



**COMISIÓN CHILENA DEL COBRE**  
**Dirección de Estudios**

**ACTUALIZACIÓN DE INFORMACIÓN SOBRE  
LAS EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO  
ASOCIADAS A LA MINERÍA DEL COBRE AL AÑO 2012**

DE/10/2013

Registro de Propiedad Intelectual

© N° 233210

## CONTENIDO

Resumen Ejecutivo .....	2
1. Introducción .....	3
1.1 Objetivos.....	4
1.2 Alcances.....	4
2. Metodología .....	6
3. Emisiones de gases de efecto invernadero asociadas a la minería del cobre .....	10
3.1 Emisiones de gases de efecto invernadero por área de producción .....	12
3.2 Análisis del uso de combustibles .....	16
4. Coeficientes Unitarios .....	18
5. Comentarios Finales .....	20
6. Anexos.....	21

## RESUMEN EJECUTIVO

El principal objetivo de este informe es determinar las emisiones directas, de gases de efecto invernadero por parte de la minería del cobre en Chile, de acuerdo a la información entregada anualmente por las empresas mineras directamente a COCHILCO. Las emisiones de alcance 1 son aquellas que incluyen las emisiones directas procedentes de las actividades que la organización/empresa puede controlar.

Por otra parte el informe ahonda en las emisiones directas de acuerdo al área de proceso, identificando las emisiones correspondientes al área mina, área planta concentradora, el tratamiento de los minerales lixiviables y el área de refinería y fundición.

En el año 2012 se observa que hay un incremento de emisiones de GEI directas de 4,4 a 4,8 millones de toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente, lo cual representa un aumento del 9% respecto al año anterior. La tasa anual promedio de crecimiento de las emisiones de GEI, tomando los datos desde el año 2001 al 2012, es de un 5,3%.

De acuerdo a la distribución porcentual de las emisiones de GEI según área de producción, el Área Mina (mina rajo + mina subterránea) corresponde al 71% del total para el año 2012, principalmente debido al uso de combustibles para el acarreo del mineral. Por su parte, la Fundición corresponde al 10% al igual que los servicios. El Área de Lixiviación aporta el 7% de las emisiones de GEI, mientras que la Refinería y el Área de Concentradora solo el 1% respectivamente, ya que se consume mayor electricidad que combustibles para el proceso.

Las emisiones directas de GEI están directamente relacionadas con el consumo de energía de combustibles. Los factores estructurales de la minería, leyes más bajas, mineral más duro y mayores distancias de acarreo, se irán intensificando en el tiempo. Por esta razón se estima que el consumo de combustibles irá en aumento y a su vez las emisiones de alcance 1 de GEI se irán acrecentando a lo largo de los años.

## 1. INTRODUCCIÓN

De acuerdo con la Convención Marco de las Naciones Unidas, se entiende por cambio climático “un cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos de tiempo comparables”. La responsabilidad de este fenómeno se atribuye a la emisión de los llamados gases de efecto invernadero. Estos gases se encuentran presentes en forma natural en el planeta y permiten que su temperatura sea lo suficientemente cálida para el desarrollo de la vida, sin embargo, la actividad humana ha aumentado su producción, principalmente mediante la quema de combustibles fósiles y la tala de bosques, razón por la cual el proceso de calentamiento se ha acelerado.

Chile tiene emisiones de gases de efecto invernadero bajas a nivel mundial, sin embargo es un país vulnerable al fenómeno global del cambio climático pues las emisiones están aumentando a tasas de crecimiento muy altas. De acuerdo al informe de Cambio Climático<sup>1</sup> presentado por el Ministerio de Medio Ambiente, las emisiones de gases de efecto invernadero están correlacionadas con el crecimiento económico y con el aumento de la población. Desde 1990 al 2006, las emisiones de gases de efecto invernadero de Chile (excluido uso de la tierra y silvicultura), aumentaron aproximadamente un 70%, el PIB lo hizo a más del doble y la población creció alrededor de un 25%. En este contexto, el país se hizo parte del Convenio Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático y del Protocolo de Kioto y presentó, en el año 2008, un Plan de Acción Nacional de Cambio Climático que incluye medidas de adaptación al cambio climático, mitigación de emisiones de Gases de efecto invernadero y fomento de capacidades.

Bajo este escenario la Comisión Chilena del Cobre, en cooperación para el cumplimiento de los compromisos adquiridos por el país en materia de cambio climático, mantiene una línea de trabajo para identificar, cuantificar y analizar la evolución que las emisiones de gases de efecto invernadero asociadas a la minería del cobre en Chile han registrado desde el año 2001 en adelante.

Cabe destacar la colaboración de las empresas mineras que año a año hacen entrega de la información respectiva a través de la encuesta anual realizada por la Dirección de Estudios de COCHILCO, que permite realizar la cuantificación de las emisiones de gases de efecto invernadero en el sector de la minería del cobre.

---

<sup>1</sup> Informe Cambio Climático MMA.

## 1.1 OBJETIVOS

El principal objetivo de este informe es determinar las emisiones directas, o de alcance 1, de gases de efecto invernadero (en adelante GEI) por parte de la minería del cobre en Chile, de acuerdo a la información entregada anualmente por las empresas mineras directamente a COCHILCO. Por otra parte el informe ahonda en las emisiones directas de acuerdo al área de proceso, identificando las emisiones correspondientes al área mina, área planta concentradora, el tratamiento de los minerales lixiviables y el área de refinería y fundición.

Al mismo tiempo este informe contribuye a descubrir oportunidades que permitan reducir estas emisiones de gases, su mitigación o su compensación, para dar cumplimiento a los compromisos internacionales del país.

## 1.2 ALCANCES

El estudio comprende las regiones centro norte del país en las cuales se desarrolla gran parte de la minería cuprífera (Desde la I Región de Tarapacá hasta la VI Región de O'Higgins). Gracias a la continua colaboración de las empresas mineras, correspondiente a 41 operaciones de cobre, el alcance de este análisis comprende el 95% de la producción nacional del año 2012.

La cobertura y precisión con que se informó el 2012 el consumo de combustibles es mayor que en los otros años, ya que se incluye todo el combustible notificado en servicios generales, lo que se puede ver reflejado en un aumento de las emisiones de GEI durante el último año.

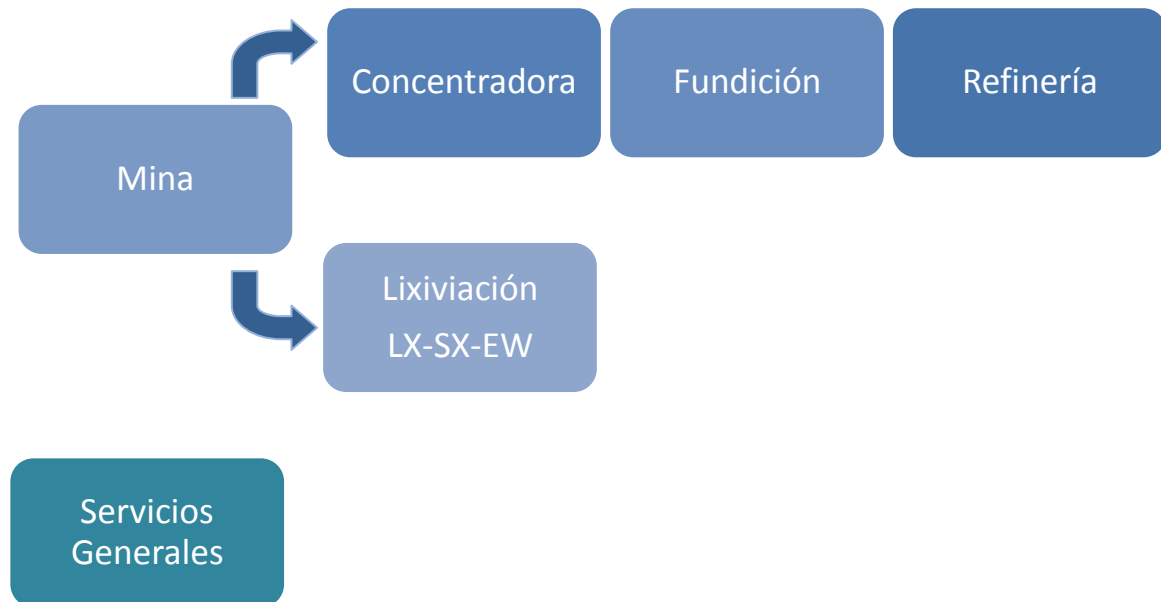
El cálculo de las emisiones de GEI se circunscribe a las emisiones de Dióxido de Carbono CO<sub>2</sub>, Metano CH<sub>4</sub> y Óxido Nitroso N<sub>2</sub>O, puesto que éstos son los GEI relevantes para el caso de la minería del cobre. El estudio se limita a las emisiones directas o de alcance 1<sup>2</sup>, que corresponden a aquellas generadas por la combustión de combustibles fósiles (petróleo, carbón, gas natural) debidas a la operación de las unidades productivas y de servicios. Entre las principales emisiones se encuentran las generadas por la combustión en fuentes fijas, en equipo de proceso; hornos de fundición, convertidores, tostador, secadores, etc., y calderas para servicios. Otra fuente la constituye la combustión en equipos móviles, por el transporte y traslado de materiales en vehículos pesados y personal en vehículos livianos, que utilizan gasolina y diesel.

---

<sup>2</sup> Definida en la metodología

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. Los productos incluidos en el estudio son los productos comerciales de la minería del cobre: concentrados de cobre; ánodos de cobre; cátodos electro-refinados (cátodos ER); y cátodos electro-obtenidos (cátodos EO).

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 (LX SX EW), el área de fundición, el área de refinería y finalmente el área de servicios.



## 2. METODOLOGÍA

Los datos se obtienen a través de un cuestionario enviado por medio de una carta dirigida a las empresas mineras. El tema de la investigación es calcular las emisiones de GEI directas de la minería del cobre en el país y el tipo de investigación se detalla en la tabla 1.

TABLA 1  
TIPO DE INVESTIGACIÓN Y TIPO DE ENCUESTA

Tipo de investigación	
Finalidad	Aplicada
Alcance Temporal	Sincrónica (Transversal)
Profundidad	Descriptiva
Carácter	Cuantitativa
Fuentes	Primarias
Ambiente	De campo
Tipo de encuesta	
Tipo	Censo
Según objetivos	Descriptiva
Unidad de análisis	Faenas mineras de cobre
Población	Empresas de la gran minería y algunas de la mediana minería
Resultados	A nivel país
	Por área de producción
Variable 1	Tipo de combustible (Diesel, Kerosene, Enap 6, Gas Natural, otros)
Carácter	Cualitativo
Tipo	Nominal
Variable 2	Cantidad de combustible por proceso
Carácter	Cuantitativo
Tipo	Continua

Así se obtuvieron los datos de consumo de combustible por proceso minero. Los procesos mineros considerados fueron mina (rajo y subterránea), concentradora, LXSXEW, fundición, refinería y servicios. El área de servicios sufrió una modificación con respecto a los informes anteriores, ya que se incluyeron ítems que no estaban siendo incluidos. Esto explica el importante aumento de emisiones por parte de este ítem.

La metodología empleada para el cálculo de Gases de Efecto Invernadero (GEI) se especificará a continuación. Así mismo, y para efectos de este informe, los GEI sujetos a medición son; Dióxido de Carbono CO<sub>2</sub>, Metano CH<sub>4</sub> y Óxido Nitroso N<sub>2</sub>O.

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.

Las emisiones se calculan en términos de CO<sub>2</sub> equivalente asociadas a cada tipo de combustible.

$$Gf = Ef \times E_{ff} \times FOC \times \frac{44}{12}$$

Donde:

$Gf$  = Emisiones de Carbono (ton CO<sub>2</sub> equivalente)

$Ef$  = Energía calculada para ese consumo de combustible (TJ)

$E_{ff}$  = Factor de emisión del combustible (ton C/TJ)

$FOC$  = Fracción de carbono oxidado

$44/12$  = Relación entre los pesos moleculares del Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>) y el Carbono (C)

Los valores utilizados para el factor de emisión del combustible ( $E_{ff}$ ) y la fracción de carbono oxidado ( $FOC$ ) se muestran en la tabla 2.

TABLA 2

FACTORES DE EMISIÓN Y FRACCIÓN DE CARBONO OXIDADO

Tipo de Combustible	Factor de Emisión $E_{ff}$ (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 CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O asociadas al uso directo de cada tipo de combustible, se utilizaron las fórmulas de conversión mostradas a continuación.

$$Emisión\ CH_4 = Ef \times Factor\ de\ Emisión\ CH_4 \times \frac{21}{1000}$$

$$Emisión\ N_2O = Ef \times Factor\ de\ Emisión\ N_2O \times \frac{310}{1000}$$

Donde:

*Emisión CH<sub>4</sub>* = Emisiones de CH<sub>4</sub> expresadas como emisiones de CO<sub>2</sub> equivalente (ton CO<sub>2</sub> equivalente)

*Emisión N<sub>2</sub>O* = Emisiones de N<sub>2</sub>O expresadas como emisiones de CO<sub>2</sub> equivalente (ton CO<sub>2</sub> equivalente)

Los factores de emisión son función del tipo de combustible y del tipo de uso que se le ha dado. Generalmente las emisiones de CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O son menores que las emisiones de CO<sub>2</sub>, sin embargo su potencial de calentamiento global por unidad de masa es mayor. En el caso del metano (CH<sub>4</sub>), el potencial de calentamiento global por unidad de masa es 21 veces mayor que en el caso del CO<sub>2</sub> y en el caso del óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) es 310 veces mayor, es por ello que para expresarlas como emisiones de CO<sub>2</sub> equivalentes se multiplican por esos factores respectivamente.

En la tabla 3 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 3

FACTOR DE EMISIONES CH<sub>4</sub> Y N<sub>2</sub>O

Tipo de Combustible	Uso	Factor de Emisión CH <sub>4</sub> (Kg/TJ)	Factor de Emisión N <sub>2</sub> 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		30	4

Fuente: Guía GEI revisada 1996, IPCC

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

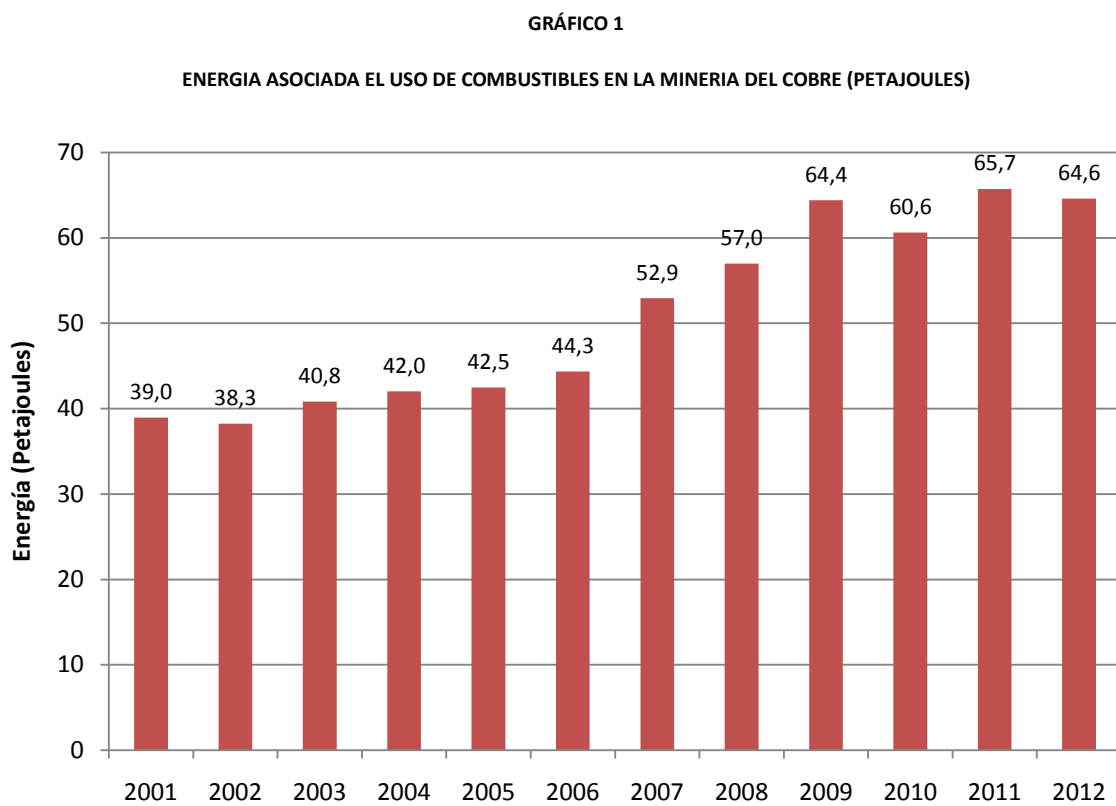
- Alcance 1: estas incluyen las emisiones directas procedentes de las actividades que la organización/empresa puede controlar.
- Alcance 2: estas emisiones hacen referencia a las emisiones indirectas que se generan en las centrales de producción de electricidad como consecuencia del consumo de electricidad 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.

### 3. EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO ASOCIADAS A LA MINERÍA DEL COBRE

Durante más de una década COCHILCO ha realizado un inventario de las emisiones de gases de efecto invernadero de alcance 1 en la minería del cobre, producto del uso de los combustibles provenientes de CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O.

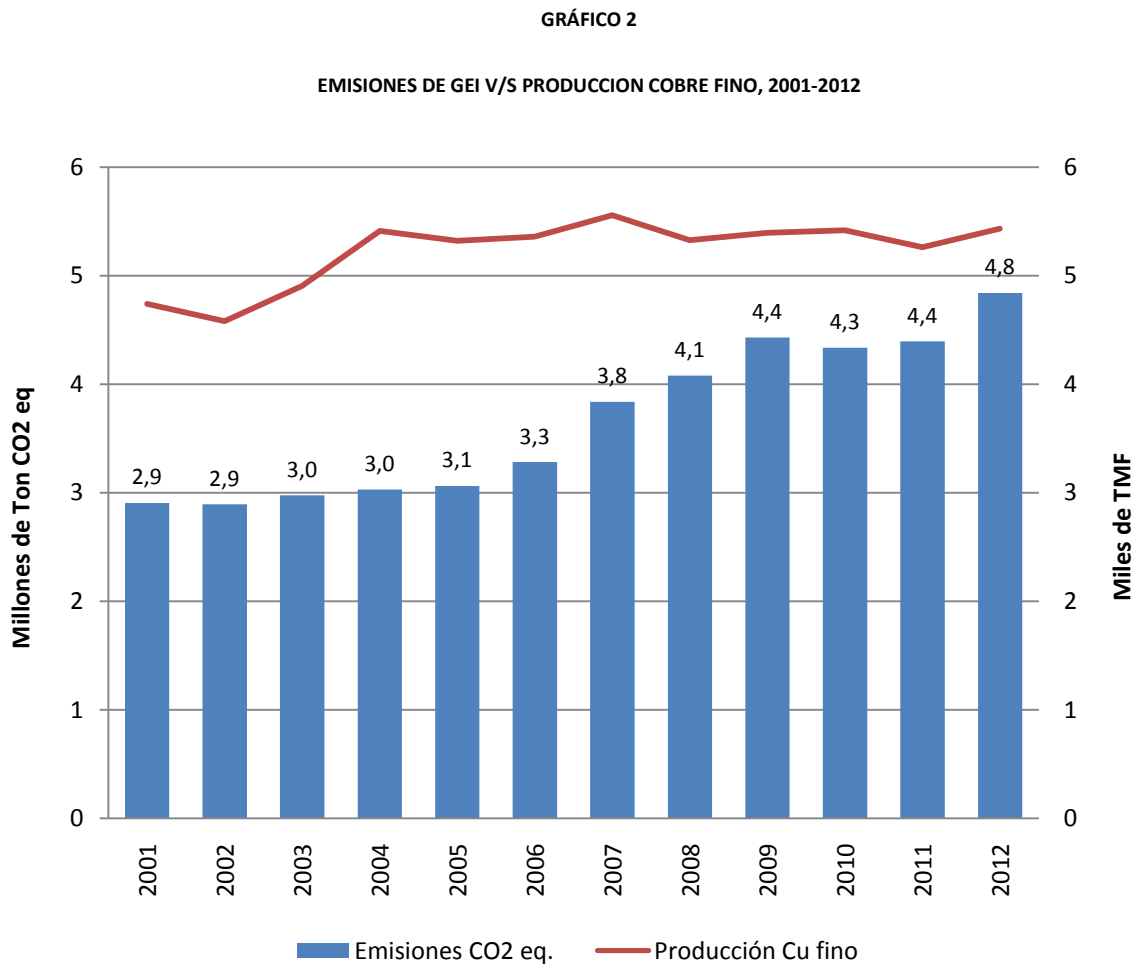
El gráfico 1 muestra la evolución de la energía asociada al uso de combustibles en la minería del cobre desde el 2001 al 2012.



El consumo de combustibles en la minería del cobre ha sufrido un importante aumento pasando de 39,0 PJ hasta 64,6 PJ entre los años 2001 y 2012, la tasa anual promedio de crecimiento es de un 5,8%. Sin embargo en el último año el consumo disminuyó en un 1,7% pasando de 65,7 PJ a 64,6 PJ.

El consumo de combustibles mantiene una relación directa con los GEI, ya que tienen una relación causa-efecto si se mantiene el mix de combustibles, a mayor consumo de combustibles con altos factores de emisión como es el diesel, mayor serán las emisiones de GEI.

El gráfico 2 muestra la evolución de éstas emisiones desde el año 2001 al 2012 en comparación con la producción de cobre fino.



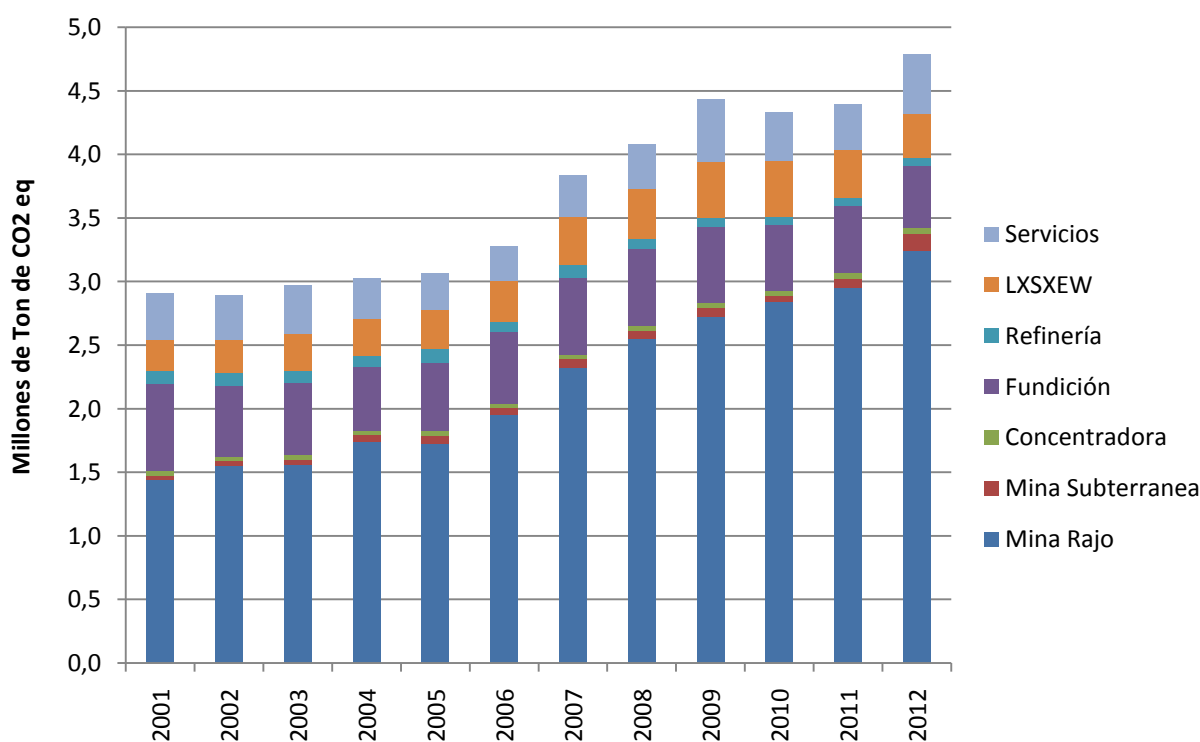
En el año 2012 se observa que hay un incremento de emisiones de GEI directas de 4,4 a 4,8 millones de toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente, lo cual representa un aumento del 9% respecto al año anterior. Este aumento se explica principalmente por el aumento en el uso de combustibles de alto factor de emisión en el área mina, lo que provoca inmediatamente un aumento en las emisiones de GEI. La tasa anual promedio de crecimiento de las emisiones de GEI es de un 5,3%.

### 3.1 EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO POR ÁREA DE PRODUCCIÓN

Las emisiones de GEI en la minería del cobre se pueden analizar de acuerdo al área de producción. De esta forma tenemos seis principales áreas: el Área Mina, tanto mina rajo como subterránea; el Área de la Planta Concentradora; el Área de Lixiviación (LX-SX-EW); el Área de Fundición; el Área de Refinería y, finalmente, el Área de Servicios donde se incluyen todos los consumo de combustibles orientados a los servicios de la operación, definido como “todo lo que no se consume en los procesos mineros en sí”.

GRÁFICO 3

EVOLUCIÓN DE LAS EMISIONES DIRECTAS TOTALES DE GEI POR ÁREA DE PROCESO, 2001-2012



En el gráfico 3 se muestran las emisiones de GEI en millones de toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente según el área de producción, y su evolución desde al 2001 al 2012 donde queda a la vista la importancia de la mina rajo en las emisiones de GEI.

En la tabla 4 se indican las tasas anuales promedio de crecimiento de cada una de las áreas.

TABLA 4

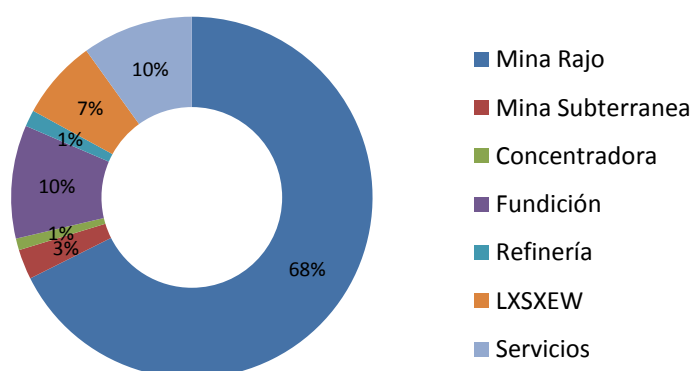
TASA ANUAL PROMEDIO DE CRECIMIENTO POR AREA DE PRODUCCION (%)

Área de producción	Tasa anual promedio de crecimiento (%)
Mina Rajo	8,1
Mina Subterránea	10,3
Concentradora	3,7
Fundición	-1,4
Refinería	-3,8
LXSXEW	4,6
Servicios	2,9
<b>TOTAL</b>	<b>5,3</b>

En el gráfico 4 se observa la distribución porcentual de las emisiones de GEI según área de producción, donde el Área Mina (mina rajo + mina subterránea) corresponde al 71% del total para el año 2012, principalmente debido al uso de combustibles para el acarreo del mineral. Por su parte, la Fundición corresponde al 10% al igual que los servicios. El Área de Lixiviación aporta el 7% de las emisiones de GEI, mientras que la Refinería y el Área de Concentradora solo el 1% respectivamente, ya que se consume mayor electricidad que combustibles para el proceso.

GRÁFICO 4

DISTRIBUCIÓN DE EMISIONES DE GEI POR ÁREA DE PROCESO 2012 (%)



En general hay distintos factores que influyen en las emisiones de GEI en cada una de estas áreas. En el caso del área mina rajo, las variables determinantes de la variación del consumo de combustibles son la disminución de las leyes, el incremento de la razón lastre/mineral, aumento de las distancias de acarreo y también la dureza del mineral. Por su parte las emisiones de las minas subterráneas son significativamente menores, no solo por la escala de producción sino que básicamente porque tienen consumos de combustible menores y consumos de electricidad muy superiores a las minas rajo, principalmente por el uso de cintas transportadoras para el carguío del mineral, por los sistemas de ventilación y aire comprimido. Además se extrae el mineral directamente sin estéril, sin incurrir en el traslado de éste.

Respecto al área de la planta concentradora, vemos que su implicancia en las emisiones directas de GEI es muy baja, ya que consume principalmente electricidad para su funcionamiento. En el caso de la lixiviación, las emisiones directas de GEI derivadas de la producción de cátodos se producen principalmente por el uso de combustibles para la formación de las pilas de lixiviación y su posterior descarga, y en algunos casos en proporcionar temperatura a las soluciones de lixiviación.

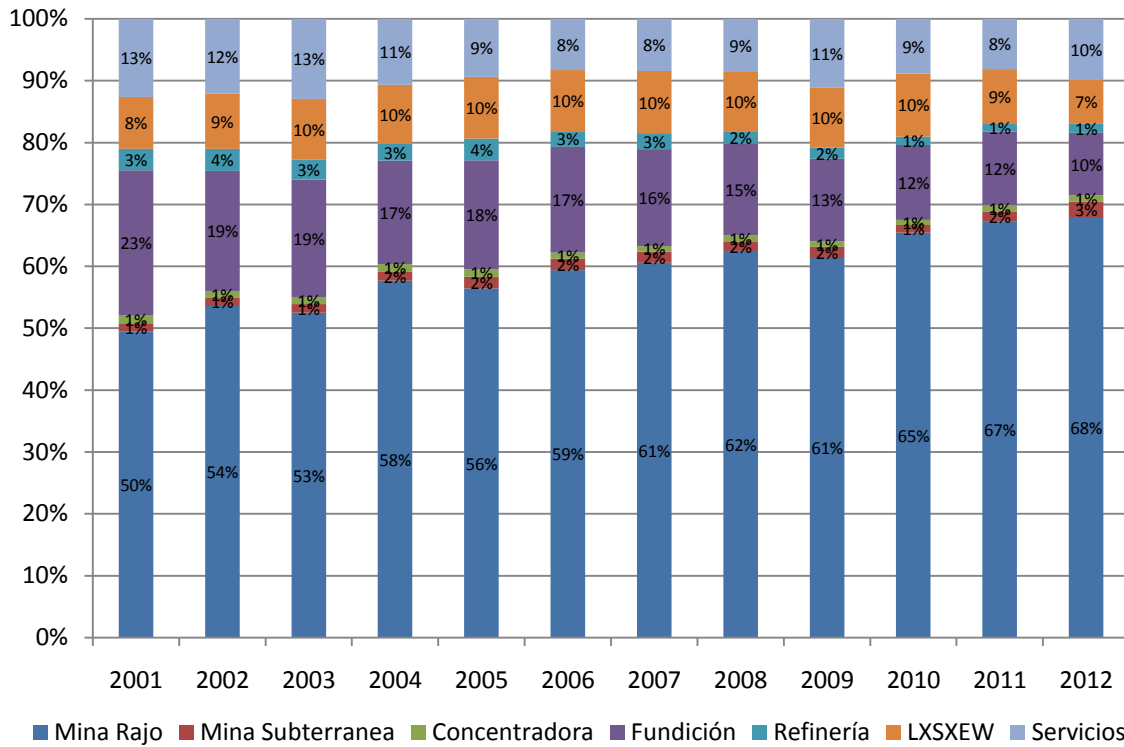
Para el área de la fundición se observa una tendencia decreciente en las emisiones directas de GEI impulsados por cambios en la normativa ambiental. La nueva normativa indujo cambios de equipos más intensivos en energía eléctrica en lugar de combustibles, reduciendo las emisiones directas de GEI.

Finalmente en el área de refinería el consumo de combustible depende del proceso que se utilice para lograr la purificación del material. En el caso de la refinación a fuego, se eliminan las últimas impurezas por la acción de un proceso de reducción mediante la mezcla reductora: combustible-vapor de agua. En el caso de la refinación electrolítica el combustible se utiliza para mantener la temperatura del electrolito.

En el gráfico 5 se observa la distribución porcentual de cada proceso del total de las emisiones de GEI directas anualmente desde el 2001, donde se puede apreciar la variación de cada una.

GRÁFICO 5

DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL DE LAS EMISIONES DIRECTAS POR GEI POR ÁREA DE PROCESO, 2001-2012



Se puede apreciar que el aumento de las emisiones de GEI en la mina rajo no solo ha aumentado en magnitud (como se aprecia en el gráfico 3), sino que su participación con respecto al total también lo ha hecho.

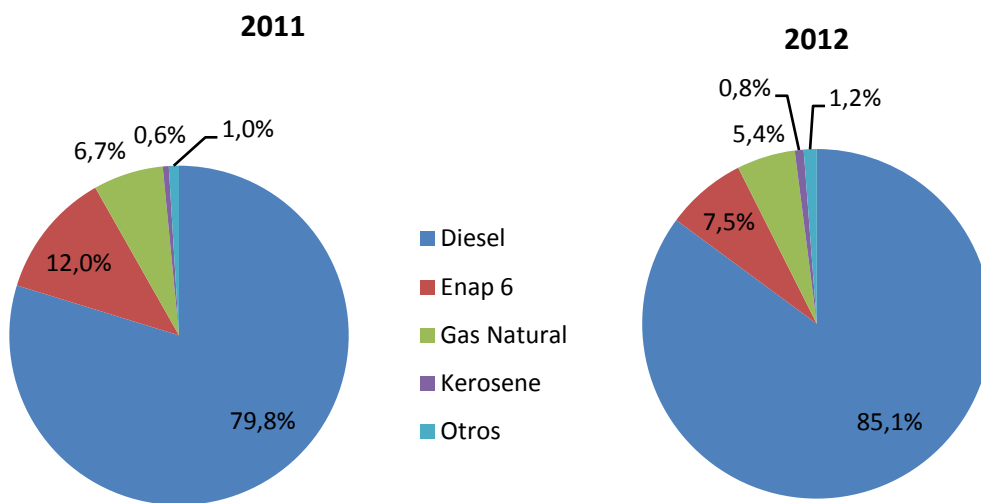


### 3.2 ANÁLISIS DEL USO DE COMBUSTIBLES

Al ver la significancia que representa el área mina en el total de las emisiones de gases de efecto invernadero producto del uso de combustibles, resulta interesante analizar el uso de los distintos combustibles y su área de uso.

GRÁFICO 6

DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL DE LOS COMBUSTIBLES EN LA MINERÍA DEL COBRE 2011-2012



Dentro del *mix* de combustibles consumidos por la minería del cobre, el diesel representa el 85,1% para el año 2012, lo que refleja un aumento de 5,3 puntos porcentuales con respecto al año 2011.

El diesel es el combustible más utilizado en la industria minera, y como se observó en la tabla 2, es el combustible con mayor factor de emisión, por lo que su aporte a las emisiones de gases de efecto invernadero es mayor.

Ahora bien, si analizamos el uso del diesel según el área de producción de acuerdo a la tabla 5 vemos que el Área Mina Rajo es la más intensiva en uso del combustible.

TABLA 5

DISTRIBUCIÓN DEL CONSUMO DE DIESEL POR PROCESO, 2012 - PAÍS

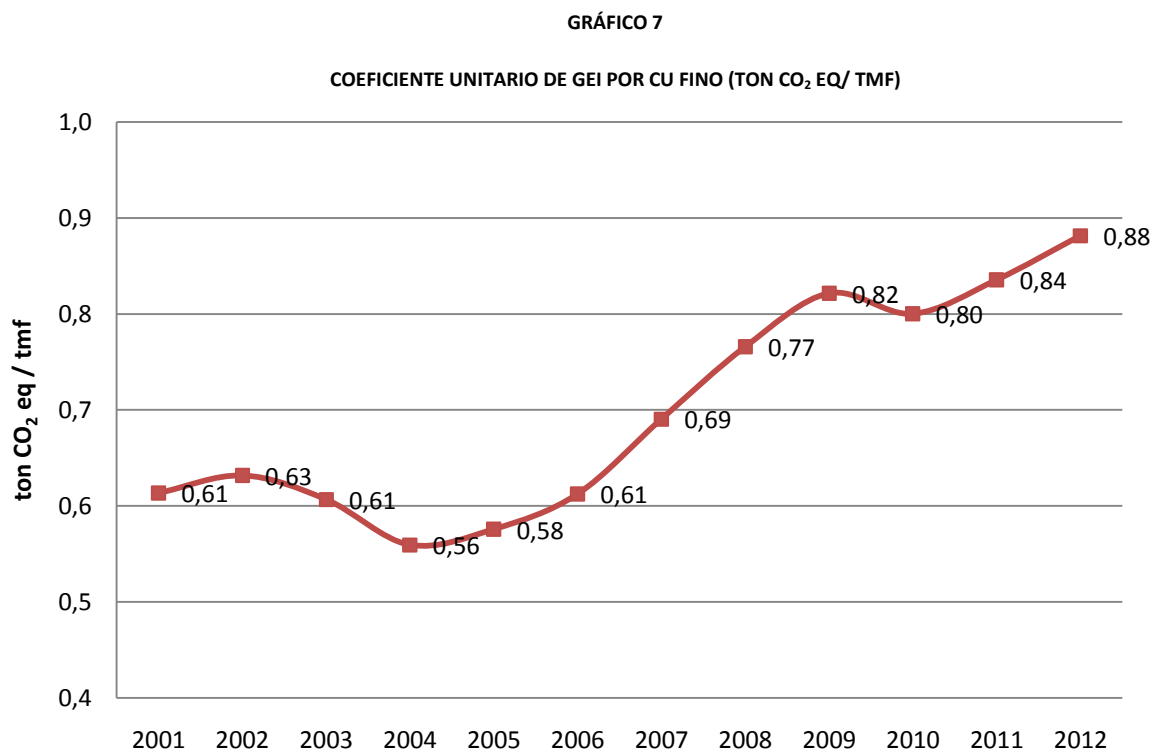
	Volumen (m3)	Energía (TJ)	%
Mina rajo	1.412.655	54.117,0	83,8%
Mina subterránea	21.226	813,1	1,3%
Mina (rajo + subte)	1.433.881	54.930,1	85,1%
Concentradora	13.637	522,4	0,8%
Fundición	19.075	730,7	1,1%
Refinería	467	17,9	0,03%
LXSXEW	128.934	4.939,3	7,6%
Servicios	89.925	3.444,9	5,3%
<b>Total</b>	<b>1.685.919</b>	<b>64.585,4</b>	<b>100,0%</b>

El diesel consumido en la mina (rajo y subterránea) representa el 85,1% del consumo total de combustibles en la minería del cobre chilena. Este combustible es utilizado en el transporte de mineral y lastre en cargadores y camiones dentro de la operación. A nivel nacional la tendencia de las leyes de los minerales ha disminuido año a año, por lo que resulta necesario procesar una mayor cantidad de mineral. Por otra parte el envejecimiento de las operaciones y las mayores distancias de acarreo conlleva un mayor consumo de diesel para trasladar el mineral a las plantas y el lastre a los botaderos. Es por ello que el uso de diesel en la mina ha visto un aumento en los últimos años.

#### 4. COEFICIENTES UNITARIOS

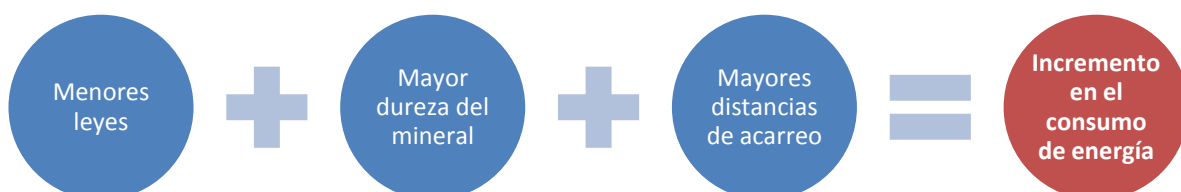
Como la producción no es igual todos los años, se calcula un indicador de coeficiente unitario. Este coeficiente nos muestra la cantidad de emisiones de GEI en ton CO<sub>2</sub> equivalente por cada tonelada de cobre fino producido en toneladas métricas de fino (tmf).

De acuerdo al gráfico 7, vemos que durante el 2012 para obtener una tonelada de cobre fino se emiten directamente 0,88 toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente.



Durante los últimos años este coeficiente unitario experimentó aumentos, principalmente debido a la tendencia decreciente en las leyes de los minerales, el envejecimiento de las operaciones, el aumento de la dureza, entre otros factores, como lo muestra la figura 1.

**FIGURA 1**  
**FACTORES DETERMINANTES PARA EL AUMENTO DEL CONSUME DE ENERGIA**



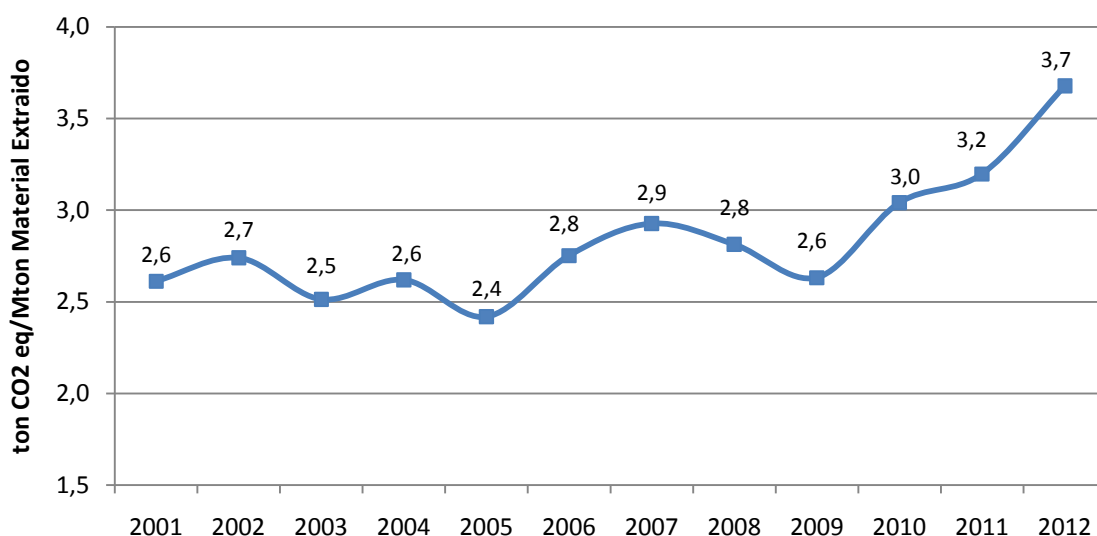
Una de las variables más preponderantes en los coeficientes unitarios es el *mix* de combustibles utilizados, ya que tienen diferentes factores de emisión, por lo tanto al usar combustibles con factores de emisión más altos, esto provoca un aumento en los GEI. Como vimos en las secciones anteriores, el uso del diesel ha visto un aumento en los últimos años lo que se ve reflejado en las emisiones de GEI<sup>3</sup>.

Por otra parte el Área Mina representa la mayor fuente de emisión de GEI en la minería del cobre, por lo que resulta interesante analizar los coeficientes unitarios por tonelada de material extraído en la mina.

En el gráfico 8 se observa la evolución del coeficiente unitario de emisiones de GEI expresadas en toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente por megatonelada de material extraído en la mina.

GRÁFICO 8

COEFICIENTE UNITARIO DE TON DE GEI EN LA MINA POR MTON DE MATERIAL EXTRAÍDO EN LA MINA  
(TON CO<sub>2</sub> EQ/MTON MATERIAL EXTRAÍDO MINA)



En el año 2012 para al extraer un millón de toneladas de material en la mina se emiten 3,7 toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente, lo que representa un 16% más que al año anterior.

<sup>3</sup> Para mayor detalle de los consumos de combustibles dirigirse al "Informe de actualización de la información sobre el consumo de energía en la minería del cobre al año 2012", realizado por COCHILCO.

## 5. COMENTARIOS FINALES

El deterioro de las características estructurales de la minería, entre las que destacan la disminución de las leyes, mayor dureza del mineral y mayores distancias de acarreo, seguirán siendo un factor crucial en el mayor uso de energía, lo que lleva a un mayor uso de combustible y por ende a una mayor emisión de gases de GEI. En ese sentido el sector Área Mina Rajo es el mayor responsable del conjunto de las emisiones de la minería del cobre en el país.

Con la entrada en vigencia del Reglamento del Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes (RETC), considerada para el 2 de mayo del 2014, se dará inicio a la operación de la Ventanilla Única, sistema electrónico que contempla un formulario único disponible en el portal del RETC y a través del cual se accederá a los sistemas de declaración de los órganos fiscalizadores para dar cumplimiento a la obligación de reporte de los establecimientos emisores y generadores. Los objetivos del RETC son favorecer el acceso del público a la información sobre emisiones y residuos en Chile, mediante un registro sistematizado, coherente e integrado que facilite la comprensión de los datos que se entregan, conservar la información recopilada con el fin de poder ser sistematizada y utilizada posteriormente para efectos de comprobar la observancia de las normas y regulaciones, favorecer su fiscalización y cualquier otra utilización que diga relación con la contaminación y el medio ambiente. Por otra parte busca constituir una herramienta que favorezca la toma de decisiones en el diseño de la política de gestión ambiental encaminada a reducir la contaminación, avanzando hacia un desarrollo sustentable, de manera de propender a generar una gestión ambiental más adecuada de los contaminantes por parte de la industria y municipalidades.

De esta manera, la industria, bajo las indicaciones del reglamento, tendrá que declarar la producción, además de las emisiones, ya que el registro considerará indicadores de desempeño ambiental. Esto permitirá que las autoridades gubernamentales puedan establecer prioridades para la reducción o eliminación de las emisiones potencialmente dañinas para el medio ambiente y la salud de las personas en zonas críticas y, será un insumo importante para la labor de fiscalización de la Superintendencia del Medio Ambiente.

Por otra parte el Proyecto MAPS Chile entregará el próximo año iniciativas para mitigar emisiones GEI. Este proyecto busca generar información y opciones que se traduzcan en que el país genere menos Gases Efecto Invernadero. En el contexto del proyecto MAPS, la minería es analizada con particular atención.

## 6. ANEXOS

### 6.1 Emisiones de GEI por área de producción

**TABLA 2 EMISIONES DE GEI POR AREA DE PRODUCCION**

	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
<b>Mina Rajo</b>	1.439.427	1.551.749	1.563.116	1.746.841	1.729.482	1.948.850	2.325.399	2.549.476	2.719.821	2.837.840	2.954.943	3.219.313
Mina Subterránea	37.875	39.212	41.751	45.966	56.525	61.465	69.624	63.989	79.007	52.484	69.757	127.932
Concentradora	35.432	30.494	33.180	35.180	38.603	33.116	33.171	39.607	40.098	36.906	48.609	49.661
Fundición	683.084	561.207	565.187	506.492	537.765	560.529	600.359	604.896	590.907	523.438	523.409	482.823
Refinería	100.750	103.252	97.057	82.004	108.566	83.010	100.527	80.554	79.395	60.073	59.318	70.352
LXSXEW	242.814	259.362	291.849	289.120	305.260	324.552	384.547	391.691	431.231	441.890	383.944	339.490
Servicios	367.440	348.661	384.388	322.990	287.079	271.259	323.792	349.496	490.822	382.692	356.576	472.345
<b>TOTAL</b>	<b>2.906.822</b>	<b>2.893.936</b>	<b>2.976.529</b>	<b>3.028.594</b>	<b>3.063.279</b>	<b>3.282.781</b>	<b>3.837.419</b>	<b>4.079.709</b>	<b>4.431.280</b>	<b>4.335.323</b>	<b>4.396.555</b>	<b>4.840.157</b>

### 6.2 Unidades de medición

#### Peso y medida

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

#### Elementos químicos y minerales

Cu	Cobre
Cu cát	Cátodos de cobre
Cu conc	Cobre contenido en concentrados
Cu <sub>Eq</sub>	Cobre equivalente
C	Carbono
CO <sub>2</sub>	Dióxido de Carbono
CH <sub>4</sub>	Metano
N <sub>2</sub> O	Óxido Nitroso

#### Concentración y tasas de producción

gpt	Gramos por tonelada
ppm	Partes por millón
kg/a	Kilogramos por año
t	toneladas metricas
tph	Toneladas métricas por hora
tpd	Toneladas métricas por día
tpm	Toneladas métricas por mes
tpa	Toneladas métricas por año
ktpa	Miles de toneladas por año
Mtpa	Millones de toneladas por año

#### Energía

J	Joule
TJ	Tera Joule
kV	Kilovoltios
kVA	Kilovoltio-amperios
GWh	Gigawatt-hora
MWh	Megawatt-hora

#### Procesos de producción

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

Este trabajo fue elaborado en la

Dirección de Estudios por:

JORGE ZEBALLOS V.

CAMILA MONTES P.

MARÍA CRISTINA BETANCOUR M.

Directora de Estudios

SEPTIEMBRE 2013