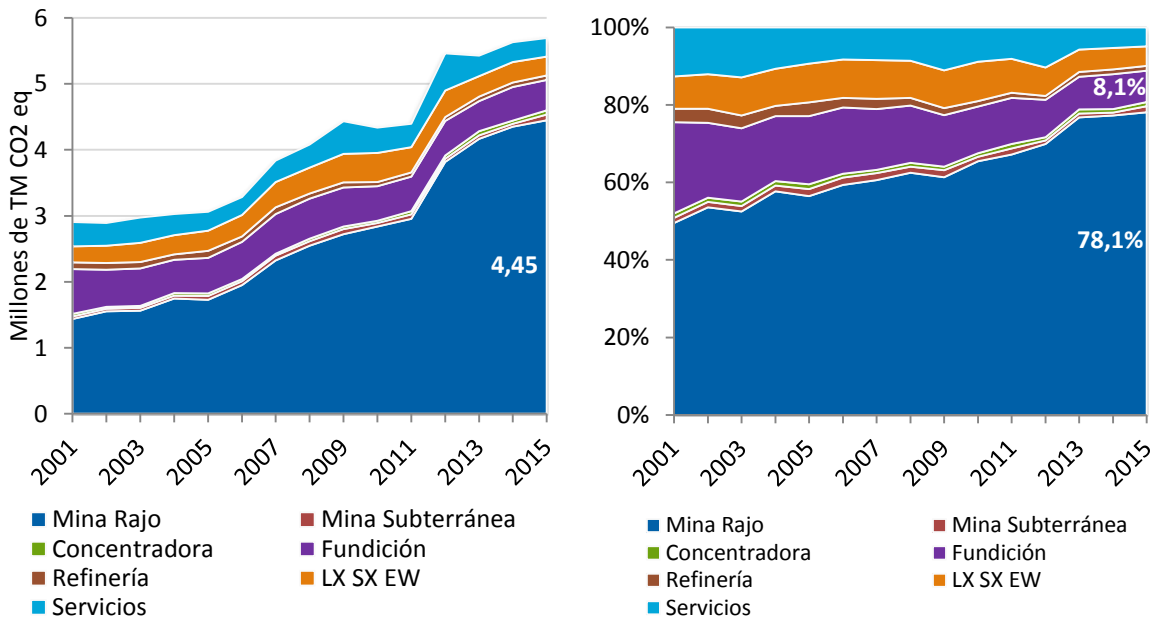
Fuente: Elaborado por Cochilco



Es así como, el proceso de mayor emisión de GEI corresponde al de mina rajo. En el año 2015 alcanza un total de 4,45 millones de toneladas de CO₂ equivalente, lo que corresponde a un aumento de un 209% respecto del año 2001. En términos de participación, alcanza una participación de un 78,1% en la emisión de GEI en la minería del cobre el año 2015. Esta participación corresponde al máximo histórico registrado y a una participación 1,6 veces mayor a la alcanzada en 2001 para este proceso.

Por otro lado, el proceso que le sigue en importancia de emisiones de GEI directos aunque distante es el de Fundición. Si bien su participación en el tiempo ha ido disminuyendo en el período analizado 2001-2015 en un 32,3%, sigue el segundo proceso de mayor participación en la emisión de GEI, es así como en el año 2015, alcanzó una emisión total de 0,46 millones de toneladas de CO₂ equivalente, lo que significa una participación de un 8,1% en las emisiones directas de GEI mineras versus el 23,5% de participación que tenía en el año 2001.

Figura 7: Emisiones de GEI directo de la minería del cobre por procesos y su participación respectiva, 2001 – 2015



Fuente: Elaborado por Cochilco

El tercer proceso que sigue en importancia de emisiones de GEI directos es el proceso de LX-SX-EW, al igual que el proceso de fundición, si bien su participación en las emisiones directas de GEI ha disminuido de un 8,4% en el año 2001 al 5,1% de las emisiones en el año 2015. Alcanzando 0,29 millones de toneladas CO₂ equivalente ese año, ello representa a su vez un aumento del 18,5% respecto del 2001.

En este sentido, la evolución que ha tenido proceso de mina rajo hacia una mayor participación en la emisión de GEI, se debe principalmente al mayor incremento en el consumo de combustibles y en particular de Diésel en este proceso.

De esta manera, el proceso de mayor crecimiento en la emisión de GEI es el de mina rajo, el cual ha incrementado en un 209,0% en el periodo 2001 – 2015, donde el incremento en el periodo 2011 –



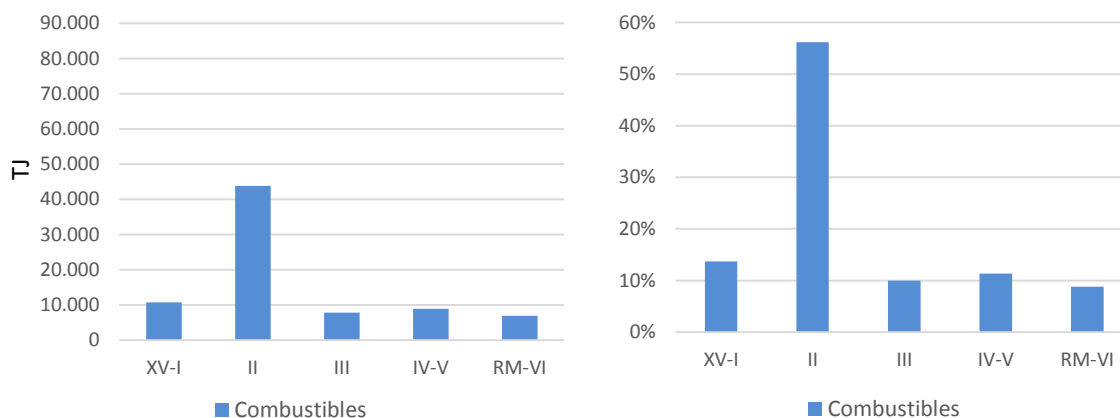
2015 es prácticamente el mismo que el alcanzado en el periodo 2001 – 2011. El aumento en la emisión de GEI en la concentradora fue de un 42,3%, mientras que el de la refinería fue de 30,8% en el periodo 2001 – 2015. Los procesos de LXSXEW, Fundición y Servicios han disminuido su consumo en el año 2015 en comparación con el año 2001 en un 25,1%, 29,4% y 17,0% respectivamente.

También es importante analizar la evolución de la participación en la emisión de GEI de los diferentes procesos de la minería del cobre. En este sentido, la importancia relativa del proceso de mina rajo ha aumentado en un 56,2% en el periodo 2001 – 2015, dado que la participación en la emisión de GEI directos en 2001 alcanzaba un 49,5%, mientras que en el año 2015 alcanza una participación de un 77,3%. Por otro lado, los procesos de Fundición y Refinería han disminuido en su participación en la emisión de GEI en un 62,1% y 64,4%, respectivamente, en el periodo 2001-2015; siendo las disminuciones relativas más importantes en el periodo mencionado.

3.3. Emisión de Gases de Efecto Invernadero directos en la minería del cobre en Chile por región

En relación al consumo total de combustibles de la minería del cobre por región, en Figura 8 se puede ver que la región de Antofagasta, que concentra el 54% de la producción de cobre fino del país ese año, es también la región que mayor consumo de combustibles tiene con 43.819 TJ, lo que representa el 56% del total del consumo de combustibles minero en el país (Ver Figura 9)

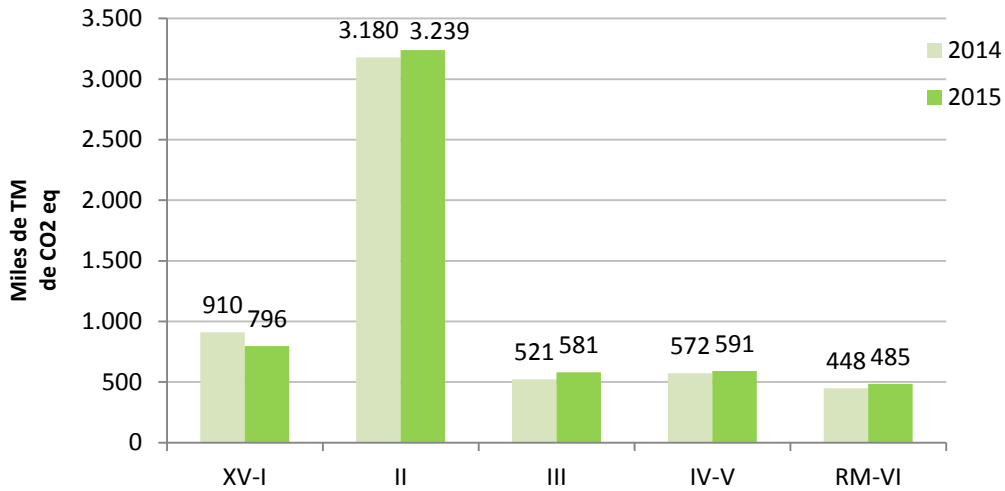
Figura 8: Consumo de combustibles y su participación por Región en la minería del cobre, 2015



Fuente: Elaborado por Cochilco

En términos de emisiones directas de GEI, Antofagasta alcanza un total de 3,24 millones de toneladas de CO₂ equivalente, lo que representa un 56,9% del total de emisiones de GEI de la minería del cobre en 2015. En segundo lugar, las regiones XV y I alcanzan un total de emisiones de GEI de 0,8 millones toneladas de CO₂ equivalente, lo que representa un 14,0% del total nacional para el año 2015. Respecto al año 2014, prácticamente los niveles de emisiones se mantienen en todas las regiones con cambios leves, en particular, Antofagasta muestra un leve incremento de un 1,8% respecto de los GEI emitidos en 2014.

Figura 9: Emisiones de gases de efecto invernadero de la minería del cobre por región

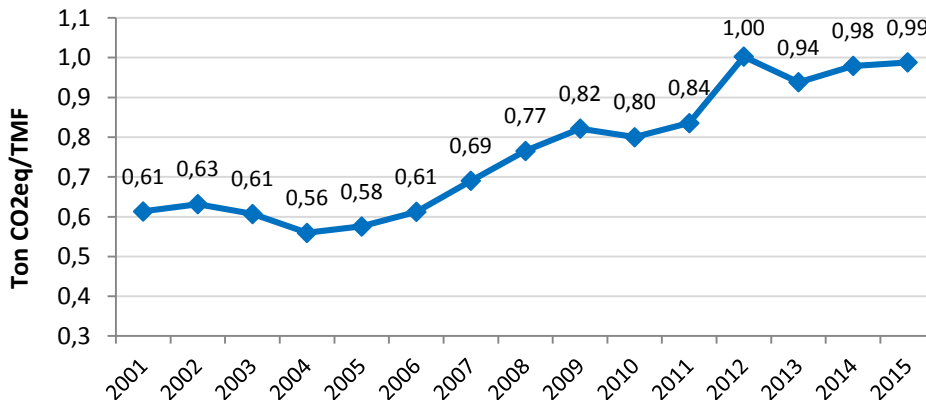


Fuente: Elaborado por Cochilco

3.4. Coeficientes unitarios de emisión de gases efecto invernadero en la minería del cobre en Chile

Al observar las emisiones unitarias involucradas en la industria minera del cobre a nivel global, un buen indicador de ello es el coeficiente unitario de emisiones totales de GEI directos por tonelada de cobre fino producido en el país. Como se puede apreciar en Figura 10, este coeficiente ha ido en paulatino aumento en los últimos 15 años y como se dijo anteriormente por el alza en el consumo de combustibles, tanto por una mayor producción de cobre sumado a temas estructurales como el envejecimiento de las minas. Es así como en el año 2015 alcanza a 0,99 toneladas de CO2 equivalente por tonelada de cobre fino producido, que al compararlo respecto al coeficiente unitario del año 2001 es un 62,3%.

Figura 10: Coeficiente unitario global de la minería del cobre de emisiones de GEI por tonelada de cobre fino



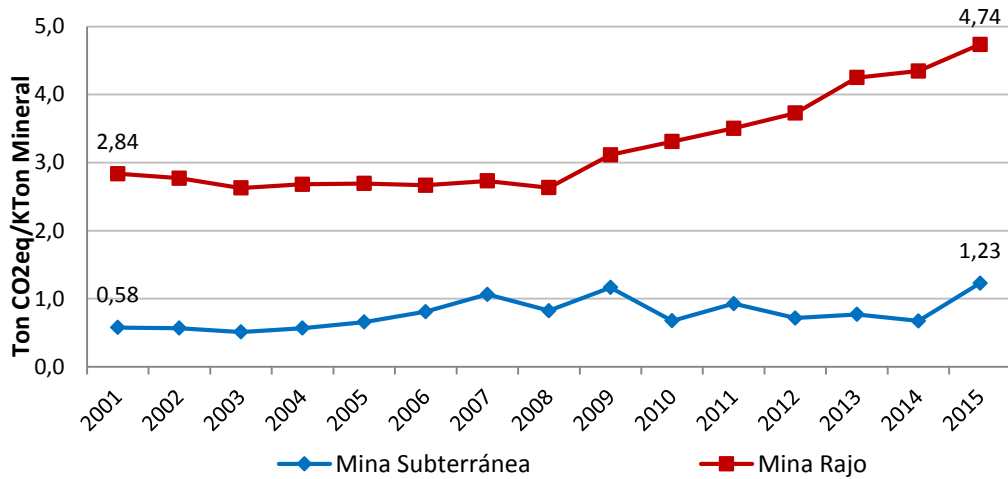
Fuente: Elaborado por Cochilco

Como se mencionó en capítulos anteriores el proceso que mayor emisión de GEI directos es el de mina rajo, unitariamente este proceso en el año 2015 alcanza las 4,28 toneladas de CO₂ equivalente



por mil toneladas de mineral extraído (Ver Figura 11). Cabe señalar, que este indicador se eligió puesto no se encuentra sesgado por disminuciones en las leyes en el mineral extraído, por lo que el incremento en el consumo de combustible se asocia al aumento de distancias de acarreo, profundidad relativa de extracción, lo que evidencia el envejecimiento de las minas.

Figura 11: Coeficientes unitarios de emisiones de GEI por tonelada de mineral extraído en mina rajo y en mina subterránea, 2001 - 2015

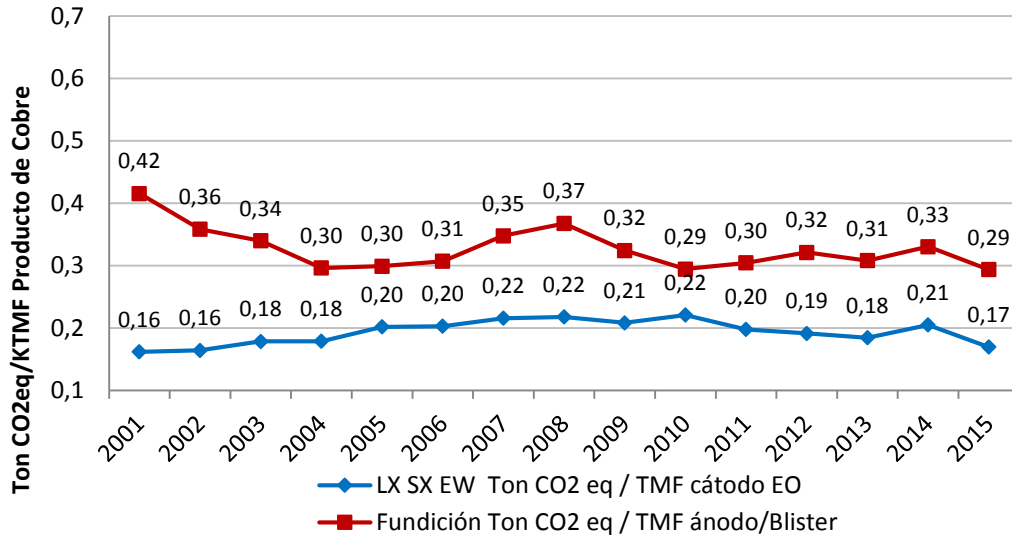


Fuente: Elaborado por Cochilco

A modo comparativo con el proceso extractivo de mina subterránea, este alcanza 1,23 toneladas de CO2 equivalente por Kilo tonelada de mineral extraído en el año 2015. Las diferencias de magnitud de los coeficientes unitarios de emisión se debe a que la minería de rajo a abierto es intensiva en el uso de combustibles por la utilización de camiones en el transporte en la extracción de mineral, mientras que la minería subterránea utiliza métodos gravitacionales de explotación para la extracción de minerales, si bien las palas son diésel y hay algunos camiones, igual en la mina subterránea están más restringidos para el uso de combustibles, pues requieren preocuparse por la ventilación interior mina, también hay que tener en cuenta, que está el acarreo por trenes en el Teniente lo cual hace más eficiente el uso de energía. En este sentido el crecimiento que ha experimentado el coeficiente unitario de emisiones directas de GEI de mina rajo ha sido mucho mayor que el de mina subterránea en los últimos años. Mientras que el coeficiente unitario de emisiones de mina subterránea se ha mantenido relativamente constante en los últimos 15 años, presentando si un leve incremento el año 2015, en la mina subterránea no hay material estéril que mover, sólo mineral. Respecto a esto último, cabe señalar que en este Informe se incluyeron diversas faenas de la mediana minería que cuentan con mina subterránea, estos datos si bien son parte del presente informe, están en revisión, ya que presentan valores en el consumo de combustibles más altos comparados con el resto de faenas, y hay que analizar si efectivamente corresponde a los ítems encuestados o bien se están tomando otros consumos de combustibles en el ítem de mina subterránea.

Los procesos que siguen en relevancia de emisiones de GEI directos son los procesos de Fundición y LX-SX-EW. En relación a las Fundiciones el coeficiente unitario de emisiones directas de GEI por kilo tonelada de cobre fino contenido en Blíster/Ánodos alcanza las 0,29 toneladas de CO₂ equivalente en el año 2015.

Figura 12: Coeficientes unitarios de emisiones directas de GEI por fino contenido en procesos de Fundición y Lixiviación, 2001 -2015



En Figura 12 se observa como este coeficiente ha ido disminuyendo en el período 2001-2015, por un lado debido que no ha existido un aumento de capacidad de procesamiento, con una leve disminución del 0,47% entre el 2001 y 2015, prácticamente manteniéndose en torno un promedio de 1,5 millones TFMF de cobre en los últimos 15 años, y a que el proceso ha dejado de usar convertidores con alto consumo de combustible dando paso también a uso de energía eléctrica en las plantas de oxígeno para el proceso autógeno de fusión. En relación al proceso de LX-SX-EW sus coeficientes unitarios de emisiones directas de GEI se ha mantenido prácticamente constante en los últimos 15 años, alcanzando 0,17 toneladas de CO₂ equivalente por kilo tonelada de cobre fino contenido en cátodos electro obtenidos en el año 2015.



4. Comentarios Finales

- La minería del cobre en Chile genera una emisión total de GEI directas de 5,7 millones de toneladas de CO₂ equivalente en el año 2015.
- El aumento de emisiones de GEI directas de un 95,8% en el periodo 2001-2015 se debe principalmente al aumento en el consumo de combustibles en particular de Diésel, de hecho el 89% de las emisiones totales de GEI de la minería del cobre el año 2015 se deben a la combustión de Diésel.
- El petróleo Diésel se usa intensivamente en el proceso de mina rajo y en el año 2015 el 88% del total de Diésel usado en minería del cobre va justamente a este proceso, para camiones de transporte de mineral y transporte de lastre en el proceso de extracción mina.
- Es así como el proceso de mayor emisión de GEI corresponde al de mina rajo. En el año 2015 alcanza un total de 4,45 millones de toneladas de CO₂ equivalente, lo que corresponde a un aumento de un 209% respecto del año 2001. Le siguen el proceso de Fundición, que en el 2015 alcanzó una emisión total de 0,46 millones de toneladas de CO₂ equivalente, lo que significa una participación de un 8,1% en las emisiones directas de GEI mineras ese año y el proceso de LXSXEW con 0,29 millones de toneladas CO₂ equivalente, lo que significa el 5,5% de las emisiones el 2015.
- Al analizar por región, Antofagasta, que es la región que concentra la mayor producción de cobre en el país con el 54% de la producción de cobre fino en el año 2015, alcanza un total de 3,24 millones de toneladas de CO₂ equivalente, lo que representa un 56,9% del total de emisiones de GEI de la minería del cobre en 2015.
- En términos de coeficiente unitario de emisiones totales de GEI directos por tonelada de cobre fino producido en el país, la minería del cobre alcanza una emisión global de una 0,99 tonelada de CO₂ equivalente en la producción de una tonelada de cobre fino el año 2015, lo que implica un aumento del 62,3% respecto al año 2001.
- Cuando se analiza el coeficiente unitario de emisiones de GEI por Kilo toneladas de mineral extraído en el proceso de mina rajo, este presenta un aumento de un 67,0% en el periodo 2001 – 2015. Este aumento es producto de la variación de una serie de factores que determinan el consumo de combustibles en este proceso, como por ejemplo profundidades de yacimientos, distancias de acarreo, acarreamiento de lastre (realción estéril material), entre otros.



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

Rosana Brantes Abarca

Analista de Estrategia y Políticas Públicas

Jorge Cantallopts Araya

Director de Estudios y Políticas Públicas

Agosto/ 2016

