

Comisión Chilena del Cobre
Dirección de Estudios y Políticas Públicas

**ESTUDIO PROSPECTIVO DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO
INVERNADERO DE LA MINERIA DEL COBRE EN CHILE
DE/16/09**

Registro de Propiedad Intelectual
© N° 187235

INDICE

GLOSARIO	1
RESUMEN EJECUTIVO	2
I INTRODUCCION	8
II METODOLOGIA	11
2.1 Información Básica	11
2.2 Alcance	11
2.3 Datos de Entrada	12
2.3.1 Composición de Matrices de Generación Eléctrica	12
2.3.2 Proyecciones de Producción	13
2.3.3 Consumos de Energía y Emisiones de GEI	13
2.4 Cálculos	14
III ANALISIS DE RESULTADOS	14
3.1 Proyección de Matrices de Generación Eléctrica	14
3.2 Proyección de Producción de Cobre	17
3.3 Proyección de Consumo de Energía	19
3.3.1 Proyección de Consumo Total de Energía	19
3.3.2 Proyección de Consumo Unitario de Energía	21
3.3.3 Proyección de Consumo Total de Energía por Áreas	22
3.4 Proyección de Emisiones Totales de GEI	23
3.4.1 Proyección de Emisiones Directas e Indirectas de GEI	23
3.4.2 Proyección de Emisiones Unitarias de GEI	25
3.4.3 Proyección de Emisiones Unitarias de GEI por Producto	26
COMENTARIOS FINALES	27
Anexo I: Matrices de Generación	29
Anexo II: Proyecciones de Producción de Cobre	30

GLOSARIO

CDEC: Centro de Despacho Económico de Carga
CNE: Comisión Nacional de Energía
EO: Cátodo electroobtenido (hidrometalurgia)
ER: Cátodo electrorefinado (pirometalurgia)
EW: Electroobtención
GEI: Gases de Efecto Invernadero
GJ: Gigajoule = 10^9 Joule
GWh: Gigawatt-hora = 10^6 Kilowatt-hora = $3,6 \times 10^6$ Joule
IPCC: Intergovernmental Panel on Climate Change
KWh: Kilowatt-hora = $3,6 \times 10^6$ Joule
LX: Lixiviación
MJ: MegaJoule = 10^6 Joule
Petajoule: 10^{15} Joule
SIC: Sistema Interconectado Central
SING: Sistema Interconectado del Norte Grande
SX: Extracción por Solvente
TJ: Terajoule = 10^{12} Joule
TMF: Tonelada Métrica de Cobre Fino

RESUMEN EJECUTIVO

Este estudio prospectivo de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) de la minería del cobre para el período 2009 – 2020, realizado por la Comisión Chilena del Cobre tiene por objetivo generar información que, por una parte, oriente la toma de decisiones de las empresas del sector en materia de acciones de eficiencia energética y mitigación de emisiones, y por otra, aporte antecedentes para la toma de decisiones públicas en materias energéticas. Constituye, además, una contribución a las actividades comprometidas en la Línea Prioritaria de Acción 4.2 del Plan de Acción Nacional de Cambio Climático.

Para realizar el estudio prospectivo se utilizó la misma metodología de cálculo que en anteriores versiones de trabajos realizados sobre el tema por COCHILCO, que corresponde a una metodología y parámetros recomendados y aceptados internacionalmente por el Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC).

Para proyectar la composición de las matrices de generación eléctrica y determinar los correspondientes coeficientes unitarios de emisión del SING y SIC, se usó una proyección del suministro eléctrico de largo plazo para el período comprendido entre los años 2009 y 2035, del SIC y del SING, que realizó la Comisión Nacional de Energía (CNE) este año 2009, utilizando un modelo de optimización de suministro energético.

La proyección de producción de cobre para el período de 12 años la hizo la Dirección de Estudios y Políticas Públicas de COCHILCO, en base a la información disponible sobre proyectos en operación y futuros desarrollos mineros, generándose 3 escenarios: Base, Probable y Posible, que consideran la producción de faenas en operación y proyectos en construcción; la producción del escenario base más aquella de proyectos que se encuentran en trámite en el SEIA; y la producción del escenario probable más la producción de proyectos en carpeta con distintos grados de avance, pero respecto de los cuales no se han tomado decisiones de inversión, respectivamente.

Para el cálculo de los consumos de energía y emisiones de GEI asociadas se utilizaron los coeficientes unitarios de consumo de energía eléctrica y combustibles, por área de producción de la minería del cobre, del año 2008, generando dos escenarios para consumo de energía y emisiones GEI: BAU (Business as usual), en que los coeficientes unitarios de cada área de producción se incrementan entre el 2009 y el 2020 a la misma tasa anual de crecimiento que experimentaron en el período 2001-2008 y EE, donde los coeficientes unitarios de cada área de producción se incrementan a $\frac{1}{2}$ de la

tasa anual de crecimiento que experimentaron en el período 2001-2008, lo que implica la adopción de medidas de eficiencia energética por parte de las faenas mineras.

PRINCIPALES RESULTADOS

1. Proyección de Matrices de Generación Eléctrica

Utilizando la modelación realizada por la CNE para los escenarios de generación eléctrica del SING y del SIC en el período 2009-2020, se obtiene una proyección de los coeficientes unitarios de emisión de los sistemas de generación.

En el SING, un sistema altamente dependiente del carbón durante todo el período y que sólo hacia los años finales muestra una participación de 10% de energías renovables, el valor promedio es de 1.026 toneladas de CO₂ eq./GWh generado, con un mínimo en el año 2018 de 948,5 toneladas de CO₂ eq./GWh generado.

En el SIC, el petróleo es reemplazado por carbón, la generación hidráulica se reduce hacia el final del período y las ERNC representan el año 2020 casi un 10% del total de la generación. Los valores de los coeficientes unitarios de emisión son bastante estables durante los 12 años, alcanzando un promedio de 327 toneladas de CO₂ eq./GWh generado.

Un hecho destacable es que, de acuerdo a lo proyectado por la CNE, entre los años 2009 y 2020 el SING emite 3 veces más que SIC por GWh generado.

2. Proyección de Producción de Cobre

En el escenario Base la producción disminuiría con respecto a la producción efectiva del año 2008 en un 14%, alcanzando en el 2020 a 4,61 millones de toneladas de cobre fino. Por su parte, en el escenario Probable la producción aumentaría en un 20%, llegando en el 2020 a 6,4 millones de TMF, mientras que en el escenario Posible la producción se incrementaría en 38%, alcanzando a 7,37 millones de TMF.

La cartera de productos comerciales también variaría en el período, reduciendo su participación los cátodos EO y aumentando fuertemente la producción de concentrados. En el escenario Posible, al año 2020 los cátodos EO representarían un 22% de la producción, mientras los concentrados serían del orden de 53%.

Se debe tener en consideración que, por no haber antecedentes respecto de proyectos en el área de fundición y refinación, la producción de refinado por la vía pirometalúrgica no experimenta variaciones.

3. Proyección de Consumo de Energía

Al conjugar los 3 escenarios de producción de cobre con los 2 escenarios de consumo de energía se obtiene que en el caso Base de producción y BAU de energía, el consumo total de energía del sector aumentaría en un 38%, en comparación con el 15% de aumento en el escenario con medidas de eficiencia energética. El resultado en el caso Probable BAU es un aumento de 86%, mientras con eficiencia energética el consumo total de energía de la minería del cobre crecería un 60%. Finalmente, el caso Posible BAU el sector incrementaría su consumo en un 112%, alcanzando al 2020 a 264,4 Petajoule, en cambio con medidas de eficiencia energética el aumento de consumo se podría reducir a 74%, con lo que al 2020 el consumo total sería de 215 Petajoule.

En todos los casos y en ambos escenarios de evolución de consumo de energía, los combustibles incrementarían su participación en el consumo total de energía de la minería, alcanzando a un 50% en el año 2020.

En relación con la intensidad de uso de energía (IUE), ésta es bastante similar en los distintos casos de proyección de producción, pero obviamente varía según el escenario de consumo energético.

En el caso Posible de producción con escenario BAU de consumo de energía, la IUE alcanzaría en el año 2020 a 35,86 Gigajoule/TMF, incrementándose entre los años 2009 y 2020 en un 54%. En el escenario con eficiencia energética la IUE llegaría a 29,15 Gigajoule/TMF, aumentando en el período en un 27%. Lo anterior significa que, si las empresas de la minería del cobre implementan medidas de eficiencia energética, al año 2020 se podría lograr un ahorro de 23% de la energía consumida por el sector.

Es importante destacar que la intensidad de uso de combustibles se incrementaría en un 71%, mientras que la intensidad de uso de electricidad aumentaría en el período sólo en un 41%. Lo anterior se debe principalmente al envejecimiento de las minas y las menores leyes de mineral, que significan un mayor consumo de combustibles en la etapa de extracción minera, y a los cambios en la cartera de productos comerciales, esto es una reducción en la producción de cátodos EO, que son principalmente consumidores de electricidad.

En la proyección hasta el 2020 se producirían cambios en la importancia relativa de las áreas de producción en cuanto a consumo de energía. La mina continuaría siendo la principal área consumidora de energía (46% del consumo sectorial al 2020); la concentradora se mantendría como la segunda área consumidora de energía (31% al final del período); el área de tratamiento de minerales lixiviables (LX-SX-EW), que en el 2009 comparte con la concentradora el segundo lugar con un 23%, bajaría a 11% en el 2020, por la reducción en la

producción de cátodos EO. Las otras áreas, fundición, refinería y servicios consumirían hacia el 2020, en conjunto, el 12% del total de la energía consumida por el sector.

4. Proyección de Emisiones de GEI

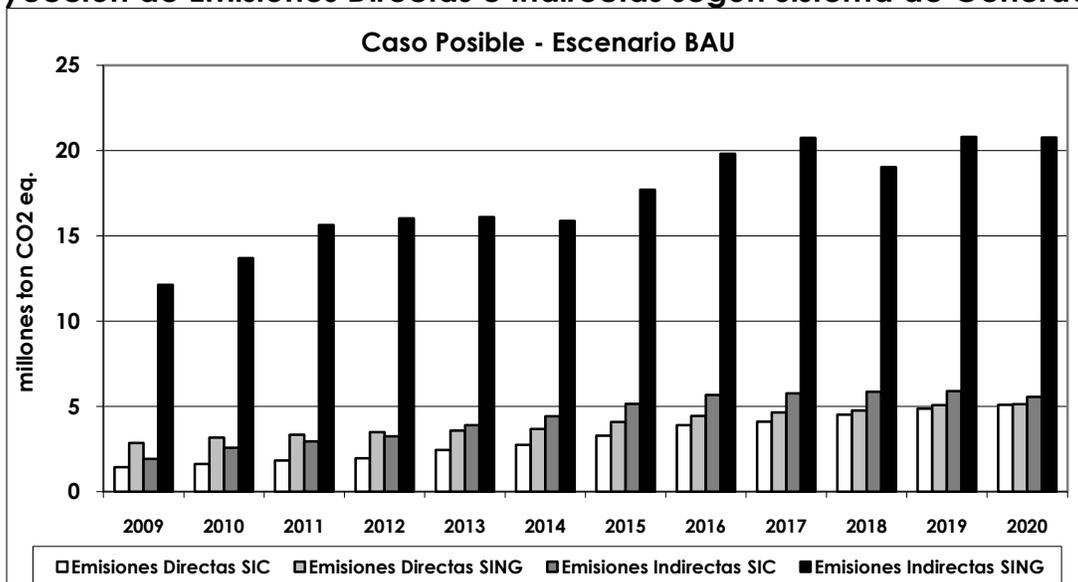
Los resultados de la proyección indican que en el caso Posible BAU la minería del cobre duplicaría en el 2020 sus emisiones, alcanzando a 36,54 millones de toneladas de CO₂ equivalente. En el escenario que se ha denominado de Eficiencia Energética, las emisiones serían un 18% inferior, alcanzando a 29,86 millones de toneladas de CO₂ equivalente.

Esto significa que el potencial de reducción de emisiones de la minería del cobre de Chile, reduciendo en un 23% sus consumos energéticos, alcanzaría sólo a un 18%.

Un resultado interesante de la proyección es que en todos los casos proyectados de producción, como también en los escenarios de consumo de energía, las emisiones indirectas que se generan producto del uso de electricidad en las faenas mineras, representan entre un 70,7% y 79,5% del total de las emisiones del sector en el período de 12 años.

Como los sistemas interconectados SING y SIC que abastecen de energía eléctrica a la minería del cobre tienen distintas matrices de generación, que se reflejan en sus coeficientes unitarios de emisión, es interesante observar cómo evolucionarían las emisiones directas e indirectas de la producción de cobre según el sistema que la abastece.

Proyección de Emisiones Directas e Indirectas según Sistema de Generación



Fuente: Elaboración COCHILCO

Aunque al 2020 las faenas que se abastecen del SING aportarían un 62% de la producción de cobre, como se puede observar en la Figura N° 12, las emisiones directas de la producción de cobre asociada al SING y al SIC alcanzarían valores muy similares, de alrededor de 5,1 millones de toneladas de CO₂ equivalente. Lo anterior se explica fundamentalmente por razones geológicas, que hacen que los minerales de la zona central del país tengan una mayor dureza y por lo tanto en su procesamiento se utiliza más energía.

En cambio, las emisiones indirectas resultarían ser muy diferentes, 20,8 y 5,6 millones de toneladas de CO₂ equivalente en el SING y SIC respectivamente, lo que se explica principalmente por los mayores factores de emisión unitaria del SING durante todo el período.

En relación con las emisiones unitarias totales, en todos los casos de producción son alrededor de un 18% superior en el escenario BAU que en el escenario con eficiencia energética.

En el caso Posible BAU las emisiones unitarias aumentarían en un 45% al 2020, alcanzando a 4,95 toneladas de CO₂ eq./TMF, en cambio con medidas de eficiencia energética se incrementarían sólo en 20%, llegando a 4,05 toneladas de CO₂ eq./TMF.

Al proyectar las emisiones unitarias de GEI por producto, en el mismo caso Posible BAU, se tiene que los concentrados de cobre podrían llegar a 3,93 toneladas de CO₂ eq./TMF, los cátodos ER alcanzarían a 6,23 toneladas de CO₂ eq./TMF y los cátodos EO tendrían un valor final de 6,19 toneladas de CO₂ eq./TMF. Cabe destacar que, a contar del año 2014, se invierte la tendencia que se venía observando desde la década de los años 90 y las emisiones unitarias de los cátodos EO comienzan a ser menores que aquellas de los cátodos ER.

ALGUNAS REFLEXIONES FINALES

El Cambio Climático es una realidad que demanda acciones contundentes de parte de todos los actores involucrados. En el ámbito internacional en la actualidad se negocian acuerdos vinculantes que, aun respetando el principio de "Responsabilidades Comunes pero Diferenciadas", lo más probable es que se traducirán en que Chile deberá implementar acciones de mitigación de GEI, las que, además, deberán ser medibles y verificables.

En esta línea, se estima necesario que se centralizarse en una entidad la publicación actualizada de coeficientes unitarios de emisión de GEI para cada uno de los sistemas interconectados de generación eléctrica, de manera de estandarizar los cálculos de emisiones que realizan los distintos entes y sectores

productivos del país. Idealmente, debería ser también esta entidad la que provea de proyecciones.

La industria minera del cobre de Chile, atendiendo la creciente intensidad de uso de energía (IUE) que enfrenta por motivos estructurales, se ha hecho parte de los esfuerzos, tanto a nivel individual de empresas, como también en instancias colectivas, como lo demuestra la reciente celebración de los 3 años de funcionamiento de la Mesa Minera de Eficiencia Energética, que trabaja en el contexto del Programa País de Eficiencia Energética.

Existe consenso en que el camino es avanzar en materia de eficiencia energética. Sin embargo, la tarea no es fácil. De acuerdo a las proyecciones de este estudio, en el caso Posible de producción de cobre, para que el consumo de energía de la industria del cobre se reduzca en torno a un 23% hacia el año 2020, se requeriría reducir a la mitad la tasa de crecimiento de la IUE en todas las áreas de proceso.

Sin embargo, existen áreas donde la implementación de medidas de eficiencia energética, podrían resultar más "rentables" en términos de mitigación de emisiones de GEI, como por ejemplo: combustibles en el área mina y servicios y electricidad en la concentradora (principalmente procesos de conminución) y en el tratamiento de minerales lixiviables (bombeo de soluciones).

Este esfuerzo en eficiencia energética, según las proyecciones, ofrecería para la minería del cobre un potencial de mitigación de emisiones GEI de 18% en el año 2020.

El impacto de la composición de la matriz energética en las emisiones GEI de la minería del cobre es determinante. Esto releva la importancia de la diversificación y concreción de proyectos de energía renovable no convencionales (ERNC) en las matrices energéticas del país.

Sin perjuicio de lo anterior, las empresas mineras deben buscar mecanismos complementarios a la eficiencia energética para avanzar en la mitigación de emisiones GEI. Entre éstos: incorporar ERNC directamente en sus operaciones, utilizar biocombustibles, compensar emisiones, captura y almacenamiento de carbono, entre otros.

El desafío es que los esfuerzos que realizan las empresas se comuniquen en forma clara y comprensible, para maximizar las oportunidades de transferencia de experiencias exitosas, como también para que la Comunidad se pueda hacer partícipe del esfuerzo.

I. INTRODUCCION

El calentamiento del sistema climático es inequívoco, tal y como evidencian ahora las observaciones de los incrementos en las temperaturas medias del aire y los océanos, derretimiento generalizado del hielo y nieve y el incremento medio global del mar.

Las actividades humanas han aumentado el volumen de "gases de efecto invernadero" en la atmósfera, sobre todo de dióxido de carbono, metano y óxido nitroso. Según el último informe del IPCC, las emisiones mundiales de GEI por efecto de actividades humanas han aumentado, desde la era preindustrial, en un 70% entre 1970 y 2004. Para enfrentarlo, existen medidas que dependen en gran parte de la existencia de espíritu de equipo y voluntad política, y corresponden a los países.

El tema del cambio climático global ha ido adquiriendo cada vez mayor relevancia en el debate internacional y se han adoptado diversos instrumentos orientados a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI).

1.1 La Convención Marco de Cambio Climático, el Protocolo de Kyoto y el Plan de Acción de Bali.

En junio de 1992 cerca de 150 países firmaron en Río de Janeiro la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático (UNFCCC), cuyo objetivo es la estabilización de las concentraciones de GEI en la atmósfera a un nivel tal que prevenga la interferencia antropogénica dañina con el sistema climático. Dicho nivel debería alcanzarse dentro de un período de tiempo suficientemente largo, como para permitir a los ecosistemas adaptarse naturalmente al cambio climático.

En 1997 los gobiernos acordaron el Protocolo de Kyoto del Convenio Marco sobre Cambio Climático de las Naciones Unidas (UNFCCC). El Protocolo es un compromiso legalmente vinculante de reducción de emisiones para todos los países detallados en el Anexo I de la Convención. Se estableció el compromiso de lograr una reducción del 5,2% para el año 2010 sobre los niveles de 1990. El Protocolo también incluyó la posibilidad de establecer un comercio de emisiones entre países.

El Protocolo entró en vigor en febrero de 2005, sólo después de que 55 naciones que suman el 55% de las emisiones de gases de efecto invernadero lo ratificaron. En la actualidad lo han ratificado 184 países. Cabe destacar que Estados Unidos aún no lo ratifica.

Chile ratificó el Protocolo de Kyoto en el año 2002, sin embargo, como el país no está incluido en el Anexo I de la Convención, no tiene por el momento compromisos de reducción de emisiones y sólo debe cumplir con las

obligaciones generales establecidas en ella, las que dicen relación con la elaboración periódica de inventarios, la formulación de programas nacionales, y cooperación en la transferencia de tecnologías, prácticas y procesos que controlen, reduzcan o prevengan las emisiones.

Como hasta el año 2007 la Convención y el Protocolo no habían sido suficientes para alcanzar los niveles de estabilización de las concentraciones de GEI, la Conferencia de las Partes celebrada en Bali, en diciembre de ese año, adoptó una decisión denominada “La Hoja de Ruta de Bali”, donde los gobiernos de todo el mundo – tanto de países desarrollados como en desarrollo – acordaron aumentar sus esfuerzos para combatir el cambio climático.

La Hoja de Ruta de Bali incluye el Plan de Acción de Bali, que traza el curso de un nuevo proceso de negociación dentro de la UNFCCC, con el objetivo de completarlo hacia fines de este año 2009.

El Plan de Acción de Bali se centra en 4 módulos principales: mitigación, adaptación, tecnología y financiamiento. A diferencia de la Convención y su Protocolo, el Plan de Acción de Bali estableció que países en desarrollo participen en la mitigación de las emisiones, como única forma de dar solución al problema global.

Los temas más complejos de la negociación son:

- Meta global de reducción de emisiones;
- Cuándo debiera producirse el aumento máximo de emisiones;
- Metas de reducción y compromisos para países desarrollados;
- Metas y acciones de mitigación para países en desarrollo;
- Criterios de diferenciación de países: responsabilidad y capacidades;
- Uso de mecanismos de mercado para reducir emisiones;
- Adaptación; y
- Financiamiento y transferencia tecnológica.

Chile, como país en desarrollo, está comprometido en aportar a los esfuerzos de mitigación, a través de NAMAS, que son acciones tempranas, mediante la implementación de políticas públicas que incentiven, principalmente, el uso eficiente de la energía y las energías renovables.

1.2 Chile y el Cambio Climático

En el ámbito nacional, en enero de 2006 se aprobó la Estrategia Nacional de Cambio Climático y a fines del año 2008 se aprobó el Plan de Acción Nacional de Cambio Climático para el período 2008-2012.

Existe una base de información inicial referida a posibles escenarios futuros sobre evolución de emisiones de gases de efecto invernadero, y posibles

medidas de mitigación en Chile. No obstante, los escenarios de mitigación propuestos en la Primera Comunicación Nacional, que se entregó a la Secretaría de la Convención en el año 2000, deben ser revisados a la luz de las nuevas condiciones nacionales e internacionales de la oferta y la demanda, de las necesidades energéticas actuales y futuras del país, y de las prácticas y políticas para el manejo sustentable de los recursos naturales que se encuentren en vigencia.

También deben considerarse en el análisis de esos escenarios, el comportamiento esperado de las emisiones de gases de efecto invernadero en Chile al 2025 y los nuevos escenarios de compromisos que se están debatiendo en el seno de la Convención de Cambio Climático y del Protocolo de Kyoto más allá del año 2012¹. La Segunda Comunicación Nacional, que se espera entregar en el año 2010, apoyará la realización de nuevos escenarios de mitigación para Chile.

Un desafío importante es determinar el potencial de mitigación país de emisiones de GEI, agregado y desagregado por sectores, que Chile puede ofrecer como aporte al medio ambiente mundial y nacional, y a la comunidad internacional interesada en la adquisición de bonos de carbono, incorporando además, la variable de costos de mitigación para los sectores de energía y no-energía.

Parte del análisis para determinar el potencial de mitigación lo constituye la evaluación del impacto en las emisiones de GEI, de todas aquellas políticas y programas vigentes relacionados, entre otros, con eficiencia energética, con energías renovables, con transporte, con prácticas silvo-agropecuarias, y con descontaminación urbana. Este análisis servirá para evaluar la coherencia de estas políticas y programas con las metas del Plan de Acción de Cambio Climático, y para potenciar cada una de ellas en términos de su capacidad para reducir dichos gases.

Por lo anteriormente expuesto, se requiere generar información actualizada y proyectada respecto de la evolución de las emisiones de GEI de los distintos sectores del país, que permita orientar las medidas y acciones a adoptar con fines de mitigación.

La industria minera del cobre en Chile ha sido líder en esta materia, aportando desde hace varios años con antecedentes respecto de las emisiones del sector. En esta ocasión, COCHILCO se ha abocado a realizar una proyección de las emisiones de GEI de la minería del cobre para el período 2009 – 2020, con el fin de generar información prospectiva que, por una parte, oriente la toma de

¹ La Ruta de Bali

decisiones de las empresas del sector en materia de acciones de eficiencia energética y mitigación de emisiones, y por otra, sirva de antecedente para las autoridades que adoptan medidas en materia de política energética.

II. METODOLOGÍA

El estudio consiste en realizar una proyección de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) de la minería del cobre de Chile, para el período comprendido entre los años 2009 y 2020, sobre la base de los Planes de Obras de la Comisión Nacional de Energía (CNE) y la proyección de producción de cobre del país, que realiza la Comisión Chilena del Cobre.

2.1 Información Básica:

- Modelación de escenarios de generación de largo plazo para el Sistema Interconectado del Norte Grande (SING) y para el Sistema Interconectado Central (SIC) preparada por la CNE.
- Estadísticas de Operación 1999-2008 del CDEC-SING y Estadísticas de Operación 1999/2008 del CDEC-SIC.
- Proyección de producción de cobre de Chile 2009 – 2020, elaborada por la Dirección de Estudios y Políticas Públicas de COCHILCO.
- Coeficientes unitarios de consumo de energía eléctrica y combustibles, por área de producción de la minería del cobre²
- Consumos Específicos de Combustibles Centrales SIC. Informe Técnico Definitivo de la Fijación de Precios de Nudo. Abril de 2009. Sistema Interconectado Central (SIC). Período 2009 – 2019.
- Consumos Específicos de Combustibles Centrales SING. Informe Técnico Definitivo de la Fijación de Precios de Nudo. Abril de 2009. Sistema Interconectado del Norte Grande (SING). Período 2009 – 2020.

2.2 Alcance

- El cálculo de las emisiones de GEI se circunscribe a las emisiones de CO₂, CH₄, y N₂O, puesto que éstos son los GEI relevantes para el caso de la minería del cobre.
- El estudio se limita a las emisiones de GEI de dos tipos: i) emisiones directas, que corresponden a aquellas generadas por la combustión de combustibles fósiles (petróleo, carbón, gas natural) en las faenas mineras o el usado en transporte por los vehículos de dichas operaciones; ii) emisiones indirectas, que corresponden a aquellas generadas por las instalaciones que producen la energía eléctrica utilizada por los procesos de la minería del cobre y las emisiones generadas por los procesos de producción de los combustibles utilizados por las faenas.

² Consumo de Energía y Emisiones de Gases de Efecto Invernadero de la Minería del Cobre de Chile. Año 2008. COCHILCO.

- El sistema en estudio 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).

2.3 Datos de entrada

2.3.1 Composición de Matrices de Generación de Energía Eléctrica

La Comisión Nacional de Energía (CNE) realizó este año 2009 una proyección del suministro eléctrico de largo plazo para el período comprendido entre los años 2009 y 2035, del SIC y del SING, utilizando un modelo de optimización de suministro energético. Este modelo, para una demanda determinada, encuentra la configuración del parque de generación que minimiza el costo de abastecimiento (inversión más operación) futuro.

Para poder hacer frente a todas las variantes que podrían enfrentarse en la modelación de largo plazo, se realizó un análisis de escenarios, en que para una determinada configuración de condiciones o parámetros, tales como demanda, precios de combustibles, costos de inversión, eficiencia y disponibilidad de centrales, entre otras, se determina el parque de generación de mínimo costo.

En todos los escenarios desarrollados, se respetó el Plan de Obras y la demanda del informe de precio de nudo de abril de 2009, que hace una proyección entre el 2009 y el 2019.

La CNE definió un escenario de referencia, y 6 escenarios alternativos. Las opciones de suministro para el escenario de referencia, que tiene el modelo a partir del 2020 son hídrica convencional, hídrica ERNC, carbón, GNL, eólica, geotérmica, biomasa, diesel, fotovoltaica y CSP³.

Es importante notar que para las tecnologías renovables se limita la cantidad de capacidad que puede entrar anualmente y en todo el horizonte de estudio, ya que de lo contrario, el modelo, al seguir un criterio de mínimo costo, simplemente llenaría los sistemas con la tecnología más barata. Entonces, para introducir criterios más reales en la modelación, se limitan las capacidades de estas tecnologías⁴, en función de los potenciales existentes para estas

³ Concentración de energía solar (CSP, por sus siglas en inglés).

⁴ La tecnología de carbón también se limita anualmente, ya que dado sus costos es una alternativa de desarrollo del sistema, especialmente en el SING. No se limita la capacidad total fotovoltaica y CSP, ya que son tecnologías que aún son muy caras como para ser alternativas de suministro, y porque no existen límites para su desarrollo a futuro.

tecnologías en el país, y de la composición histórica que ha tenido la matriz eléctrica en el país.

Como las variantes que presentan los distintos escenarios, al tener en consideración el Plan de Obras de la CNE, se producen a partir del año 2020, para los efectos de este estudio se consideró el escenario de referencia con demandas que tienen un crecimiento medio anual entre el 2009 y el 2020 de 5,4% para el SIC y 5% en el SING⁵.

2.3.2 Proyecciones de Producción

Para el período que cubre el estudio, los datos anuales de producción por faena se obtienen de la proyección realizada por COCHILCO para los dos productos principales, concentrados y cátodos EO⁶. Esta proyección considera los siguientes escenarios:

- **Escenario Base:** incluye producción de faenas en operación y proyectos en construcción.
- **Escenario Probable:** a la producción del escenario base se le suma aquella de proyectos que se encuentran en trámite en el SEIA.
- **Escenario Posible:** incluye la producción del escenario probable más la producción de proyectos en carpeta con distintos grados de avance, pero respecto de los cuales no se han tomado decisiones de inversión.

Como no existen proyectos en carpeta en las áreas de fundición y refinería, con los antecedentes disponibles se proyecta la producción de fundición (ánodos/blíster/RAF) y de refinería (cátodos ER) hasta el 2015, manteniéndose estas producciones constantes para el resto del período.

2.3.3 Consumos de Energía y Emisiones de GEI

Utilizando los coeficientes unitarios de consumo de energía eléctrica y combustibles, por área de producción de la minería del cobre, del año 2008 se generaron dos escenarios para consumo de energía y emisiones GEI:

- BAU (Business as usual): los coeficientes unitarios de cada área de producción se incrementan entre el 2009 y el 2020 a la misma tasa anual de crecimiento que experimentaron en el período 2001-2008.
- EE: los coeficientes unitarios de cada área de producción se incrementan a ½ de la tasa anual de crecimiento que experimentaron en el período 2001-2008, lo que implica la adopción de medidas de eficiencia energética por parte de las faenas mineras.

⁵ Ver detalles en Anexo I

⁶ Ver detalles en Anexo II

2.4 Cálculos

Con la composición del escenario de generación eléctrica proporcionado por la CNE se proyectaron, para cada año, los coeficientes unitarios de emisión para el SIC y SING, utilizando la misma metodología de estudios anteriores de COCHILCO sobre GEI y los consumos específicos de combustibles de las centrales que establecen las Fijaciones de Precio de Nudo de abril de 2009.

El consumo de energía se calculó para cada faena en base a su producción proyectada y utilizando los coeficientes unitarios de consumo de combustibles y energía eléctrica.

El cálculo de generación de emisiones se hizo siguiendo metodologías y parámetros recomendados y aceptados internacionalmente⁷.

Para el cálculo de las emisiones directas se proyectó en el tiempo, para cada faena, la misma proporción por tipo de combustible (diesel, gasolina, fuel oil, gas licuado, kerosene, gas natural) que utilizó la respectiva faena en el año 2008, y en el caso de faenas nuevas, se asimiló a alguna en operación con características similares.

Las emisiones indirectas, producto del consumo de energía eléctrica en las faenas mineras, se calcularon utilizando los respectivos coeficientes unitarios de emisión de cada año del SING y del SIC, bajo el supuesto que no hay autogeneración en la faena minera.

Para estimar las emisiones indirectas que se generan en la etapa de producción de los combustibles utilizados por la minería del cobre, se usa el porcentaje que éstas representaron en el año 2008 respecto de las emisiones directas.

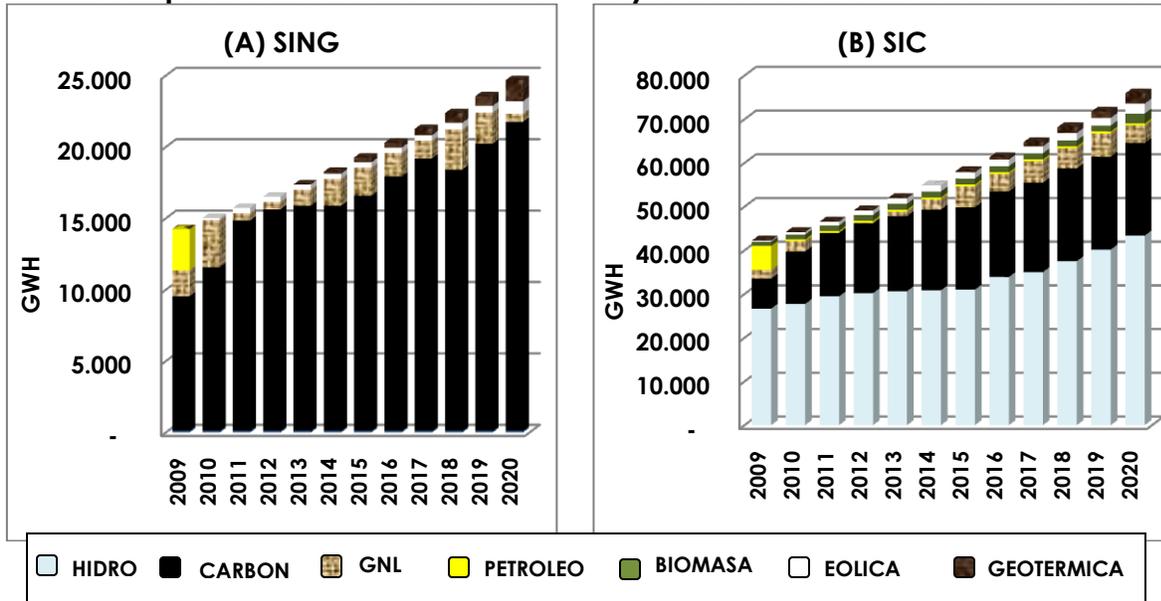
III ANALISIS DE RESULTADOS

3.1 Proyección de Matrices de Generación Eléctrica

En las Figuras N°1 (A) y (B) se muestra la evolución de las composiciones de las matrices de generación eléctrica para el SING y SIC respectivamente, que resultan de la modelación realizada por la CNE para el escenario de referencia.

⁷ Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), 1996

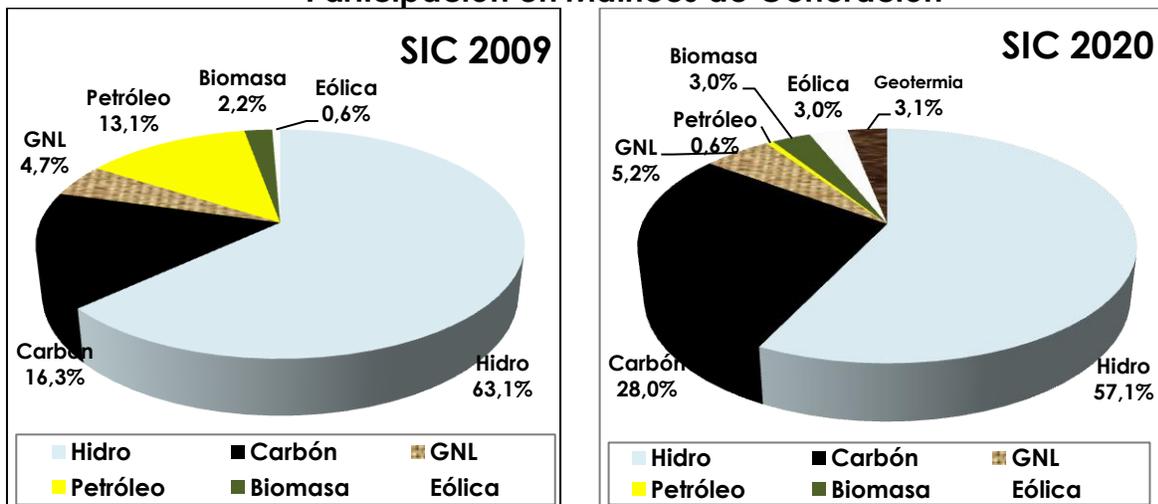
Figura N°1
Composiciones de las Matrices Proyectadas de Generación Eléctrica

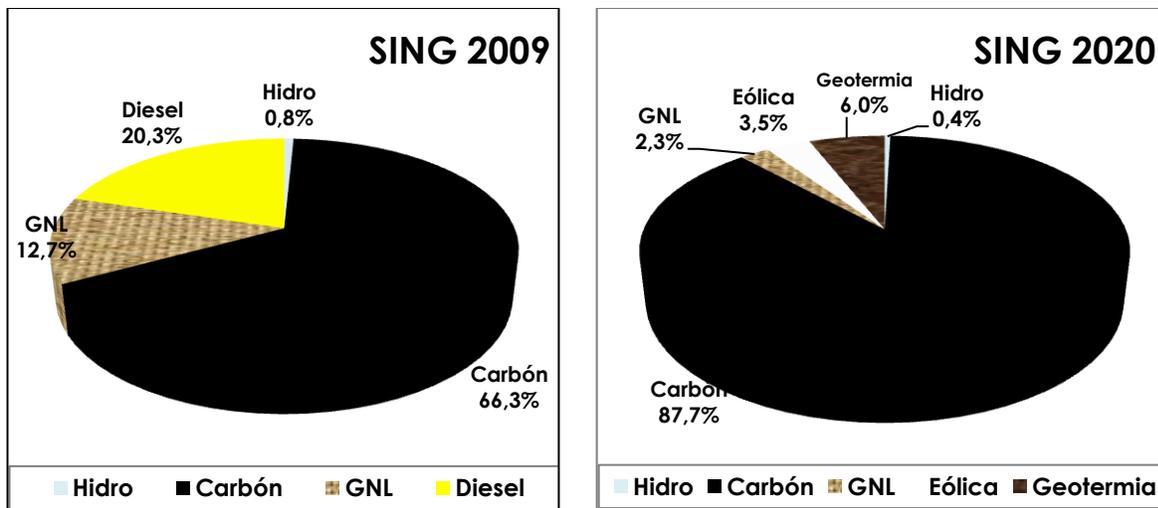


Fuente: Modelación de escenarios de largo plazo sobre la base del Plan de Obras. Comisión Nacional de Energía. 2009.

Como se puede observar, en el SING predomina la generación a carbón, siendo desplazado el diesel en los primeros años por GNL y luego por generación eólica y geotérmica. En el caso del SIC, la generación hidráulica tiene una participación decreciente, y el diesel es reemplazado por generación a carbón, GNL, eólica, biomasa y geotérmica.

Figura N°2
Participación en Matrices de Generación

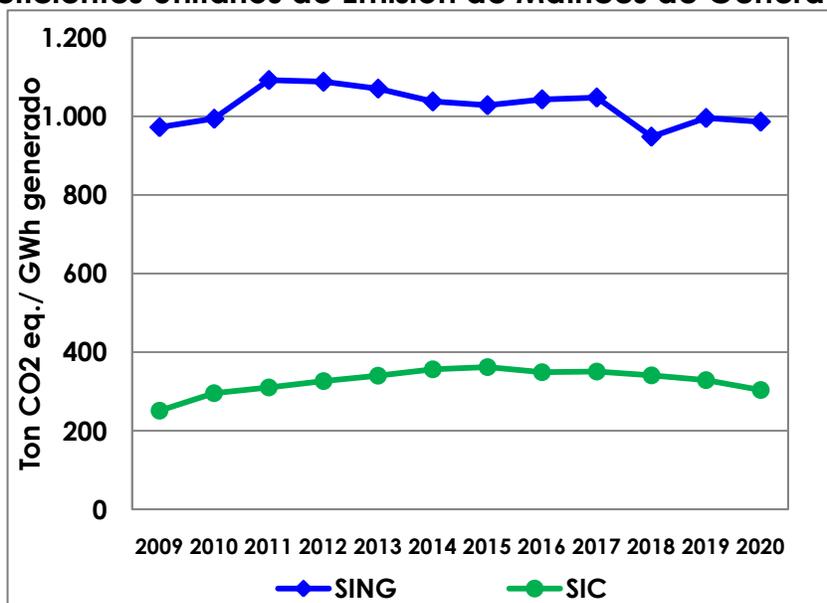




Fuente: Modelación de escenarios de largo plazo sobre la base del Plan de Obras. Comisión Nacional de Energía. 2009.

La anterior evolución de la composición de las matrices da como resultado una proyección de los coeficientes unitarios de emisión de los sistemas de generación que se muestra en la Figura N° 3.

Figura N°3
Coefficientes Unitarios de Emisión de Matrices de Generación



Fuente: Elaboración COCHILCO sobre la base de Modelación de escenarios de largo plazo. Comisión Nacional de Energía. 2009

Los coeficientes unitarios del SIC muestran un ligero incremento hasta el año 2015, debido a que las ERNC (principalmente biomasa y eólica) no logran compensar el aumento de participación del carbón y una menor generación

hidráulica. Luego, experimentan leves reducciones producto del aumento de la generación eólica y la entrada en operación de los proyectos geotérmicos.

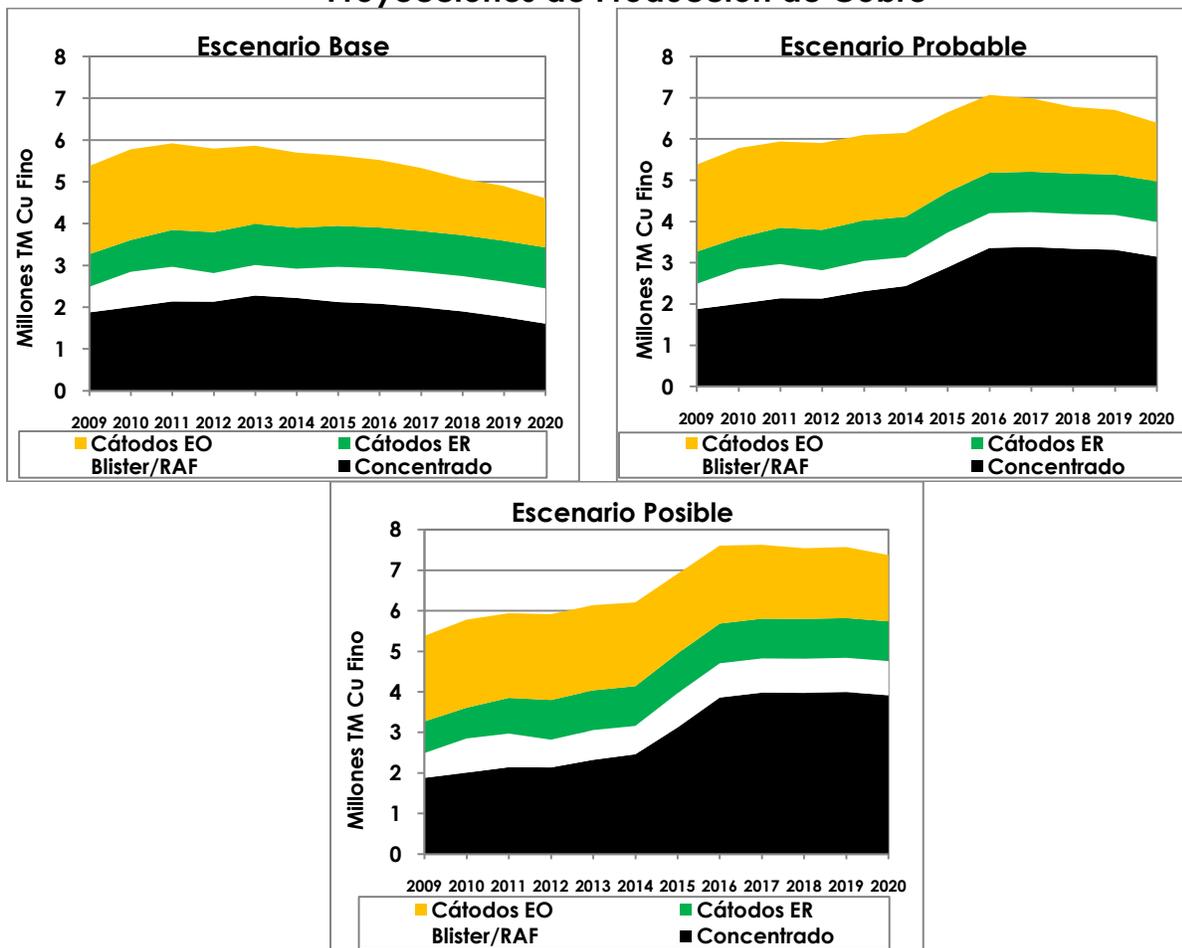
En el SING, los coeficientes unitarios muestran una tendencia creciente en los primeros 3 años, producto de la importancia que adquiere la generación con carbón. Luego, se mantienen relativamente estables y hacia el final del período comienzan a decrecer debido a la entrada de proyectos eólicos y geotérmicos.

En el período de 12 años las emisiones unitarias del SING son alrededor de 3 veces aquellas del SIC, alcanzando en el año 2020 valores de 986,7 y 304 toneladas de CO₂ /GWh generado.

3.2 Proyección de Producción de Cobre

Los resultados de la proyección de producción realizada por COCHILCO para el período 2009-2020 se muestra en las siguientes figuras.

Figura N°4
Proyecciones de Producción de Cobre

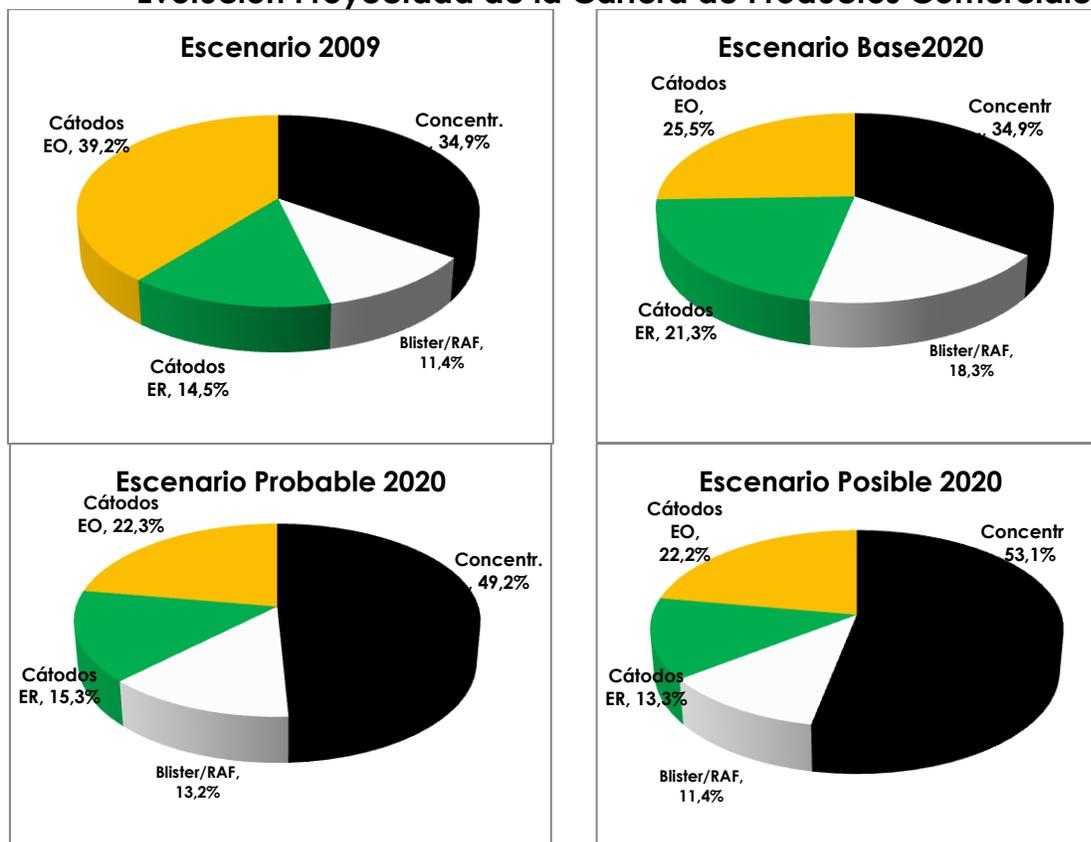


Fuente: Informe de Inversiones COCHILCO, septiembre 2009.

En el escenario Base la producción disminuiría con respecto a la producción efectiva del año 2008 en un 14%, alcanzando en el 2020 a 4,61 millones de toneladas de cobre fino. Por su parte, en el escenario Probable la producción aumentaría en un 20%, llegando en el 2020 a 6,4 millones de TMF, mientras que en el escenario Posible la producción se incrementaría en 38%, alcanzando a 7,37 millones de TMF.

La cartera de productos comerciales también variaría en el período, reduciendo su participación los cátodos EO y aumentando fuertemente la producción de concentrados. Se debe tener en consideración que, por no haber antecedentes respecto de proyectos en el área de fundición y refinación, la producción de refinado por la vía pirometalúrgica no experimenta variaciones.

Figura N°5
Evolución Proyectada de la Cartera de Productos Comerciales



Fuente: Elaborado en base a Informe de Inversiones COCHILCO, septiembre 2009.

Los cátodos EO reducirían su participación en el escenario Posible a un 22,2%, mientras los concentrados la incrementarían a 53,1%, y los cátodos ER, el blíster

y el RAF no experimentan mayores variaciones por las razones expuestas anteriormente.

3.3 Proyección de Consumo de Energía

Para realizar la proyección de la intensidad de uso de energía se tuvieron en consideración algunos factores que inciden positiva o negativamente en ella, como ser: la mayor parte de la nueva producción provendría de expansiones de proyectos en operación, lo que significa menores leyes de mineral; entrarían en operación pocos proyectos "greenfield", los que, además, son de leyes significativamente menores que aquellos de la década del 90; el aporte a la producción de cobre de las regiones del centro del país, caracterizadas por mayor dureza de mineral y menores leyes, es más importante que en la década anterior. Los 3 factores anteriores involucran mayor consumo de energía para extraer la misma cantidad de cobre. A lo anterior se agrega un factor que contrarresta el mayor consumo y que es el incremento de la participación de los concentrados en la cartera de productos esperada al 2020.

Del análisis de la evolución de los coeficientes unitarios de consumo de energía eléctrica y combustibles, por área de producción de la minería del cobre en el período 2001- 2008 se determinó realizar la proyección de consumos de energía y emisiones GEI en dos escenarios:

- BAU (Business as usual): los coeficientes unitarios de cada área de producción se incrementan entre el 2009 y el 2020 a la misma tasa anual de crecimiento que experimentaron en el período 2001-2008.
- EE: los coeficientes unitarios de cada área de producción se incrementan a $\frac{1}{2}$ de la tasa anual de crecimiento que experimentaron en el período 2001-2008, lo que implica la adopción de medidas de eficiencia energética por parte de las faenas mineras.

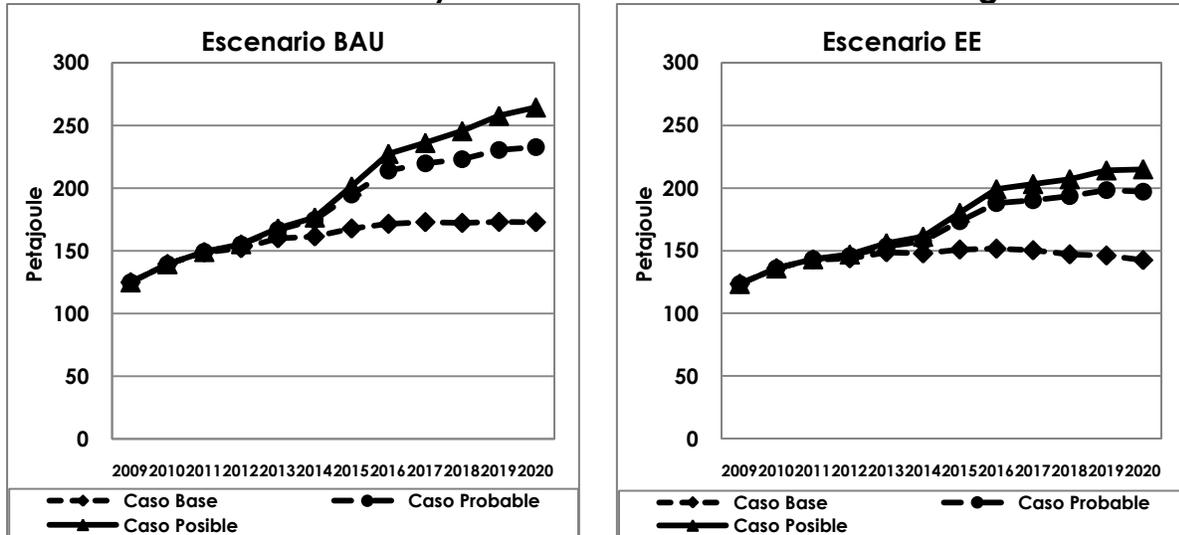
3.3.1 Proyección de Consumo Total de Energía

Al conjugar los 3 escenarios de producción de cobre con los escenarios BAU y EE de consumo de energía se obtienen los resultados que se muestran a continuación.

En el escenario BAU, el caso Base incrementaría su consumo de total energía en un 38%, el Probable lo haría en un 86% y el Posible en casi 112%, alcanzando en el 2020 un consumo total de 264,4 Petajoule.

En el escenario EE, con medidas de eficiencia energética, el consumo total de energía del caso Base aumentaría en 15%, el consumo del caso Probable crecería 60% y el caso Posible se incrementaría en 74%, llegando a 215 Petajoule.

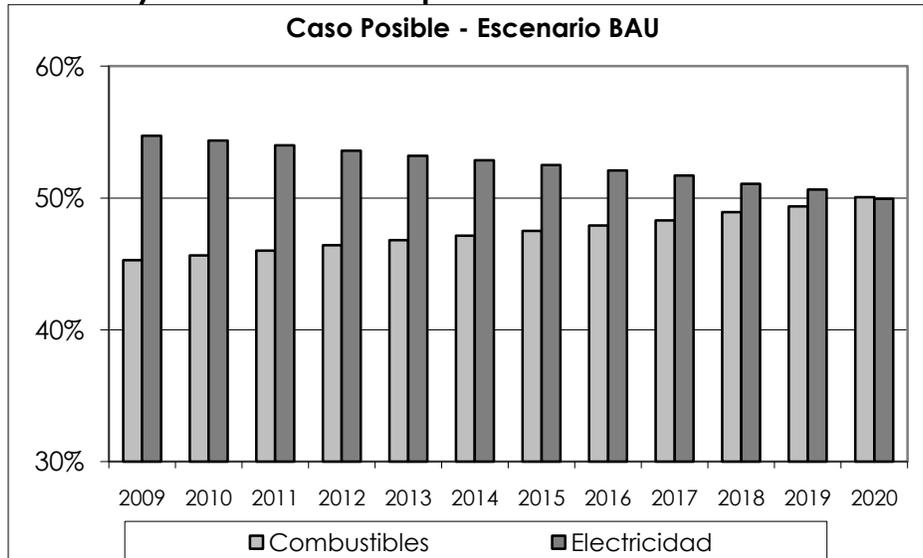
Figura N°6
Evolución Proyectada de Consumo Total de Energía



Fuente: Elaboración COCHILCO

En todos los casos y en ambos escenarios los combustibles incrementarían su participación en el consumo total de energía de la minería, alcanzando a un 50% en el año 2020.

Figura N°7
Evolución Proyectada de Participaciones en los Consumos de Energía



Fuente: Elaboración COCHILCO

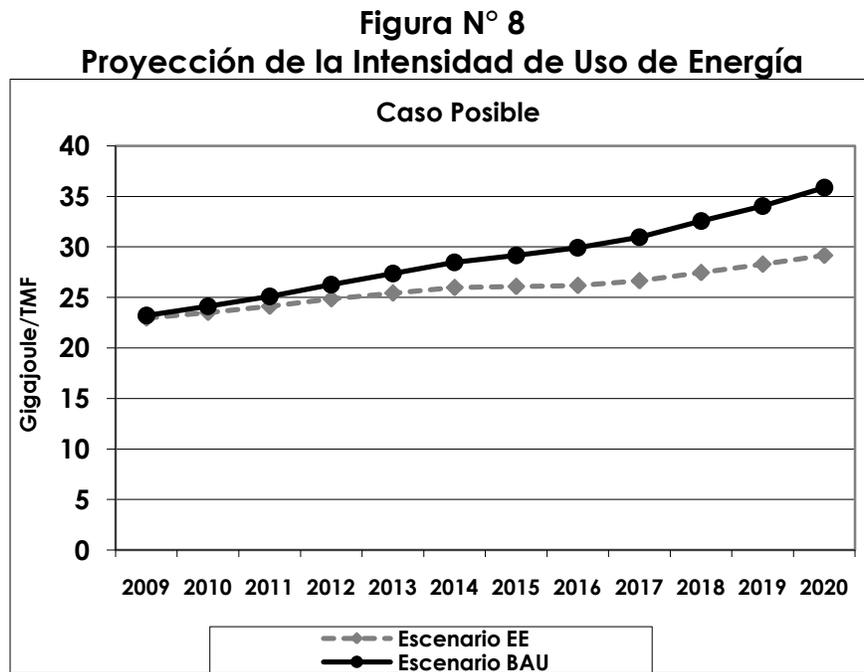
3.3.2 Proyección de Consumo Unitario de Energía

En relación con los consumos unitarios de energía o intensidad de uso de energía (IUE), éstos son bastante similares en los distintos casos de proyección de producción, pero obviamente varían según el escenario de consumo energético.

En el escenario BAU, la IUE del caso Posible alcanzaría en el año 2020 a 35,86 Gigajoule/TMF, incrementándose entre los años 2009 y 2020 en un 54%.

En el escenario EE, también para el caso Posible de producción la IUE llegaría a 29,15 Gigajoule/TMF, aumentando en el período en un 27%.

Lo anterior significa que, si las empresas de la minería del cobre implementan medidas de eficiencia energética, al año 2020 se podría lograr un ahorro de 23% de la energía consumida por el sector.



Fuente: Elaboración COCHILCO

En el caso Posible, escenario BAU, la intensidad de uso de combustibles se incrementaría en un 71%, llegando en el 2020 a 17,95 Gigajoule/TMF, mientras que la intensidad de uso de electricidad alcanzaría a 17,91 Gigajoule/TMF, aumentando en el período sólo en un 41%.

Lo anterior se debe principalmente al envejecimiento de las minas y las menores leyes de mineral, que significan un mayor consumo de combustibles en la etapa de extracción minera, y a los cambios en la cartera de productos comerciales,

esto es una reducción en la producción de cátodos EO, que son principalmente consumidores de electricidad.

3.3.3 Proyección de Consumo Total de Energía por Áreas de Producción

En la proyección hasta el 2020 se producirían cambios en la importancia relativa de las áreas de producción en cuanto a consumo de energía.

La mina continuaría siendo la principal área consumidora de energía, pero aumentaría su participación en el consumo total del sector de un 37% a un 46% en el período de 12 años.

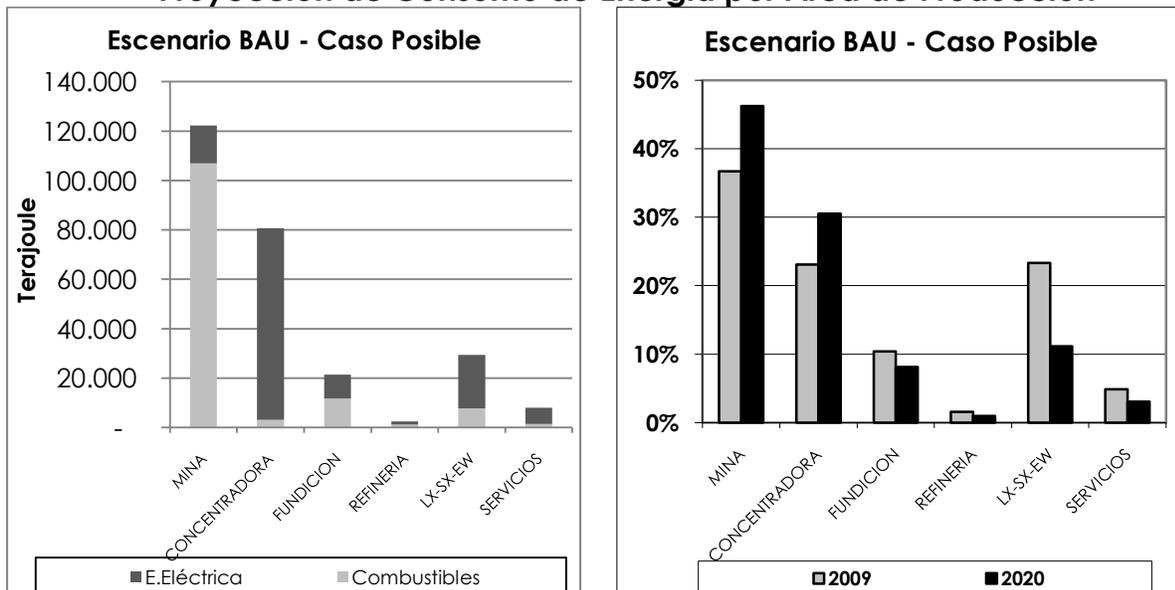
La concentradora se mantendría como la segunda área consumidora de energía, pero su participación subiría de 23% a 31%, por el aumento en la producción de concentrados.

El área de tratamiento de minerales lixiviables (LX-SX-EW), que en el 2009 comparte con la concentradora el segundo lugar con un 23%, bajaría a 11% en el 2020, por la reducción en la producción de cátodos EO.

Las otras áreas, fundición, refinería y servicios consumirían hacia el 2020, en conjunto, el 12% del total de la energía consumida por el sector.

Figura N° 9

Proyección de Consumo de Energía por Área de Producción



Fuente: Elaboración COCHILCO

3.4 Proyección de Emisiones Totales de GEI

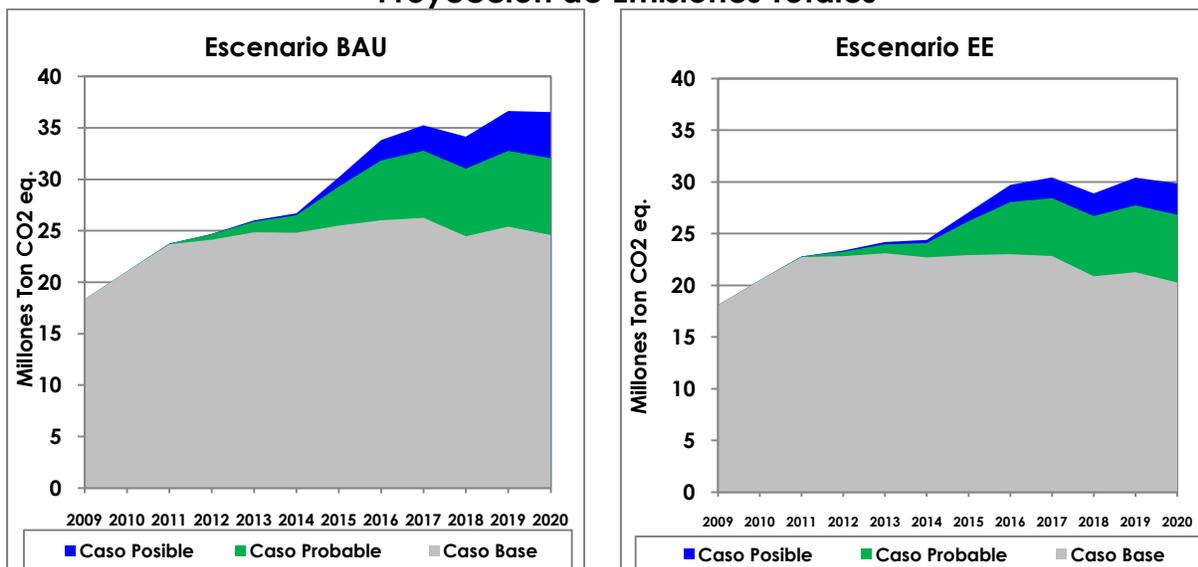
El cálculo para proyectar la generación de emisiones se hizo, al igual que en los estudios anteriores de COCHILCO, siguiendo la metodología y utilizando los parámetros recomendados por el IPCC.

Los resultados de la proyección indican que en el escenario BAU con la producción del caso Posible la minería del cobre duplicaría en el 2020 sus emisiones, alcanzando a 36,54 millones de toneladas de CO₂ equivalente.

En el escenario que se ha denominado de Eficiencia Energética, las emisiones serían un 18% inferior, alcanzando a 29,86 millones de toneladas de CO₂ equivalente.

Esto significa que el potencial de reducción de emisiones de la minería del cobre de Chile, reduciendo en un 23% sus consumos energéticos, alcanzaría sólo a un 18%.

Figura N° 10
Proyección de Emisiones Totales



Fuente: Elaboración COCHILCO

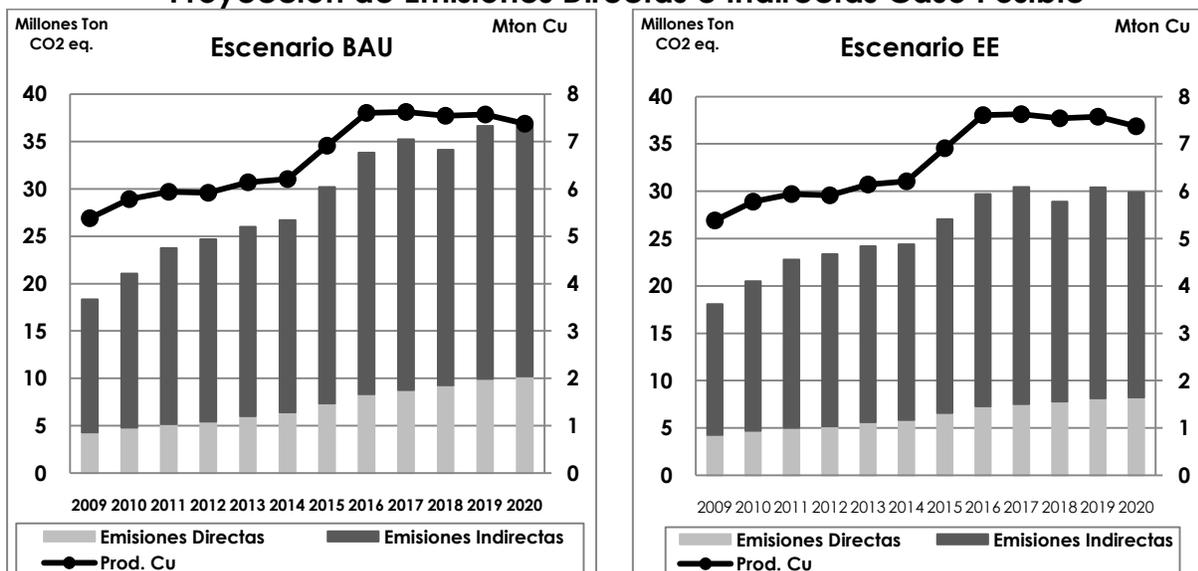
3.4.1 Proyección de Emisiones Directas e Indirectas de GEI

En todos los casos proyectados de producción (base, probable y posible), como también en los escenarios de consumo de energía (BAU y EE), las emisiones indirectas que se generan producto del uso de electricidad en las faenas mineras, representan alrededor del 76% del total de las emisiones del sector en el período de 12 años.

En el caso Posible, con escenario BAU, las emisiones directas que se generan por uso directo de combustibles en la operación minera, aumentarían en el período de 12 años en un 132%, alcanzando el año 2020 a 10,2 millones de toneladas de CO₂ equivalente, mientras que las indirectas crecerían un 87,4%, llegando a 26,3 millones de toneladas de CO₂ equivalente. Cabe destacar que en el caso Posible la producción aumenta un 37,1%.

En el mismo caso Posible, con escenario de eficiencia energética, las emisiones directas se incrementarían en un 93,7%, para llegar a 8,25 millones de toneladas de CO₂ equivalente, y las indirectas crecerían 56,2%, alcanzando a 21,6 millones de toneladas de CO₂ equivalente.

Figura N° 11
Proyección de Emisiones Directas e Indirectas Caso Posible



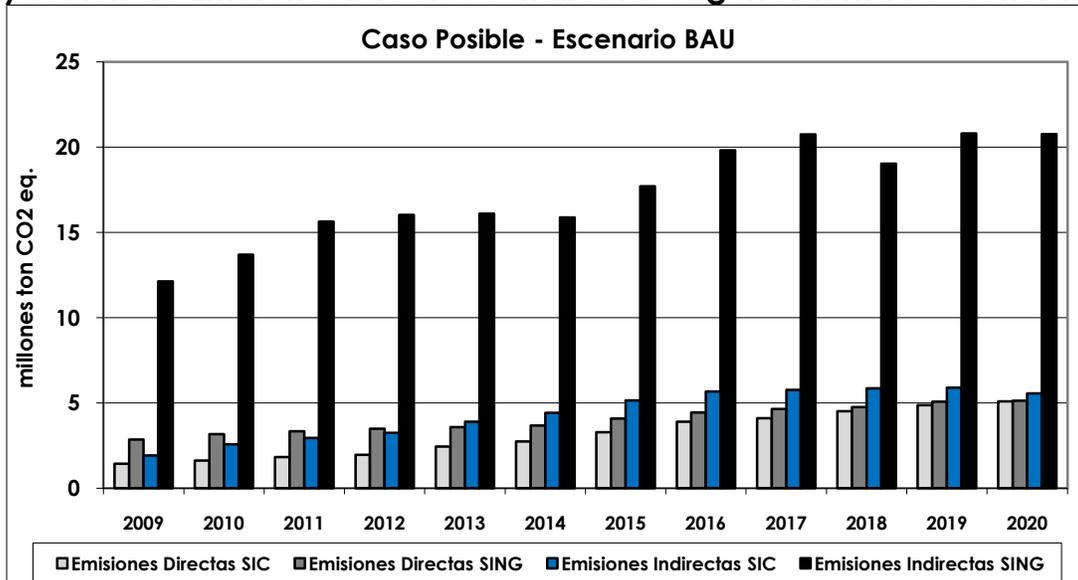
Fuente: Elaboración COCHILCO

Como los sistemas SING y SIC que abastecen de energía eléctrica a la minería del cobre tienen distintas matrices de generación, que se reflejan en sus coeficientes unitarios de emisión, es interesante observar cómo evolucionarían las emisiones directas e indirectas de la producción de cobre según el sistema que la abastece.

En las faenas que reciben abastecimiento eléctrico del SIC, mientras que la producción de cobre crecería en un 64%, las emisiones directas lo harían en un 257% y las indirectas en un 189%. Lo anterior se debe a que la mayoría de los nuevos proyectos corresponden a expansiones de operaciones ya existentes, lo que involucra menores leyes de mineral y mayores consumos de energía.

En el caso de las operaciones que reciben abastecimiento eléctrico del SING, las emisiones directas aumentarían en 79% y las indirectas en 71%, mientras la producción crece en 25%.

Figura N° 12
Proyección de Emisiones Directas e Indirectas según Sistema de Generación



Fuente: Elaboración COCHILCO

Aunque al 2020 las faenas que se abastecen del SING aportarían un 62% de la producción de cobre, como se puede observar en la Figura N° 12, las emisiones directas de la producción de cobre asociada al SING y al SIC alcanzarían valores muy similares, de alrededor de 5,1 millones de toneladas de CO₂ equivalente. Lo anterior se explica fundamentalmente por razones geológicas, que hacen que los minerales de la zona central del país tengan una mayor dureza y por lo tanto en su procesamiento se utiliza más energía.

En cambio, las emisiones indirectas resultarían ser muy diferentes, 20,8 y 5,6 millones de toneladas de CO₂ equivalente en el SING y SIC respectivamente, lo que se explica principalmente por los mayores factores de emisión unitaria del SING durante todo el período.

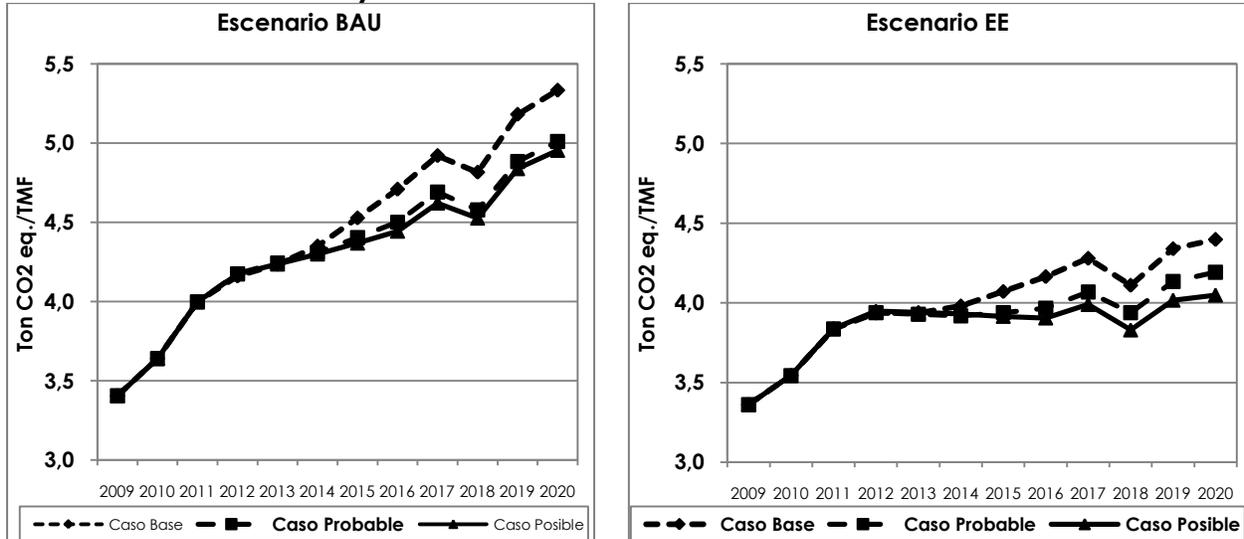
3.4.2 Proyección de Emisiones Unitarias de GEI

Las emisiones unitarias totales de los casos Base, Probable y Posible son alrededor de un 18% superior en el escenario BAU que en el escenario EE.

En el escenario BAU caso Posible de producción las emisiones unitarias aumentarían en un 45% al 2020, alcanzando a 4,95 toneladas de CO₂ eq./TMF,

en cambio con medidas de eficiencia energética se incrementarían sólo en 20%, llegando a 4,05 toneladas de CO₂ eq./TMF.

Figura N° 13
Proyección de Emisiones Unitarias Totales

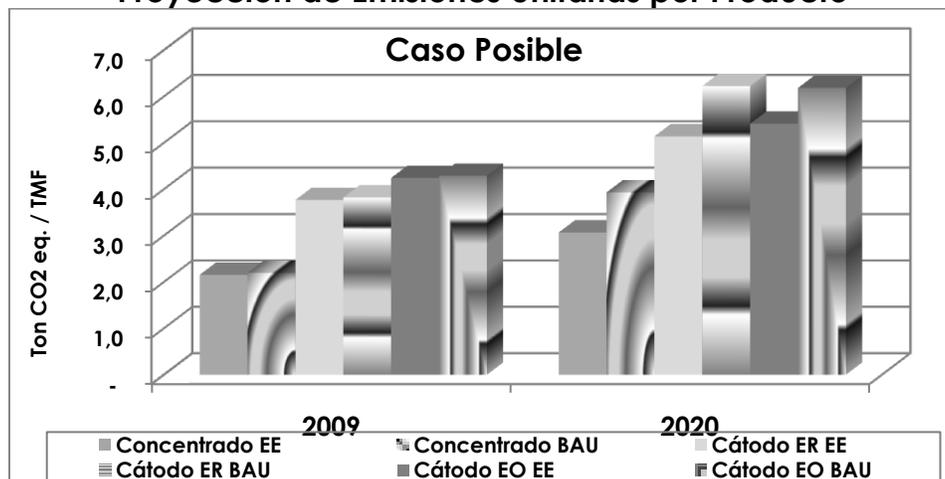


Fuente: Elaboración COCHILCO

3.4.3 Proyección de Emisiones Unitarias de GEI por Producto

En el caso Posible de producción con escenario BAU de consumo de energía, las emisiones unitarias de los concentrados de cobre se incrementarían en un 79% llegando a 3,93 toneladas de CO₂ eq./TMF, los cátodos ER en un 63%, alcanzando a 6,23 toneladas de CO₂ eq./TMF y los cátodos EO en un 44%, con un valor final de 6,19 toneladas de CO₂ eq./TMF.

Figura N° 14
Proyección de Emisiones Unitarias por Producto



Fuente: Elaboración COCHILCO

Finalmente, cabe destacar que, a contar del año 2014, se invierte la tendencia que se venía observando desde la década de los años 90 y las emisiones unitarias de los cátodos EO comienzan a ser menores que aquellas de los cátodos ER.

COMENTARIOS FINALES

El Cambio Climático es una realidad que demanda acciones contundentes de parte de todos los actores involucrados. En el ámbito internacional en la actualidad se negocian acuerdos vinculantes que, aun respetando el principio de “Responsabilidades Comunes pero Diferenciadas”, lo más probable es que se traducirán en que Chile deberá implementar acciones de mitigación de GEI, las que, además, deberán ser medibles y verificables.

En esta línea, se estima necesario que se centralizarse en una entidad la publicación actualizada de coeficientes unitarios de emisión de GEI para cada uno de los sistemas interconectados de generación eléctrica, de manera de estandarizar los cálculos de emisiones que realizan los distintos entes y sectores productivos del país. Idealmente, debería ser también esta entidad la que provea de proyecciones.

Como una contribución a la Línea Prioritaria de Acción 4.2 del Plan de Acción Nacional de Cambio Climático, COCHILCO ha realizado este estudio prospectivo de las emisiones de GEI de la minería del cobre para el período 2009 – 2020, con el fin de generar información que, por una parte, oriente la toma de decisiones de las empresas del sector en materia de acciones de eficiencia energética y mitigación de emisiones, y por otra, sirva de antecedente para las autoridades que adoptan medidas en materia de política energética.

La industria minera del cobre de Chile, atendiendo la creciente intensidad de uso de energía (IUE) que enfrenta por motivos estructurales, se ha hecho parte de los esfuerzos, tanto a nivel individual de empresas, como también en instancias colectivas, como lo demuestra la reciente celebración de los 3 años de funcionamiento de la Mesa Minera de Eficiencia Energética, que trabaja en el contexto del Programa País de Eficiencia Energética.

Existe consenso en que el camino es avanzar en materia de eficiencia energética. Sin embargo, la tarea no es fácil. De acuerdo a las proyecciones de este estudio, en el caso Posible de producción de cobre, para que el consumo de energía de la industria del cobre se reduzca en torno a un 23% hacia el año

2020, se requeriría reducir a la mitad la tasa de crecimiento de la IUE en todas las áreas de proceso.

Sin embargo, existen áreas donde la implementación de medidas de eficiencia energética, podrían resultar más “rentables” en términos de mitigación de emisiones de GEI, como por ejemplo: combustibles en el área mina y servicios y electricidad en la concentradora (principalmente procesos de conminución) y en el tratamiento de minerales lixiviables (bombeo de soluciones).

Este esfuerzo en eficiencia energética, según las proyecciones, ofrecería para la minería del cobre un potencial de mitigación de emisiones GEI de 18% en el año 2020.

El impacto de la composición de la matriz energética en las emisiones GEI de la minería del cobre es determinante. Esto releva la importancia de la diversificación y concreción de proyectos de energía renovable no convencionales (ERNC) en las matrices energéticas del país.

Sin perjuicio de lo anterior, las empresas mineras deben buscar mecanismos complementarios a la eficiencia energética para avanzar en la mitigación de emisiones GEI. Entre éstos: incorporar ERNC directamente en sus operaciones, utilizar biocombustibles, compensar emisiones, captura y almacenamiento de carbono, entre otros.

El desafío es que los esfuerzos que realizan las empresas se comuniquen en forma clara y comprensible, para maximizar las oportunidades de transferencia de experiencias exitosas, como también para que la Comunidad se pueda hacer partícipe del esfuerzo.

ANEXO I MATRICES DE GENERACIÓN

GENERACION SIC (GWh)								
	Hidro	Carbón	GNL	Petróleo	Biomasa	Eólica	Geotermia	TOTAL
2009	26.668	6.871	1.968	5.527	932	266	-	42.231
2010	27.729	12.022	2.315	448	1.104	566	-	44.183
2011	29.483	14.524	6	448	1.230	890	-	46.581
2012	30.225	15.993	99	448	1.359	1.004	-	49.127
2013	30.669	17.146	1.051	448	1.359	1.249	-	51.923
2014	30.868	18.449	2.356	448	1.359	1.424	-	54.904
2015	31.017	18.852	4.769	448	1.359	1.424	240	58.109
2016	33.909	19.591	3.958	448	1.359	1.529	521	61.315
2017	35.035	20.447	4.919	448	1.359	1.582	961	64.751
2018	37.537	21.235	4.586	448	1.359	1.696	1.321	68.180
2019	40.189	21.235	5.352	448	1.359	1.740	1.442	71.764
2020	43.374	21.235	3.982	448	2.279	2.265	2.329	75.912

GENERACION SING (GWh)							
	Hidro	Carbón	GNL	Diesel	Eólica	Geotermia	TOTAL
2009	110	9.445	1.803	2.892	-	-	14.250
2010	110	11.473	3.291	-	155	-	15.029
2011	110	14.751	504	-	368	-	15.733
2012	110	15.530	517	-	368	-	16.525
2013	110	15.770	1.125	-	368	-	17.373
2014	110	15.770	1.881	-	368	140	18.270
2015	110	16.471	1.978	-	368	336	19.264
2016	110	17.827	1.656	-	368	336	20.298
2017	110	19.099	1.247	-	368	449	21.273
2018	110	18.310	2.806	-	473	673	22.373
2019	110	20.123	2.180	-	473	673	23.560
2020	110	21.655	573	-	867	1.477	24.683

Fuente: Modelación de escenarios de largo plazo sobre la base del Plan de Obras. Comisión Nacional de Energía. 2009.

ANEXO II PROYECCIONES DE PRODUCCION DE COBRE

		Producción Estimada de Cobre Mina (Kton/año fino contenido)											
Estado		2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Total Nacional Cobre Mina	Operaciones	5.296	5.411	5.214	4.988	4.845	4.597	4.447	4.302	4.111	3.888	3.586	3.386
	Construcción	85	370	710	810	1.023	1.106	1.185	1.223	1.225	1.191	1.316	1.224
	Total Base	5.381	5.781	5.924	5.798	5.868	5.703	5.632	5.525	5.336	5.079	4.902	4.610
	Proy. Probables	0	0	16	107	233	446	1.018	1.546	1.652	1.700	1.806	1.789
	Proy. Posibles	0	0	0	11	38	58	262	536	640	764	863	976
	Total Proyectos	0	0	16	118	271	504	1.280	2.083	2.291	2.464	2.669	2.765
	TOTAL	5.381	5.781	5.940	5.916	6.139	6.207	6.912	7.608	7.627	7.543	7.571	7.375

Fuente: Elaborado en COCHILCO en base a estimaciones propias

		Producción Estimada de Cobre en Concentrados (Kton/año fino contenido)											
Estado		2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Total Nacional Cobre en Concentrados	Operaciones	3.186	3.279	3.211	3.079	3.073	2.928	2.890	2.817	2.712	2.646	2.386	2.305
	Construcción	85	330	640	720	923	976	1.060	1.093	1.115	1.081	1.206	1.129
	Total Base	3.271	3.609	3.851	3.799	3.996	3.904	3.950	3.910	3.827	3.727	3.592	3.434
	Proy. Probables	0	0	0	0	30	213	765	1.273	1.383	1.437	1.550	1.540
	Proy. Posibles	0	0	0	0	11	22	232	500	595	634	677	765
	Total Proyectos	0	0	0	0	41	235	997	1.774	1.977	2.071	2.227	2.305
	TOTAL	3.271	3.609	3.851	3.799	4.037	4.139	4.947	5.684	5.804	5.798	5.819	5.739

Fuente: Elaborado en COCHILCO en base a estimaciones propias

		Producción Estimada de Cobre en Cátodos Sx-Ew (Kton/año fino contenido)											
Estado		2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Total Nacional Cobre en Cátodos SxEw	Operaciones	2.110	2.132	2.003	1.909	1.772	1.669	1.557	1.485	1.399	1.242	1.200	1.081
	Construcción	0	40	70	90	100	130	125	130	110	110	110	95
	Total Base	2.110	2.172	2.073	1.999	1.872	1.799	1.682	1.615	1.509	1.352	1.310	1.176
	Proy. Probables	0	0	16	107	203	233	253	273	269	263	256	249
	Proy. Posibles	0	0	0	11	27	36	30	36	45	130	186	211
	Total Proyectos	0	0	16	118	230	269	283	309	314	393	442	460
	TOTAL	2.110	2.172	2.089	2.117	2.102	2.068	1.965	1.924	1.823	1.745	1.752	1.636

Fuente: Elaborado en COCHILCO en base a estimaciones propias

CAPACIDAD DE FUSIÓN DE CONCENTRADOS Y REFINACIÓN DE COBRE EN CHILE (Miles Ton. Cu fino contenido)												
CONCEPTO	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2017	2018	2019	2020	
CAPACIDAD DE FUNDICIÓN	1.400	1.610	1.719	1.674	1.724	1.689	1.834	1.834	1.834	1.834	1.834	
CAPACIDAD DE REFINACIÓN	1.150	1.179	1.295	1.395	1.395	1.365	1.365	1.365	1.365	1.365	1.365	

Fuente: Elaborado en COCHILCO en base a estimaciones propias.

Este trabajo fue elaborado por:

Sara Inés Pimentel Hunt

Diciembre 2009