



Informe de actualización del consumo energético de la minería del cobre al año 2015

DE 11/2016

Resumen Ejecutivo

Este documento constituye un trabajo de actualización, al año 2015, de los consumos energéticos, combustibles y energía eléctrica, del sector minería del cobre cubriendo el período 2001 – 2015. Este trabajo cumple el objetivo de contar con información actualizada, que permita visualizar la forma cómo van evolucionando a través de los años los consumos energéticos del sector, producto de cambios tecnológicos, cambios en la cartera de productos comerciales u otros factores. Esto ha sido posible gracias a la amplia colaboración de las empresas que entregaron sus antecedentes para la elaboración de este trabajo, al respecto cabe señalar que este año, se incorporaron empresas de mediana minería y la información proporcionada por las empresas, representando el 98% de la producción de cobre de Chile del año 2015.

La minería es una actividad intensiva en el consumo de energía y de gran tamaño relativo en nuestro país. En el año 2015 para una producción de 5.764 miles de toneladas de cobre fino contenido, la industria minera del cobre tuvo un consumo total de energía de 163.063 TJ, lo que representa un 12% del total de energía consumida en el país.

Las principales fuentes de abastecimiento energético de la minería son por un lado la energía eléctrica de los Sistemas Interconectados del Norte Grande (SING) y Central (SIC) y los combustibles tales como el Carbón, Gasolina, Diesel, Enap 6, Kerosene, Gas Licuado, Gas Natural, Leña y Butano. En el año 2015, los principales combustibles consumidos directamente por la minería del cobre fueron Diesel (88%), Enap 6 (6%) y Gas Natural (5%), siendo marginal la participación de los otros combustibles (carbón, kerosene, butano, gas licuado y gasolinas).

Los resultados de este trabajo evidencian que la minería del cobre enfrenta una situación estructural que es el envejecimiento de las minas, la tendencia a un incremento en la dureza del mineral, y la caída de las leyes de cobre lo cual ha significado que las empresas tengan que extraer grandes y crecientes volúmenes de mineral para lograr mantener los niveles de producción de cobre fino año a año, lo que conlleva así, a un directo incremento en el uso de energía en procesos como, por ejemplo, explotación mina, chancado y molienda.

Es así como, en el período 2001-2015, el consumo energético total en la minería del cobre aumentó un 89%, donde los combustibles crecieron en un 100% y la electricidad en un 80%, en tanto la producción de cobre fino aumentó en el mismo periodo un 22%. Por tanto, podemos decir, que existe un desacoplamiento negativo entre los niveles de producción de cobre fino y el consumo energético. Es decir hoy en día se necesita más energía para producir la misma cantidad de cobre fino que hace 15 años.

En el caso de los combustibles, el aumento en su consumo total se debe principalmente a mayores distancias de acarreo de la flota de camiones, el aumento de material movido. Es así

como en el año 2015 el proceso de mayor consumo de combustibles es la mina rajo, el cual alcanzó un consumo de 59.974 TJ, lo que representa el 76% del consumo total de combustibles ese año.

En el caso del aumento en el consumo de energía eléctrica, se debe principalmente al incremento en la energía eléctrica usada en chancado y molienda por mayor dureza del mineral, mayor volumen de mineral procesado en plantas concentradoras tanto por baja de leyes como también porque hay una mayor producción de concentrados. En el año 2015, el consumo de energía eléctrica del proceso de concentración alcanzó a 44.460 TJ, que representa un 52% del total de energía eléctrica usada en los procesos mineros. En el período 2001-2015 este proceso muestra una participación promedio de 50% en el consumo de energía eléctrica. En términos de producción de concentrados, en el año 2001 representaba un 39% de la producción total en la cartera de productos comerciales de cobre en Chile (concentrados, cátodos EO, cátodos ER, otros refinados), en tanto en el 2015 representa ya un 53%. Esta tendencia se espera se acentúe a futuro, básicamente por la disminución de minerales lixiviables disponibles y por tanto un mayor procesamiento de minerales sulfurados.

Cabe señalar, que el proceso de concentración tiene además de un uso intensivo de energía eléctrica, un mayor consumo de agua. Ello sumado al restrictivo escenario de abastecimiento de agua que enfrenta la minería, ha hecho que el uso de agua de mar en sus operaciones sea una realidad y su consumo se incrementará en el futuro, tanto de manera directa (si la mineralogía del mineral así lo permite) como desalinizada. En ambos casos, el agua debe ser impulsada a las faenas mineras lo que incrementa aún más la demanda de energía eléctrica en el total de energía usada por minería del cobre.

El segundo proceso de mayor consumo eléctrico corresponde a la lixiviación. Su participación relativa en el período 2001-2015 ha ido disminuyendo, por las razones explicadas anteriormente, es así como en el año 2015 este proceso alcanzó un consumo total de 20.460 TJ, lo que corresponde a 24% comparado con el año 2001 que representaba el 31% del consumo total de electricidad de los procesos mineros ese año.

El consumo de energía eléctrica de la industria minera del cobre se concentra en el SING, que en el año 2015 alcanzó una demanda de 49.700 TJ (58% del total de energía eléctrica demandada por minería del cobre), de los cuales 43.496 TJ pertenecen a la Región de Antofagasta, zona que a su vez lidera la producción de cobre fino contenido con un 54% del total de la producción producido en el país.



Índice

Resumen Ejecutivo	I
1. Introducción	6
2. Metodología	7
2.1. Información general y encuesta	7
2.2. Análisis de los datos.....	9
3. Consumo de energía de la minería del cobre a nivel nacional.....	12
4. Consumo de combustibles de la minería del cobre	16
5. Consumo eléctrico de la minería del cobre.....	22
5.1. Consumo eléctrico de la minería del cobre a nivel nacional	22
5.2. Consumo eléctrico de la minería del cobre en el sistema interconectado del norte grande y en el sistema interconectado central	25
6. Comentarios finales.....	28
7. Glosario.....	29



Índice de figuras

Figura 1: Procesos productivo de la minería del cobre.....	8
Figura 2: Tipo de energía utilizada en Minería.....	8
Figura 3: Consumos totales de energía en minería del cobre vs Producción cobre fino,2001 –2015.....	12
Figura 4: Consumo y participación de energía según tipo,en minería del cobre, 2001 – 2015.	13
Figura 5: Evolución del consumo unitario de energía en la producción de fino en Chile en comparación con la evolución de las leyes promedio de mineral	14
Figura 6: Consumo de energía por áreas de producción en la minería del cobre 2001-2015.	164
Figura 7: Porcentaje de consumo de combustibles vs energía eléctrica por áreas en el 2015	165
Figura 8: Participación del consumo de energía de la minería del cobre en el consumo nacional, 2001-2014.....	185
Figura 9: Participación del consumo de energía eléctrica y combustibles de la minería del cobre en el consumo nacional, 2001-2014.	196
Figura 10: Consumo y participación de energía según tipo,por región,en la minería del cobre, 2015.	1917
Figura 11: Consumo de energía en base a combustibles de la minería del cobre, 2001-2015.....	2018
Figura 12: Participación de Principales Combustibles en el Consumo Total de Combustibles en la Minería en los años 2001 y 2015.	2119
Figura 13: Consumo de combustibles por proceso minero, nivel nacional 2001 – 2015 ¡Error! Marcador no definido.	
Figura 14: Participación de los procesos mineros en el consumo total de energía en base a combustibles, 2001 – 2015	2220
Figura 15: Consumo unitario de combustibles por tonelada de cobre fino contenido y por tonelada de mineral procesado.	23
Figura 16: Consumo de energía eléctrica en la minería del cobre, 2001 - 2015.....	23
Figura 17: Consumo de electricidad por proceso minero, nivel nacional 2001 – 2015	253
Figura 18: Participación de los procesos mineros en el consumo total de electricidad, 2001 – 2015	23
Figura 19: Cartera de Productos Comerciales de Cobre en Chile	264
Figura 20: Consumo unitario de electricidad por tonelada de cobre fino contenido y por tonelada de mineral procesado	265
Figura 21: Evolución del consumo de electricidad por procesos en SIC y SING.....	26
Figura 22: Evolución de la participación en el consumo de electricidad por procesos en SING y SIC	26
Figura 23: Participación del consumo energía eléctrica minería del cobre, en sistemas SING y SIC 2015.....	27



Índice de Tablas

Tabla 1: Coeficientes de conversión de unidades físicas de combustibles a energía 9



1. Introducción

La Comisión Chilena del Cobre (Cochilco) anualmente reporta el consumo de energía de la minería del cobre a través de las *Estadísticas de consumo de energía del cobre*, publicadas en la página web <http://www.cochilco.cl/estadisticas/energia.asp> y a través del presente informe, enmarcado dentro de una línea de trabajo permanente desde el año 1991. En este sentido, este informe tiene por objetivo analizar el consumo global de combustibles y energía incurridos por la minería del cobre, así como también un análisis y evolución de sus consumos unitarios.

Este año se incorporaron al análisis, la data de varias empresas de la mediana minería, con lo cual se tiene procesada la información de 52 operaciones más importantes del país, incluidas también fundiciones y refinerías existentes. Los datos de consumo energético, así como los de producción, son solicitados a través de la encuesta de *Producción; Consumo de Agua y Energía*, la cual es entregada a Cochilco durante los meses de marzo y abril de cada año. Estos datos son utilizados para determinar el consumo de electricidad de la minería a nivel nacional y efectuar una clasificación según los sistemas interconectados del norte grande y central. Adicionalmente, se analiza el consumo de combustibles total y por procesos en la minería del cobre. Por último, los datos de producción de cobre fino y material procesado, en los diferentes procesos de la minería, se utilizan para determinar los coeficientes unitarios de consumo de energía, electricidad y combustibles, en los diferentes procesos.

En el presente informe, primero, en la sección 2 se presenta la terminología usada en el informe. Luego, en la sección 3 se muestra la metodología utilizada para la recolección de la información y posterior cálculo de los consumos de energía incurridos en la minería del cobre a nivel global y unitario. En la sección 4, se presentará un análisis de consumo de energía a nivel nacional. En la sección 5, se mostrarán los resultados del consumo de combustibles en la minería del cobre hasta el año 2015. En la sección 6, primero se mostrarán los resultados del consumo eléctrico a nivel nacional y un análisis de su evolución, para luego analizar los resultados del consumo eléctrico en el sistema interconectado del norte grande y en el sistema interconectado central. Por último en la sección 7 se efectúan comentarios finales del informe.



2. Metodología

La metodología se puede resumir en dos partes. Primero, se consultan datos de producción, consumo de energía y agua por proceso minero a las principales faenas operativas que se encuentran dentro de la cadena principal de valor de la minería. Segundo, en base a la información suministrada por las operaciones mineras se determinan los consumos globales y unitarios de energía de electricidad y combustibles por procesos a nivel nacional. La metodología puede resumirse en los siguientes pasos:

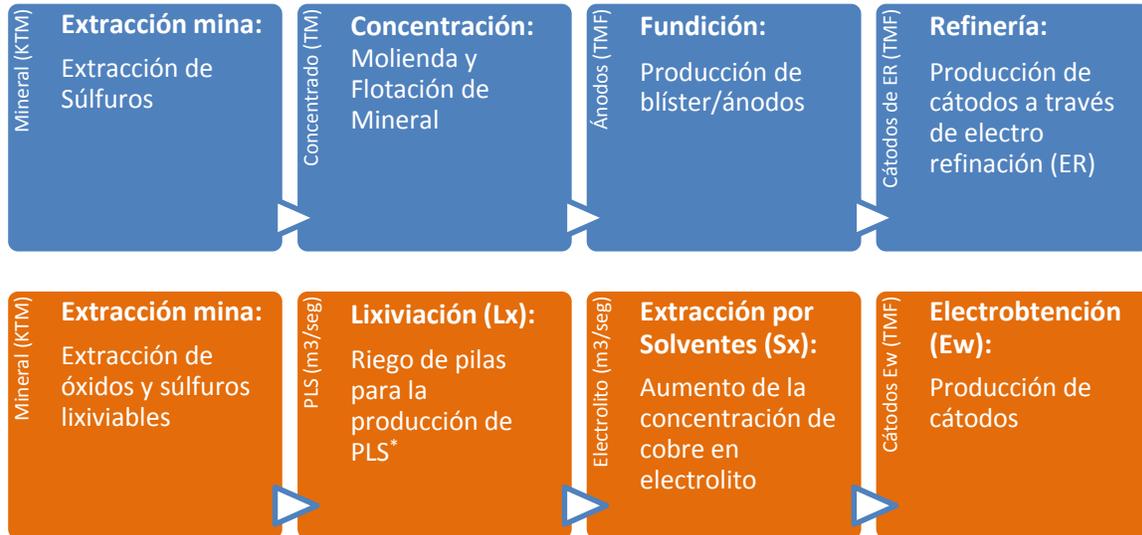
- Se consultan los datos directamente a las empresas mediante la “Encuesta de producción, energía y recursos hídricos”.
- En base a la información suministrada por las empresas mineras, se calculan los consumos y los respectivos coeficientes unitarios de energía. Para el país se calculan tanto para combustibles como energía eléctrica, mientras que para energía eléctrica se detalla por el SING y SIC.
- Los consumos de energía se presentan en terajoules (TJ) y los consumos unitarios en megajoules divididos en toneladas métricas (MJ/TM).

2.1. Información general y encuesta

Se identifican dos líneas de producción de cobre de acuerdo al mineral procesado. Primero, se identifica el procesamiento de minerales sulfurados, los cuales siguen una línea de producción de flotación, concentración y posterior extracción pirometalúrgica. Por otro lado, los minerales oxidados, y algunas especies minerales sulfuradas, siguen una línea de lixiviación o de hidrometalurgia para la obtención de cobre. Los principales procesos productivos de los minerales sulfurados son los de extracción mina, concentración, fundición y refinación. Por otro lado, las principales procesos involucrados en la extracción de cobre desde minerales oxidados son: extracción mina, lixiviación, extracción por solventes y electro obtención. Adicionalmente, en la figura 2, se muestran de manera vertical en cada una de las casillas el producto, y sus respectivas unidades, de cada uno de los procesos (ver Figura 2).

Aunque no se muestra en la figura 2 en el presente informe se reconoce el proceso de Servicios, que como se indica en la terminología corresponde a la suma de aquellas actividades que no se encuentran incluidas dentro de los procesos de la cadena de valor principal, pero que son necesarias para llevar a cabo la producción minera. En este ítem se encuentra contemplado el consumo de energía debido a la impulsión y desalación de agua.

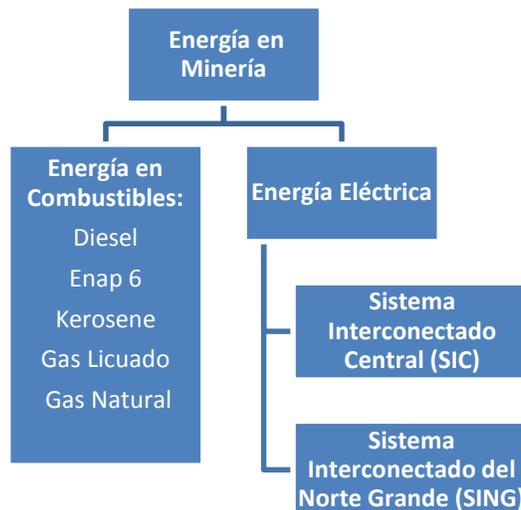


Figura 1: Procesos productivo de la minería del cobre

* Pregnant Leach Solution (PLS)

Fuente: Elaborado por Cochilco

Las principales fuentes de abastecimiento energético de la minería son la electricidad de los sistemas interconectados y los combustibles. Se identifican los sistemas interconectados del norte grande (SING) y central (SIC). En el presente informe se reconoce la energía utilizada en combustibles a través del uso de: Carbón, Gasolina, Diesel, Enap 6, Kerosene, Gas Licuado, Gas Natural, Leña y Butano.

Figura 2: Tipo de energía utilizada en Minería

Fuente: Elaborado por Cochilco

La información para determinar los consumos de energía se efectúan a través de la encuesta de Producción, energía y recurso hídrico. Esta encuesta recoge información de producción de los principales procesos productivos, identificando los insumos minerales, así como también identifica sus productos y sus principales características. Por ejemplo, en el caso de extracción mina, se reportan las cantidades, en kilo toneladas métricas, de mineral y lastre extraído y sus respectivas leyes minerales; así también, en el caso de la concentración de mineral se consulta el mineral procesado y la cantidad de concentrado producido y sus respectivas leyes. Los diferentes procesos productivos se asocian a preguntas referentes a las cantidades de energía eléctrica consumida, cantidades de combustibles (en unidades físicas, por ejemplo m³ de diesel) y el agua total consumida y reciclada por procesos.

El año 2014 se encuestaron un total de 52 operaciones mineras, entre las que se encuentran minas, fundiciones y refinerías, las que representan un 99% de la producción de cobre fino a nivel nacional. En el caso de las 24 operaciones del sistema SING que contestaron satisfactoriamente la encuesta estas alcanzan el 60% de la producción de cobre fino, mientras que las 28 faenas del sistema interconectado SIC alcanza un 39% de representatividad en términos de producción de cobre fino en relación al total reportado en este sistema.

Las tablas con información detallada que son base para los cálculos, gráficos y análisis para este informe se encuentran disponibles en la página web de Cochilco (<http://www.cochilco.cl/estadisticas/energia.asp>) en la sección Estadísticas de Energía y GEI.

2.2. Análisis de los datos

En el caso de los combustibles, primero se deben transformar las unidades físicas consumidas reportadas en la encuesta a unidades energéticas; en este caso megajoule. Cada combustible reportado en las encuestas sobre el su consumo en las faenas mineras es transformado a unidades equivalentes energéticas según la Tabla 1 que considera el estado del arte de la tecnología dentro de la industria minera y factor energético de los combustibles.

Tabla 1: Coeficientes de conversión de unidades físicas de combustibles a energía

Combustible	Unidad	Cantidad	Energía Útil (Megajoule, MJ)
Carbón	Kg	1	29
Gasolina	M3	1	34.208
Diesel	M3	1	38.309
Enap 6	t	1	43.932
Kerosene	M3	1	37.618
Gas Licuado	Kg	1	51
Gas Natural	M3	1	39
Leña	Kg	1	15
Butano	lts	1	29

Fuente: Elaborado por Cochilco



A continuación se presentan los principales indicadores calculados para el caso de consumos de energía a través de combustibles y de electricidad.

2.2.1. Combustibles:

La energía de combustibles a nivel nacional corresponde a la sumatoria del consumo de las diferentes faenas consideradas en este informe, como se muestran en (3.1)

$$\text{Energía Combustibles} = \sum_i \text{Energía Combustibles consumida}_i \text{ (Petajoules)} \quad (3.1)$$

Donde i corresponde a faena minera.

El consumo unitario de combustible medido como la energía usada en el procesamiento de una tonelada de cobre fino contenido por procesos por faena se calcula como: el consumo de combustibles transformado a unidades energéticas dividido por el cobre fino contenido en el producto de dicho proceso, como se muestra en (3.2). Para los cálculos de los consumos unitarios de combustible por tonelada de cobre fino a nivel nacional por proceso, se considera que los consumos unitarios por faena sean ponderados de acuerdo a su aporte de cobre fino al total nacional según el proceso en cuestión como se muestra en (3.3).

$$\text{Cons. Unit. de Comb. x Cu Fino}_{ij} = \frac{\text{Energía Combustible consumida}_{ij} \text{ (MJ)}}{\text{Cobre fino contenido en producto, proceso}_{ij} \text{ (TMF)}} \text{ (MJ/TMF)} \quad (3.2)$$

$$\text{Cons. Unit. de Comb. x Cu Fino} = \sum_{ij} \text{Cons. Unit. de Comb. x Cu Fino}_{ij} \times \frac{\text{Cu Fino en Producto}_{ij}}{\text{Cu Fino en Producto}_j} \text{ (MJ/TMF)} \quad (3.3)$$

Donde i corresponde a faena minera, mientras que j corresponde a los diferentes procesos productivos.

Para el caso de los consumos unitarios de energía en combustibles según el material procesado se efectúa primero el cálculo del consumo unitario por faena, tomando la energía en combustibles utilizada en los procesos dividida por el material total procesado, como se muestra en (3.4). Para efectuar el cálculo del consumo unitario de combustibles por material procesado a nivel nacional, los valores unitarios son ponderados de acuerdo a la participación del material procesado por faena sobre el total nacional procesado en un proceso específico como se muestra en (3.5).

$$\text{Cons. Unit. de Comb. x Material}_{ij} = \frac{\text{Energía Combustible consumida}_{ij} \text{ (MJ)}}{\text{Material procesado, proceso}_{ij} \text{ (Ton.métricas de material)}} \text{ (MJ/TM)} \quad (3.4)$$

$$\text{Cons. Unit. de Comb. x Material} = \sum_{ij} \text{Cons. Unit. de Comb. x Material}_{ij} \times \frac{\text{Material procesado}_{ij}}{\text{Material procesado}_j} \text{ (MJ/TM)} \quad (3.5)$$

Donde i corresponde a faena minera, mientras que j corresponde a los diferentes procesos productivos.



2.2.2. Energía Eléctrica:

La metodología utilizada para efectuar el cálculo de los indicadores de consumo de electricidad a nivel global y unitario se presentan en (3.6), (3.7), (3.8), (3.9) y (3.10), siguiendo la misma nomenclatura presentada anteriormente.

$$\text{Energía Electricidad} = \sum_i \text{Energía Electricidad consumida}_i \text{ (Petajoules)} \quad (3.6)$$

$$\text{Cons. Unit. de Elec. x Cu Fino}_{ij} = \frac{\text{Energía Electricidad consumida}_{ij} \text{ (MJ)}}{\text{Cobre fino contenido en producto, proceso}_{ij} \text{ (TMF)}} \text{ (MJ/TMF)} \quad (3.7)$$

$$\text{Cons. Unit. de Elec. x Cu Fino} = \sum_{ij} \text{Cons. Unit. de Elec. x Cu Fino}_{ij} \times \frac{\text{Cu Fino en Producto}_{ij}}{\text{Cu Fino en Producto}_j} \text{ (MJ/TMF)} \quad (3.8)$$

$$\text{Cons. Unit. de Elec. x Material}_{ij} = \frac{\text{Energía Electricidad consumida}_{ij} \text{ (MJ)}}{\text{Material procesado, proceso}_{ij} \text{ (Ton. métricas de material)}} \text{ (MJ/TM)} \quad (3.9)$$

$$\text{Cons. Unit. de Elec. x Material} = \sum_{ij} \text{Cons. Unit. de Elec. x Material}_{ij} \times \frac{\text{Material procesado}_{ij}}{\text{Material procesado}_j} \text{ (MJ/TM)} \quad (3.10)$$



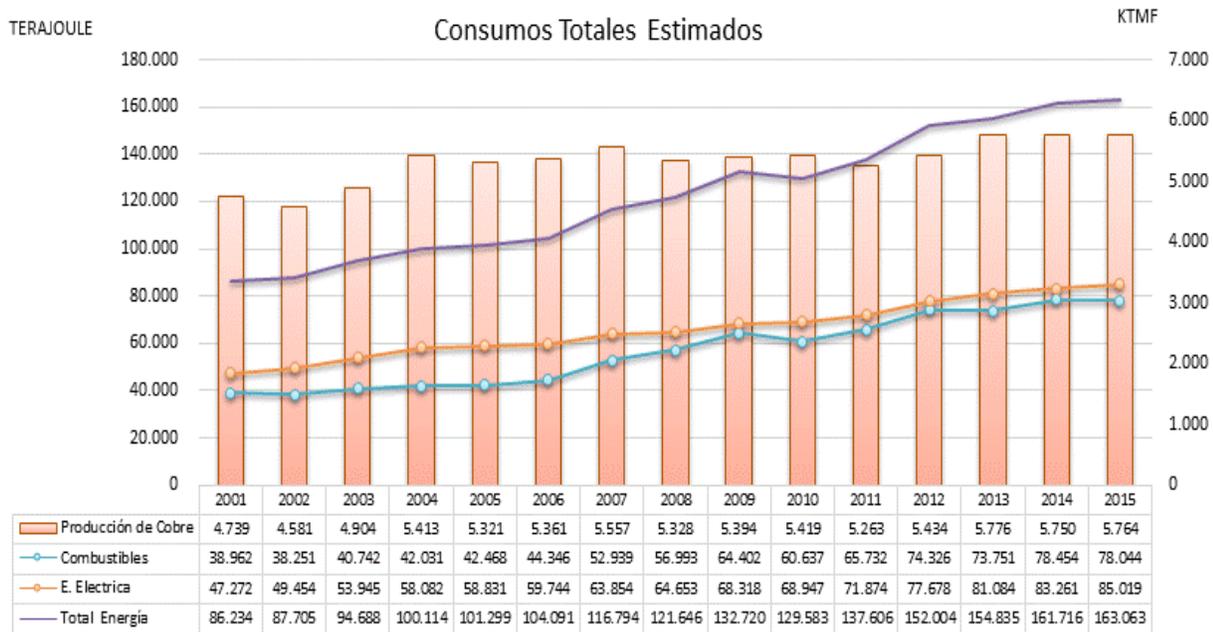
3. Consumo de energía de la minería del cobre a nivel nacional

3.1. Consumos totales de energía de la minería del cobre

En esta sección se muestra una visión general del consumo de energía en la minería del cobre en Chile. Para ello, en Figura 3 se muestra un gráfico de consumos totales de energía en minería del cobre, tanto de combustibles como de energía eléctrica, versus producción de cobre fino en el país entre los años 2001-2015.

Se observa que el consumo energético total en la minería del cobre aumentó de 86.234 a 163.063 Terajoules en el periodo 2001 – 2015, lo que significa un incremento del 89%, donde los combustibles aumentan en un 100% y la electricidad en un 80%, en tanto la producción de cobre fino aumentó en el mismo periodo de tiempo, de 4.739 a 5.764 kilo toneladas métricas de cobre fino, que representa un incremento del 21,63%.

Figura 3: Consumos Totales de Energía de la Minería del Cobre vs Producción de Cobre Fino

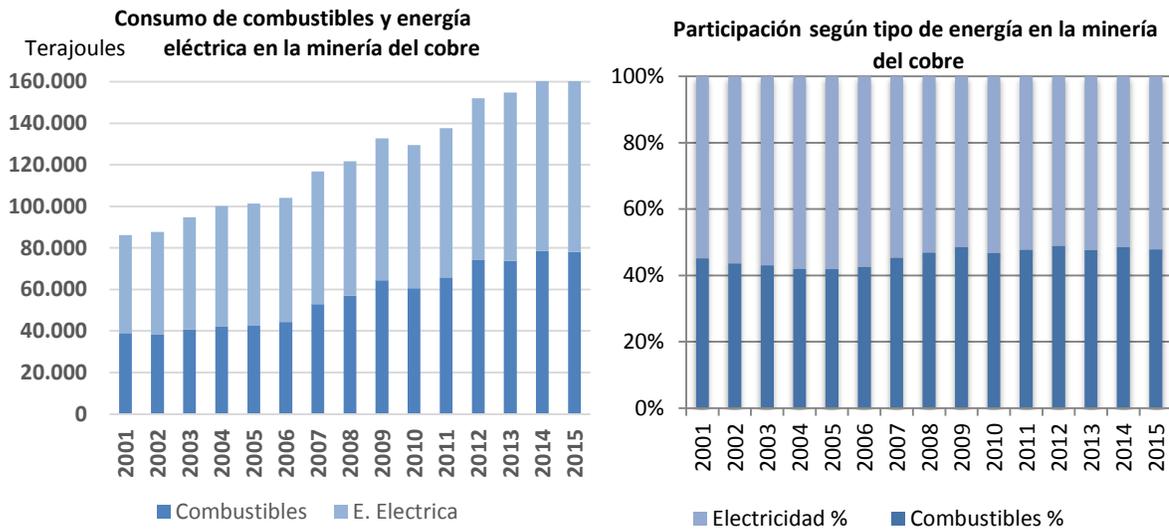


Fuente: Elaborado por Cochilco

Este aumento que ha experimentado la intensidad de uso de energía por parte de la minería del cobre en los últimos años, se debe mayormente a factores estructurales, tales como disminuciones en la ley y aumento de dureza de los minerales, aumento de las distancias de acarreo, cambios en la cartera de productos comerciales y cambios tecnológicos. Se observa así, que existe un desacoplamiento negativo entre los niveles de producción de cobre fino y el consumo energético, es decir hoy en día se necesita más energía para producir la misma cantidad de cobre fino que hace 15 años.

En Figura 5, está el consumo de energía segmentado por el consumo de electricidad y combustibles y su participación en el consumo total de energía de la minería del cobre. El año 2015 la participación del consumo de electricidad sobre el total de energía alcanza el 52%, igual al promedio de los últimos 5 años que alcanzó un promedio de 52%. En tanto el consumo de combustibles el año 2015 alcanza una participación del 48% e igualmente promedia un 48% en los últimos 5 años.



Figura 4: Consumo y participación de energía según tipo en la minería del cobre, 2001 – 2015

Fuente: Elaborado por Cochilco

Si comparamos respecto al año anterior 2014, se aprecia un incremento de 161.716 Tera joule (TJ) en 2014 a 163.063 TJ en 2015, lo que representa un incremento de un 1%. En este sentido, el incremento en el consumo de electricidad fue de un 2,1% en el periodo 2014 – 2015, mientras que el consumo de combustibles prácticamente se mantiene igual al año 2014 disminuyendo sólo un 0.5%. En el caso del consumo de energía eléctrica, el incremento se debe principalmente a una mayor cantidad de cobre procesado en plantas concentradoras y de la incorporación de la impulsión de agua de mar en los ítems encuestados.

3.2. Consumos totales unitarios de energía en la minería del cobre

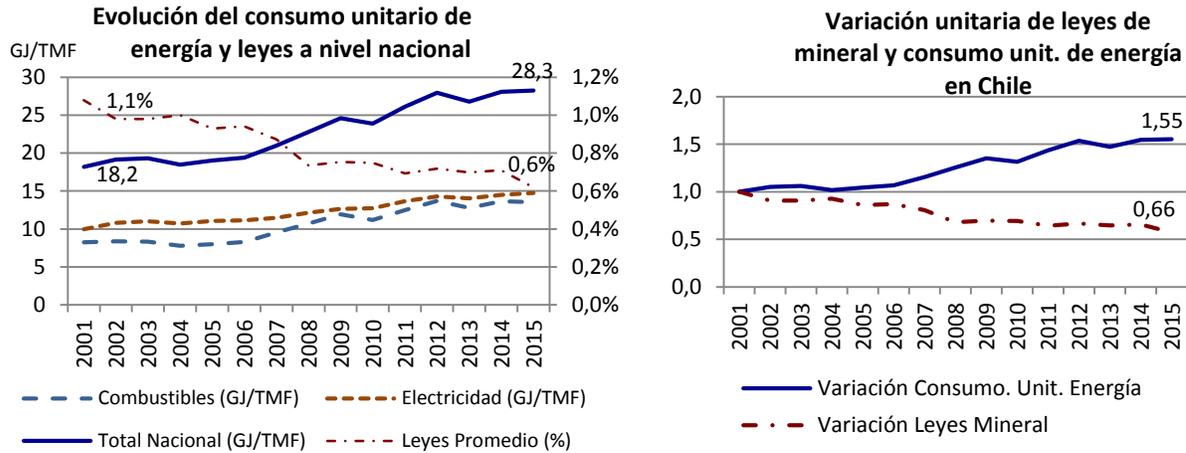
El consumo de energía total anual dividido por la producción anual de cobre es una aproximación gruesa al coeficiente de consumo de energía unitario, sin embargo nos permite analizar la tendencia del consumo de energía en la producción minera. De esta manera, el consumo de energía total unitario aumentó desde 18,2 GJ/TMF en 2001 hasta alcanzar un consumo de 28,3 GJ/TMF en 2015, lo que representa un aumento de un 55%. En tanto, el consumo de energía en base a combustibles para producir una tonelada de cobre fino, aumentó en un 65% en el periodo 2001 – 2015, mientras que el consumo de electricidad por tonelada de cobre fino producido aumentó en un 48% en el mismo periodo. (Ver gráfico izquierdo de Figura 5)

El aumento en el consumo unitario de combustibles en la producción de cobre se encuentra relacionado, en gran parte, a 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.

En términos numéricos, cuando se analiza la variación anual de consumo unitario de energía con respecto al año 2001, se observa un aumento de un 55% en el periodo 2001 - 2015. Por otro lado, las leyes de mineral en Chile han disminuido en un 66% en el mismo periodo de tiempo. De esta manera, queda patente que las leyes de mineral explotado y procesado son determinantes en el consumo de electricidad y combustibles en la minería del cobre (Ver gráfico derecho de Figura 5).



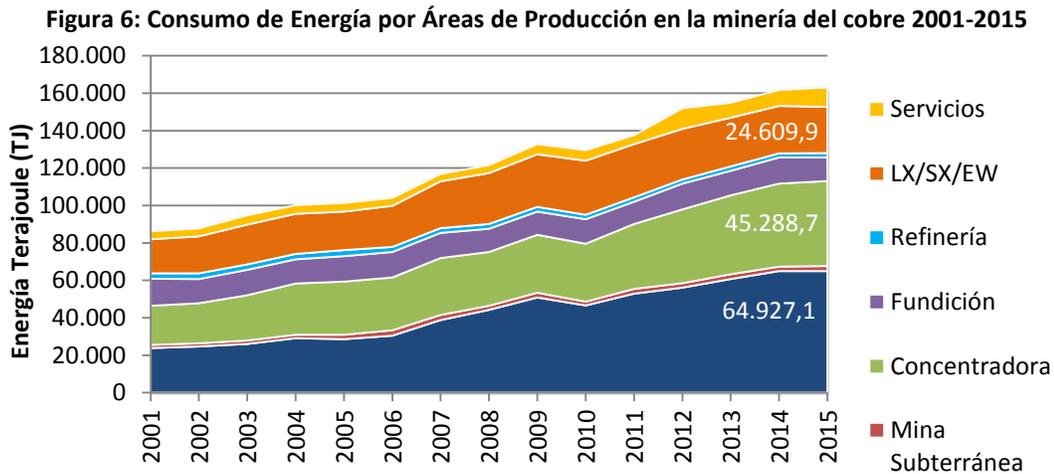
Figura 5: Evolución del consumo unitario de energía en la producción de fino en Chile en comparación con la evolución de las leyes promedio de mineral



Fuente: Elaborado por Cochilco

3.3. Consumo de Energía por Área de Producción

Al analizar el consumo total de energía de cada una de las áreas definidas del proceso de producción, Mina rajo, Mina subterránea, Concentración, Fundición, Refinería, Tratamiento de minerales lixiviables (LX/SX/EW) y Servicios, se observa en Figura 6, que en el año 2015 las tres áreas con mayor consumo de energía son la explotación en mina rajo con 64.927,1 Terajoules (lo que representa un 40% del total de consumo de energía), seguida por la concentradora con 45.288,7 Terajoules (28%) y el tratamiento de minerales lixiviables con 24.609,9 Terajoules (15%).

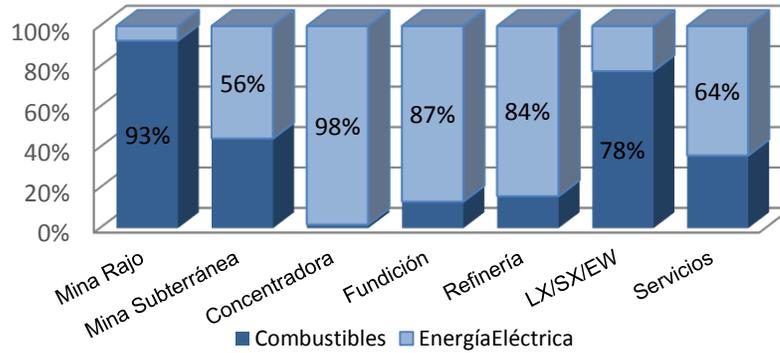


Fuente: Elaborado por Cochilco

Es importante destacar que, mientras la explotación minera rajo consume un 93% de su consumo energético total como combustibles, el consumo de energía del área de concentración de minerales es en la práctica, casi exclusivamente energía eléctrica (98%), en tanto el tratamiento de minerales oxidables tiene un 78% de consumo de combustibles del total de su consumo de energía (Figura 7).



Figura 7: Porcentaje de Consumo de Combustibles vs Energía Eléctrica por Áreas en el 2015

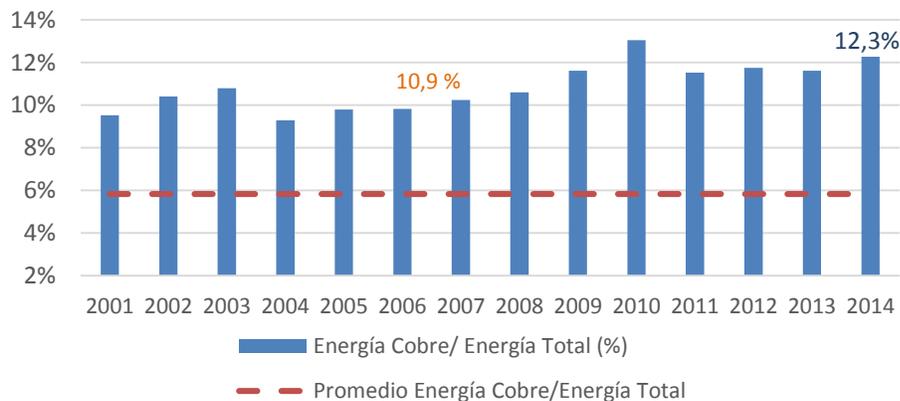


Fuente: Elaborado por Cochilco

3.4. Participación del consumo de la energía de la minería del cobre en el consumo de energía a nivel nacional

La minería es uno de las principales industrias consumidoras de energía. Según datos del Ministerio de Energía extraídos del Balance Nacional de Energía¹, en el periodo 2001 – 2014, la minería representó en promedio el 10,9% del consumo total de energía del país. De manera particular, el año 2014 la minería representó un 12,3% del consumo de energía a nivel nacional.

Figura 8: Participación del consumo de energía de la minería del cobre en el Consumo Nacional 2001 – 2014



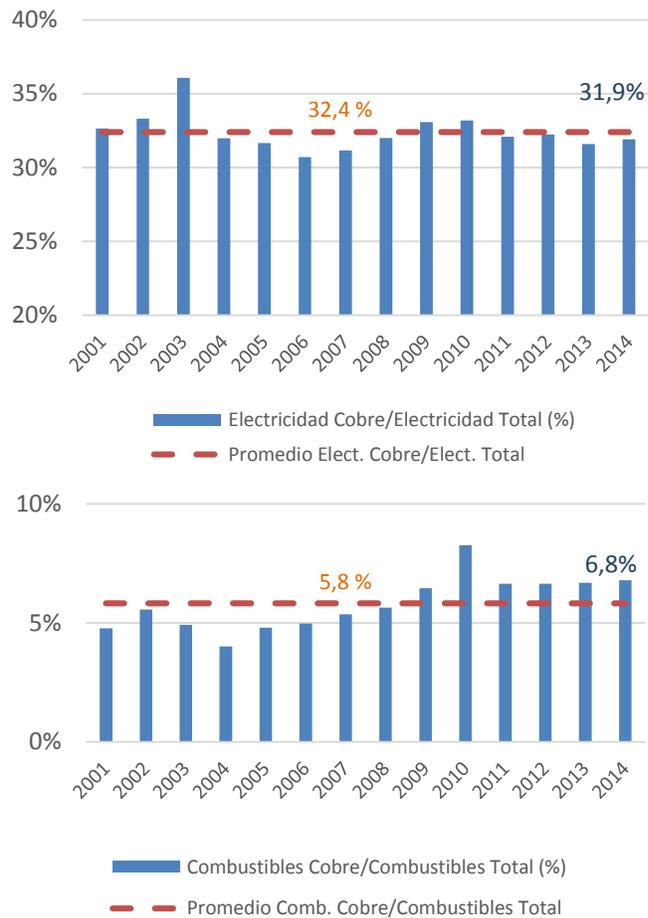
Fuente: Elaborado por Cochilco en base a datos del Ministerio de Energía

En términos de energía eléctrica, se tiene que la minería del cobre representa el 31,9% del consumo total de electricidad al año 2014, siendo de esta manera uno de los principales consumidores de energía eléctrica y en promedio ha representado el 32,4% del consumo de electricidad en el periodo 2001 – 2014.

¹ Los datos del Balance Nacional de Energía se encuentran disponibles en la página web del Ministerio de Energía, www.minenergia.cl



Figura 9: Participación del consumo de energía eléctrica y combustibles de la minería del cobre en el Consumo Nacional 2001 – 2014



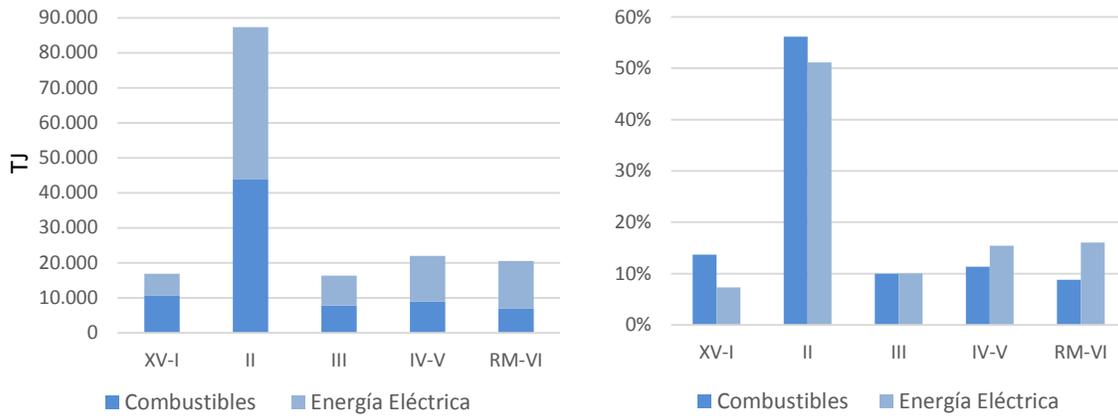
Fuente: Elaborado por Cochilco en base a datos del Ministerio de Energía

En relación al consumo de combustibles, el consumo de la minería del cobre representa el 6,8% del consumo total de combustibles en el país en el año 2014 y en promedio ha representado el 5,8% del consumo de combustibles en el país en el período 2001 -2014 (Ver Figura 9)

3.5. Consumos de Energía por Región

En relación al consumo total de energía de la minería del cobre por región, en Figura 10 se puede ver que en el año 2015, la Región que mayor participación tiene en el consumo energético, es la Región de Antofagasta con 87.315 TJ, lo que representa el 54% del consumo de energía total minero en una Región que concentra mayormente la producción de cobre fino contenido en el país.



Figura 10: Consumo de energía y Participación de energía según tipo, por Región en la minería del cobre, 2015

Fuente: Elaborado por Cochilco

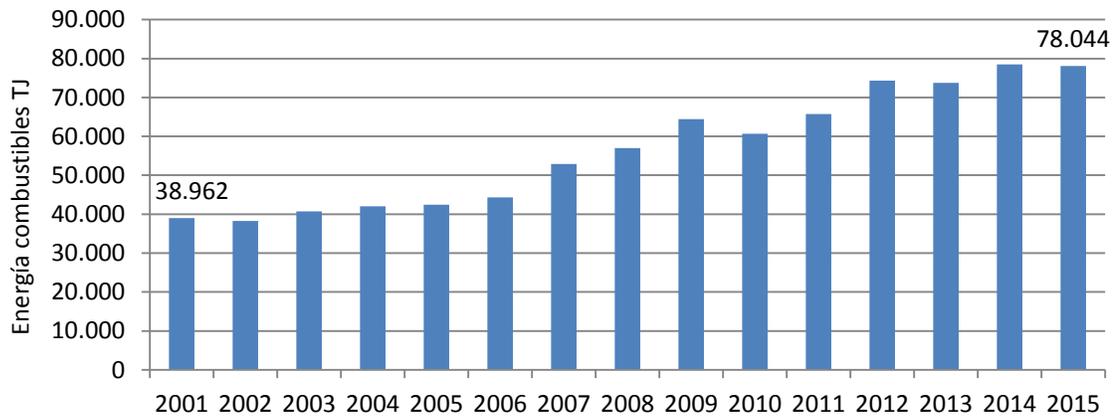
Desglosando el consumo de energía en consumo por combustibles y energía eléctrica, la Región presenta un consumo de combustibles de 43.819 TJ (lo que representa el 56% del total del consumo de combustibles minero en el país) y un consumo de energía eléctrica de 43.496 TJ (51%).

4. Consumo de combustibles de la minería del cobre

En esta sección se muestra información referente a la evolución total de energía en base a combustibles, el total de energía en combustibles por procesos y el consumo unitario de combustibles por cobre fino y por material procesado.

Analizando el período 2001-2015, se observa que el consumo de energía en base a combustibles aumentó un 100%, de 38.962 TJ en 2001 a 78.044 TJ en 2015 (Ver Figura 11). Como se mencionó en capítulo anterior, 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.

Figura 11: Consumo de energía en base a combustibles de la minería del cobre, 2001 - 2015



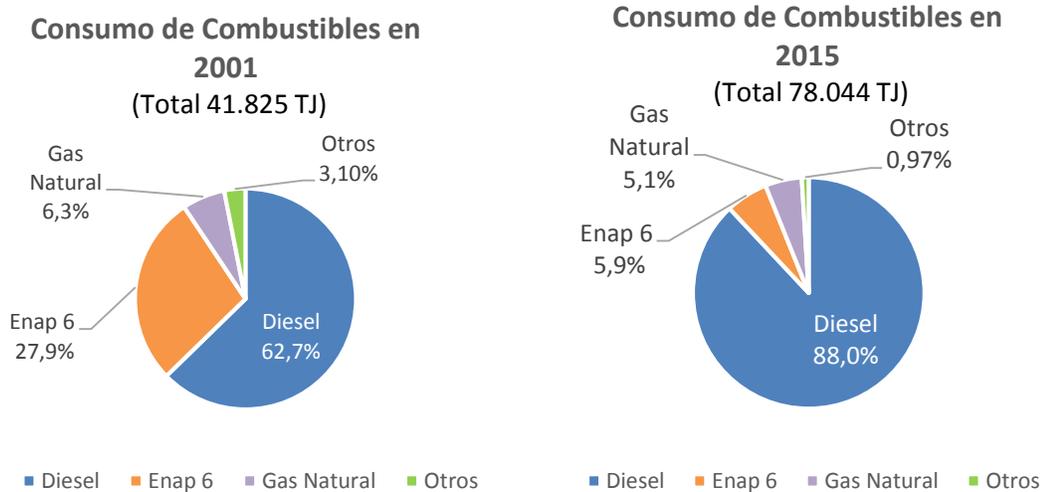
Fuente: Elaborado por Cochilco

En Figura 12, se muestra que dentro del mix de combustibles usados en la minería del cobre, el más importante es el Diesel y además, su participación en el consumo total de combustibles en el período 2001-2015 se ha incrementado. Es así como en el año 2001 representaba un 63% del total de energía como combustibles utilizada y en el año 2015 el 88%. Este combustible es usado en mayor medida en la mina rajo, para camiones de transporte de mineral y transporte de lastre en el proceso de extracción mina.

En tanto, el combustible que le sigue en relevancia en la participación del consumo total de combustibles es el petróleo Enap 6, que el 2001 representaba el 28% del total de energía como combustibles utilizada, y el 2015 su participación ha disminuido a un 6% del total. 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 natural 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% en tanto el año 2015 un 5% del total de mix de combustibles usados.



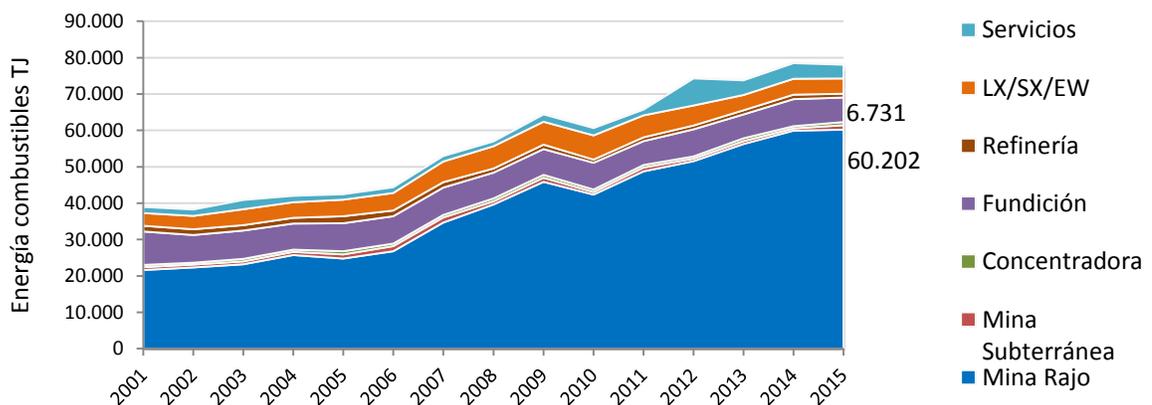
Figura 12: Participación de Principales Combustibles en el Consumo Total de Combustibles en la Minería en los años 2001 y 2015



Fuente: Elaborado por Cochilco

En relación al consumo de combustibles por proceso minero, en Figura 13 se observa que el proceso que mayormente utiliza combustibles es la explotación mina rajo en comparación al resto de los procesos. Es así como el año 2015, el consumo de combustibles en este proceso fue de 60.202,3 TJ, lo que corresponde a 2,8 veces del consumo del año 2001. El aumento en el consumo se puede dividir en dos fases. Primero en el periodo 2001 – 2006 donde su crecimiento en el consumo de combustibles corresponde a una tasa de un 4% anual. Segundo, en el periodo 2006-2015 en donde el crecimiento en el consumo de combustibles en el proceso de mina rajo ha sido más intenso alcanzado una tasa de crecimiento de un 11% anual. En términos de participación del proceso mina rajo sobre el consumo total de energía en combustibles, ha ido aumentando en los últimos 15 años, en tanto en el año 2001 fue de un 56%, en el año 2015 se incrementa hasta alcanzar un 77%. (Ver Figura 13)

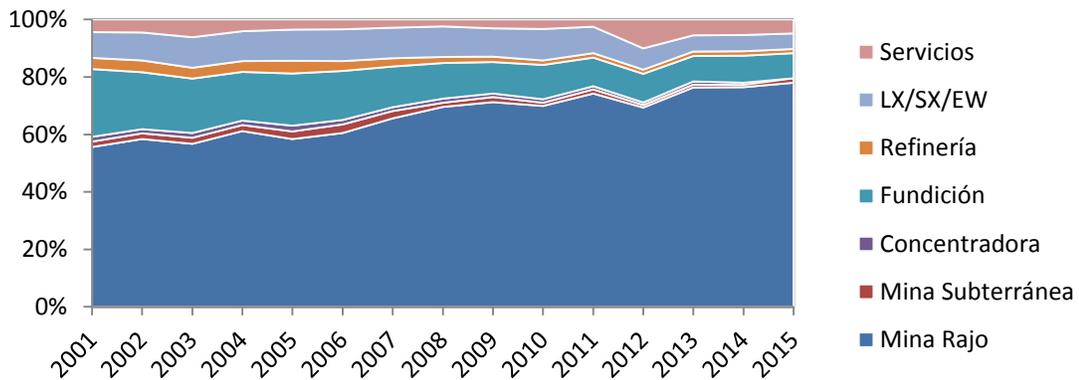
Figura 13: Consumo de combustibles por proceso minero, nivel nacional 2001 – 2015



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%. (Ver Figura 14)

Figura 14: Participación de los procesos mineros en el consumo total de energía en base a combustibles, 2001 – 2015



Fuente: Elaborado por Cochilco

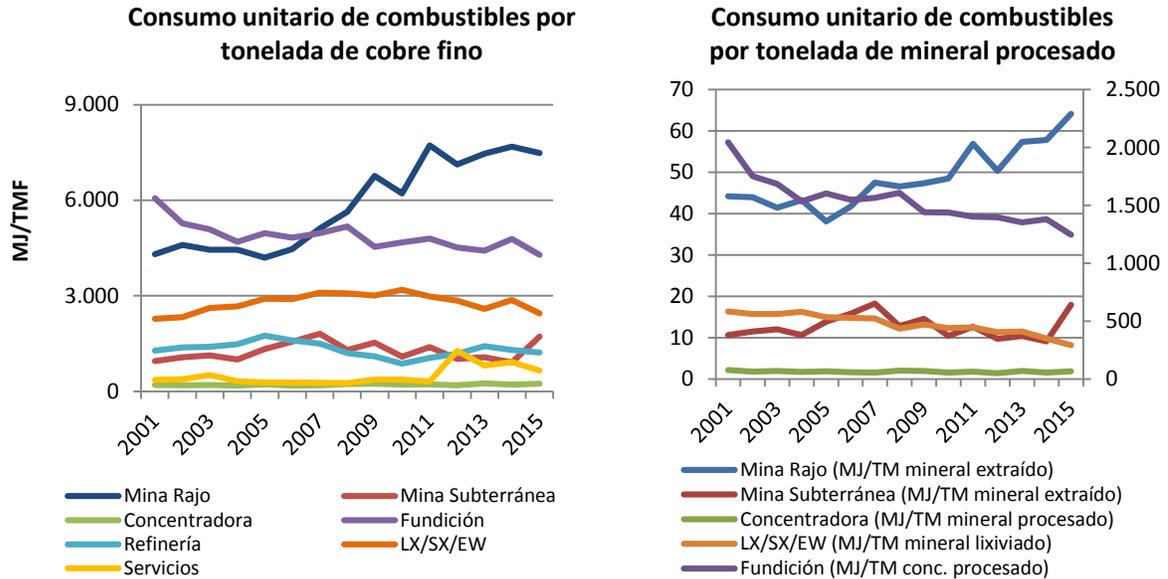
El tercer proceso en importancia en el uso de combustibles es el de tratamiento de minerales lixiviables, que en el año 2015 tiene un consumo de 4.150 TJ, lo que representa el 5% en el total de consumo de energía por combustibles. En términos de participación (Ver Figura 14), esta ha disminuido respecto al año 2001, año en el que su consumo era de 3.506 TJ lo que representaba el 9% del total de consumo por combustibles. Ello se debe principalmente a que hay una menor disponibilidad de minerales oxidados y por tanto se refleja en la cartera de productos comerciales, con una menor producción de cátodos hoy que hace 15 años.

A continuación se realizará una breve revisión de la evolución de los consumos unitarios de energía en base a combustibles de la minería del cobre.

Los consumos unitarios de combustibles por tonelada de cobre fino en los procesos de concentradora, mina subterránea, refinación han sido relativamente constantes, donde no se visualizan grandes variaciones. En el caso del proceso de Fundición se aprecia una disminución en el consumo unitario de combustible de un 29% en el periodo 2001 – 2015. En tanto el consumo unitario de combustible en el proceso de mina rajo ha sido creciente alcanzando un aumento de un 74% en el periodo 2001 – 2015. El aumento del consumo unitario de combustibles en el caso del proceso de servicios en el periodo 2001 – 2015 es de un considerable 83%. Sin embargo, este proceso es de un bajo peso relativo, hasta la fecha, por lo que no incide mayormente en el aumento total en el consumo de combustible.



Figura 15: Consumo unitario de combustibles por tonelada de cobre fino contenido y por tonelada de mineral procesado



Fuente: Elaborado por Cochilco

Cuando se analiza el consumo unitario de energía en base a combustibles por tonelada de mineral extraído, para el caso de mina rajo, se visualiza un incremento de un 45% en el periodo 2001 – 2015. Este indicador 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, y posibles ineficiencias de la operación, como las principales causas. Por otro lado, los consumos unitarios de combustibles por tonelada de mineral tratado en los casos de la concentradora, lixiviación y fundición se visualizan a la baja, lo que es indicativo de mejoras operacionales o de gestión.

Cabe señalar, que en la encuesta de este año 2015, 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.



5. Consumo eléctrico de la minería del cobre

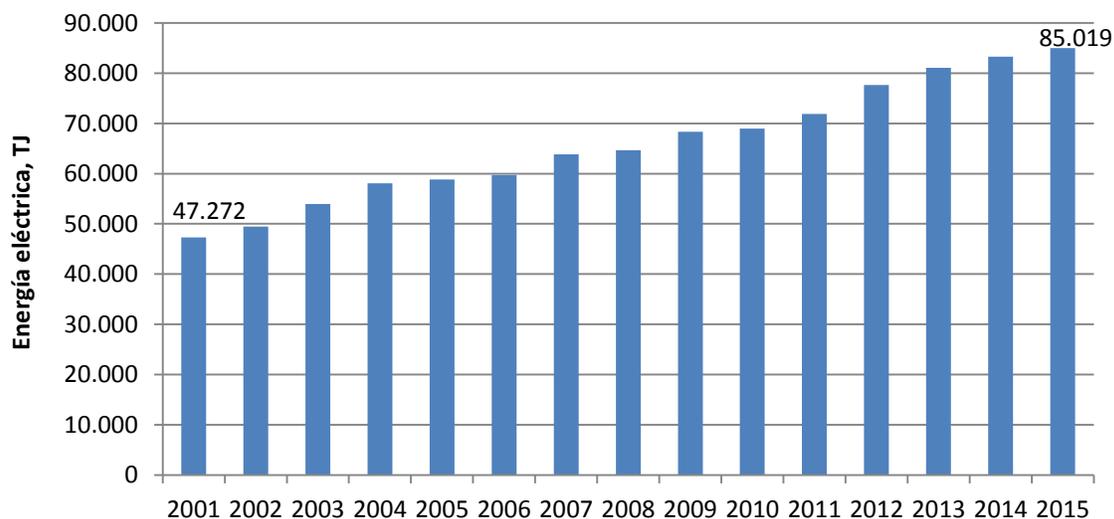
A continuación se analizará el consumo y variación anual de la energía eléctrica en la minería del cobre a nivel global, por procesos, el consumo unitario de electricidad por tonelada de cobre y el consumo unitario de electricidad por tonelada de mineral tratado según proceso.

Posteriormente, se realizará un análisis a nivel nacional del consumo de energía eléctrica en la producción de cobre. Luego se realizará un análisis comparativo en el consumo de electricidad en la producción de cobre entre los sistemas interconectados del norte grande y central.

5.1. Consumo eléctrico de la minería del cobre a nivel nacional

El año 2015 la minería del cobre consumió un total de 85.019 TJ en energía eléctrica. Este consumo corresponde un incremento de un 2,1% con respecto del consumo del año 2014, que alcanzó los 83.261 TJ. Comparando con el año 2001 se observa que el consumo de electricidad por parte de la minería del cobre aumentó un 80%. (Ver Figura 16). El aumento en el consumo de electricidad viene dado principalmente por el aumento marginal en el consumo de las operaciones existentes, así como también por el aumento de capacidad de procesamiento de concentración a nivel nacional y de la inclusión en Servicios de la energía eléctrica utilizada para plantas desalinizadoras e impulsión de agua de mar directa o desalinizada a las faenas, como se puede evidenciar en gráficos a continuación en este capítulo.

Figura 16: Consumo de energía eléctrica en la minería del cobre, 2001 - 2015



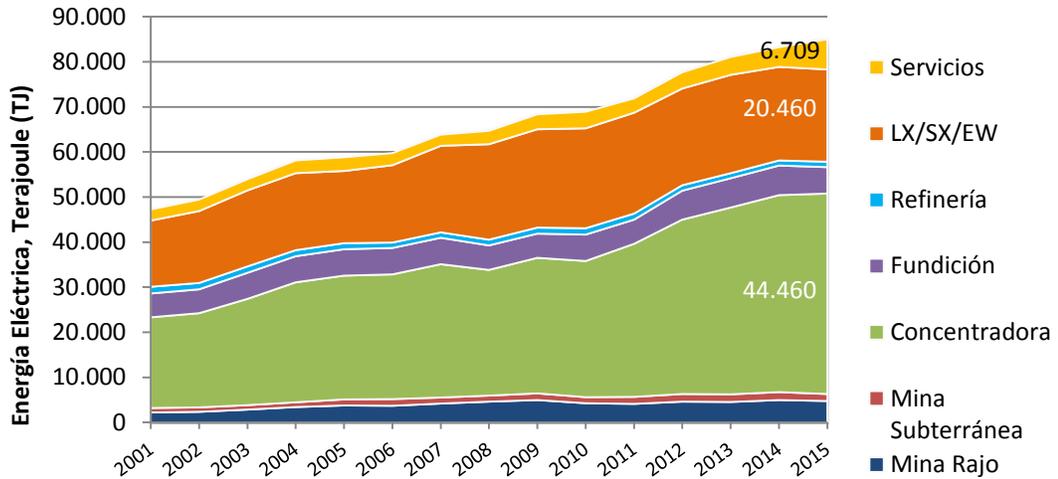
Fuente: Elaborado por Cochilco

Cuando se analiza el consumo eléctrico por proceso en la minería (Ver Figura 17), se observa que la concentradora en el año 2015, es el proceso que más demanda energía eléctrica con 44.460 TJ, lo que representa un 52% en el consumo total de energía eléctrica ese año (Ver Figura 18). Comparando con el año anterior se mantiene prácticamente igual sólo con una leve alza de 1,8% respecto del año 2014. El aumento del consumo eléctrico se relaciona con el incremento en el mineral procesado en las plantas concentradoras el cual aumentó en un 2% en el periodo 2014 – 2015. El segundo proceso de mayor consumo eléctrico en 2015 corresponde a la lixiviación la cual alcanzó un consumo total de 20.460 TJ, lo que corresponde a 24%



respecto del consumo total en energía eléctrica ese año. Comparando con el año 2014 su consumo ha disminuido unos 2% debidos en parte por la disminución de producción de cobre fino en cátodos electro obtenido la cual disminuye en un 3,6% en el periodo 2014 –2015.

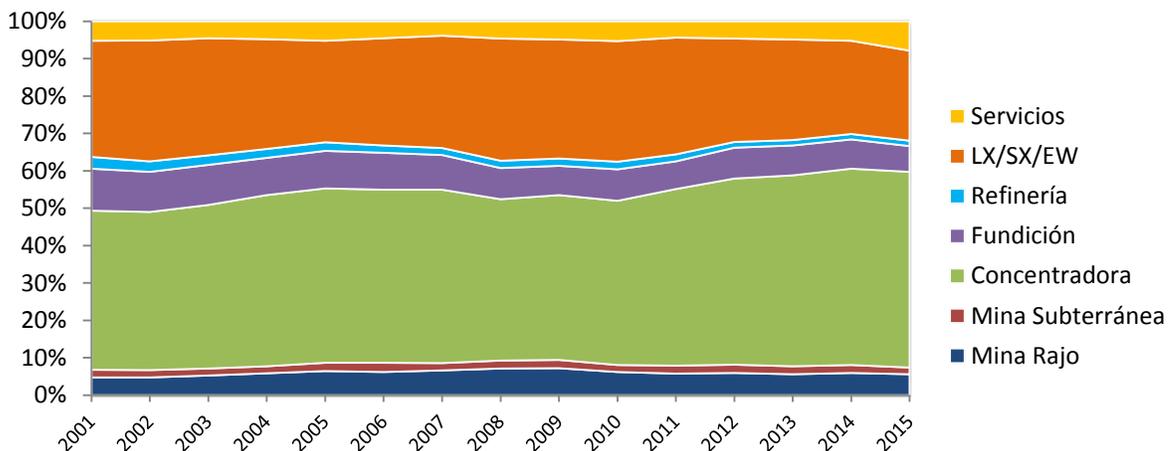
Figura 17: Consumo de electricidad por proceso minero, nivel nacional 2001 – 2015



Fuente: Elaborado por Cochilco

También, es importante destacar el consumo de electricidad alcanzado por los Servicios de 6.709 TJ en 2015, que si bien representa un 8% del total de energía eléctrica utilizada en minería del cobre, evidencia un importante incremento del 54% respecto al 2014. Cabe destacar al respecto, que desde el año 2012 se incluye en la encuesta de consumo energético el ítem de consumo eléctrico en plantas de desalinización e impulsión de agua de mar (ya sea directa o desalinizada), lo cual explica el incremento del consumo eléctrico en Servicios.

Figura 18: Participación de los procesos mineros en el consumo total de electricidad, 2001 – 2015



Fuente: Elaborado por Cochilco

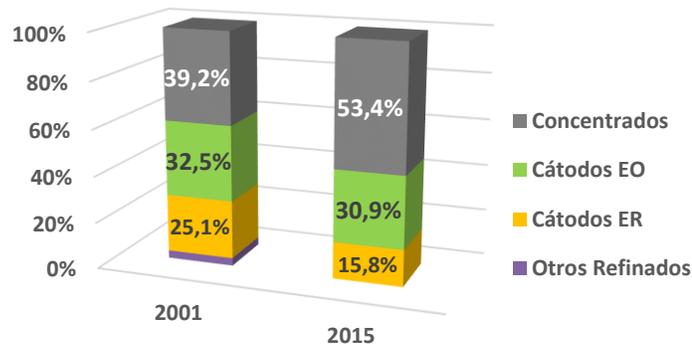
En la Figura 18 se muestra la evolución de la participación del consumo eléctrico por procesos. El proceso de mayor consumo, con un participación promedio alrededor del 50% en período 2001-2015 es la concentradora. Este proceso, ha aumentado su consumo en un 121% en el periodo 2001 – 2015, donde se



visualiza un incremento mayor a partir del año 2010. Por otro lado, se observa que la participación relativa del proceso de LXSXEW en el consumo eléctrico ha disminuido en el tiempo. Es así como el proceso LXSXEW en 2001 representaba el 31%, mientras que el año 2015 representa el 24%. Si bien el consumo de electricidad del proceso LXSXEW ha sido estable en el periodo 2008 – 2015, su participación en el consumo total de electricidad ha disminuido principalmente por el aumento en el consumo eléctrico del proceso de concentración.

Muestra de lo anterior, se observa en Figura 19 con los cambios en la cartera de productos comerciales entre el 2001 y el 2015, hacia una mayor producción de concentrados, proceso que tiene un intensivo uso de energía eléctrica lo que contribuye a una mayor intensidad de uso de energía en estos años por parte de la minería del cobre. Es así como el 2001 la producción de concentrados representaba un 39,2% de la producción total, y ya en el 2015 representa un 53,4%.

Figura 19: Cartera de Productos Comerciales de Cobre en Chile



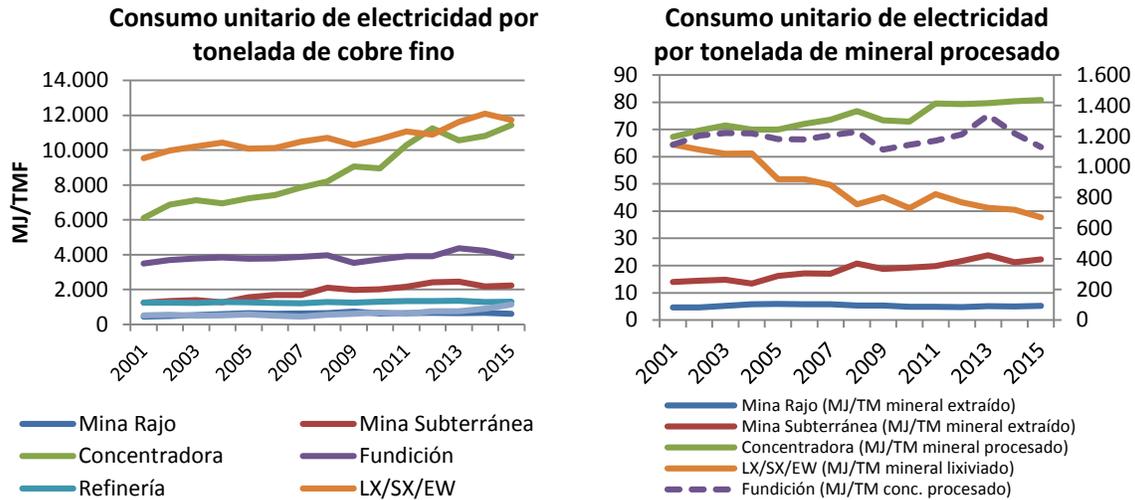
Fuente: Elaborado por Cochilco

El proceso de Servicios si bien se mantiene estable en el período 2001-2014 se observa ya en el 2015 un aumento en la participación como se explicó anteriormente, y cabe señalar al respecto, que se proyecta que el consumo de energía en este ítem siga aumentando justamente por la puesta en marcha de plantas de desalación e impulsión de agua en la minería del cobre. Los otros procesos productivos, de menor relevancia en el consumo de electricidad, han mantenido una participación relativamente estable en el periodo 2001 – 2015.

En relación a los consumos unitarios de electricidad por tonelada de cobre procesado y por tonelada de cobre fino para los diferentes procesos se muestran en Figura 20. Destacan el consumo unitario de energía eléctrica por tonelada de cobre fino en el proceso de concentración ha aumentado en un 87% en el periodo 2001 – 2015. En tanto en el proceso de LXSXEW el aumento ha sido de un 23% en el mismo periodo.



Figura 20: Consumo unitario de electricidad por tonelada de cobre fino contenido y por tonelada de mineral procesado



Fuente: Elaborado por Cochilco

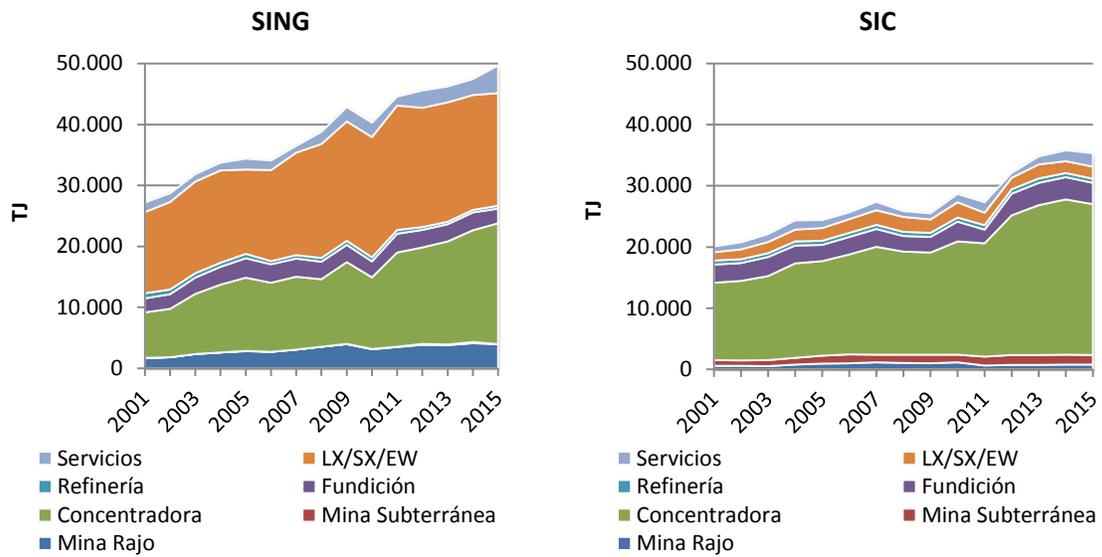
Por último, cuando se analiza el consumo unitario de electricidad por tonelada de mineral procesado en el periodo 2001-2015 el proceso que más evidencia aumento es el proceso de explotación en mina subterránea del 59% respecto al 2001. El segundo proceso que evidencia un importante aumento es el de la concentradora con un 20% de incremento respecto al 2001. En este sentido, cuando se analiza el consumo unitario por mineral tratado de la planta concentradora en los últimos 4 años, se alcanza un promedio de un 80 MJ/TM de mineral procesado. El caso del proceso de LXSXEW, en el período 2001 - 2015 presenta una disminución en el consumo unitario por mineral procesado de 42%, básicamente por la disminución de procesamiento de minerales de baja ley lixiviados por las faenas mineras. Los otros procesos productivos, han mantenido consumos unitarios relativamente estables en el periodo 2001 – 2015.

5.2. Consumo eléctrico de la minería del cobre en el sistema interconectado del norte grande y en el sistema interconectado central

El consumo de electricidad en el Sistema Interconectado del Norte Grande (SING) fue de 49.700 TJ que representa un 58% del consumo total de energía eléctrica consumido por la minería del cobre, mientras que en el Sistema Interconectado Central (SIC) fue de 35.319 TJ en el año 2015 (42%). Con respecto al consumo de electricidad del año 2014, se evidencia que el SING tuvo un leve aumento de un 5%, mientras que el consumo en el SIC se mantuvo prácticamente, si con un 1% menos en su consumo en el periodo 2014 – 2015.

En el SING los procesos de mayor consumo eléctrico en el año 2015, corresponden al proceso de Concentración con 19.819 TJ y al proceso de LXSXEW con un consumo de 18.480 TJ. Es así como la Concentración en el año 2014 aumentó su consumo en un 8% respecto del año 2014 y el proceso de LXSXEW disminuyó del 2% respecto del consumo en el año 2014. (Ver Figura 22)

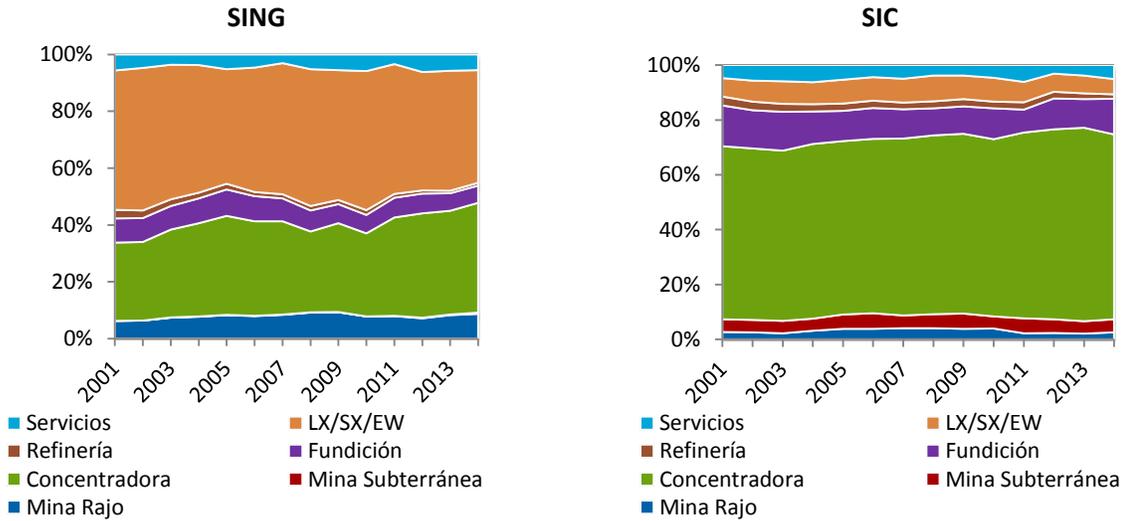
Figura 21: Evolución del consumo de electricidad por procesos en SIC y SING



Fuente: Elaborado por Cochilco

En tanto en el SIC el mayor consumo de energía eléctrica es del proceso de Concentración con 24.641 TJ en 2015; lo que representa una disminución del 3% respecto del año 2014.

Figura 22: Evolución de la participación de energía eléctrica por procesos en SING y SIC



Fuente: Elaborado por Cochilco

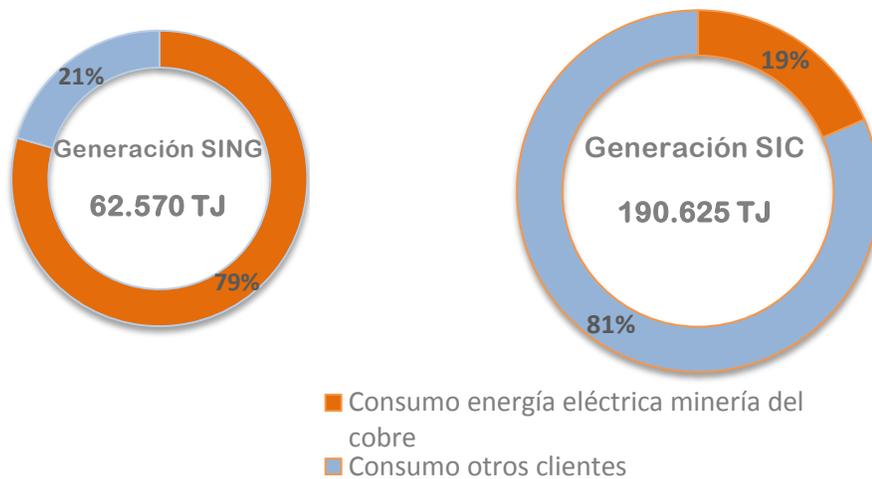
Al analizar la evolución de las participaciones por procesos en el SING y SIC en el periodo 2001-2015, se observa que en el caso del SING la participación del proceso de Concentración ha aumentado de un 28% en el 2001 a 40% en el año 2015, por otro lado, el proceso de LXSXEW el año 2001 alcanzó una participación de



un 49%, disminuyendo hasta alcanzar un 37% en 2015. Para el caso de la participación en el consumo de electricidad por procesos en el SIC, el consumo de mayor importancia siempre ha sido el de la Concentración, ya en 2001 alcanzaba una participación de un 63%, y aumenta hasta alcanzar una participación del 70% en el año 2015. El proceso que le sigue en importancia de participación en el consumo eléctrico en el SIC es la Fundición, que ha ido disminuyendo su participación desde el 14,8% en 2001 hasta un 10% en el año 2015. (Ver Figura 22)

A nivel nacional, el sistema SING generó 62.570 TJ en el año 2015, de los cuales el 79% fue consumido por la industria minera del cobre, en tanto el sistema SIC generó 190.625 TJ de los cuales el 19% fue consumido por la minería del cobre.

Figura 23: Participación del consumo energía eléctrica minería del cobre en sistemas SING y SIC 2015



Fuente: Elaborado por Cochilco en base a información Anuarios CDEC SING - CDEC SIC, 2015

6. Comentarios finales

Hoy en día se necesita más energía para producir la misma cantidad de cobre fino que hace 15 años. Esta tendencia se espera continúe a futuro, tanto por temas estructurales que enfrenta la minería del cobre como por el envejecimiento de las minas que implica un aumento en la demanda de energía, como por el escenario restrictivo en materia hídrica en el que se desarrolla esta industria. Este último fenómeno ha impulsado la incorporación del uso de agua de mar en los procesos productivos mineros, desalinizada o directa, que en el primer caso implica el consumo energético de la planta desalinizadora y en ambos casos involucra el gasto energético de subir el agua a las faenas. Asimismo, el cambio en el mix de productos comerciales del cobre, con tendencia a una mayor producción de concentrados de cobre, debido a que los minerales lixiviables de superficie se están agotando, ha dado paso a mayor procesamiento de minerales sulfurados, proceso que tiene un uso más intensivo de energía eléctrica y de agua.

Hoy el escenario de suministro energético en el país se presenta más favorable para el desarrollo de la minería del cobre que años anteriores, en términos de que ha habido una tendencia a la baja en precios de combustible y energía eléctrica y de que el sistema ha dado pasos para avanzar hacia una mayor seguridad en el abastecimiento, por ejemplo con la construcción del proyecto Cardones-Polpaico y una serie de otros proyectos en construcción para concretar la Interconexión SING-SIC.

No obstante lo anterior, igualmente constituye un desafío para la minería del cobre poder mantener y/o reducir su consumo unitario de energía en el tiempo, por ello es importante que la industria minera del cobre siga incrementando la eficiencia energética en aquellas faenas que ya han comenzado en esta senda y desarrollar esta línea de trabajo en las faenas donde no se ha realizado aún.

Cabe indicar que este escenario energético favorable, corresponde entre diversos factores, a un ciclo de precios bajos de la energía, que habrá que analizar si se mantendrá al largo plazo y a una menor demanda de energía por la suspensión de proyectos mineros, fenómeno que no se prevé se mantenga en el tiempo. Al respecto, aquellas compañías que se encuentran trabajando en materia de eficiencia energética con una mirada de largo plazo podrán enfrentar de mejor manera cualquier incremento de precios de la energía en el futuro.

Por ello el compromiso y colaboración entre las propias empresas mineras y dentro de sus divisiones, con la eficiencia energética es relevante, ya que permitirá la transferencia de mejores prácticas en este ámbito, fortaleciendo el negocio minero.

Es así que nos encontramos en el punto en que podemos considerar a la demanda de energía que genera y generará la minería del cobre, como un incentivo para el Estado de seguir fortaleciendo las políticas nacionales de energía, en términos de diversificar la matriz energética, fortalecer la penetración de las Energías renovables No Convencionales e incrementar la eficiencia energética, para el sector minero.



7. Glosario

A continuación se presenta la terminología usada:

2.1 ENERGÍA: Es el tipo de energía utilizada en cada uno de los procesos identificados dentro de la producción minera. Se identifican dos fuentes principales: electricidad y combustibles. En este informe además, se identifica el concepto de energía como la suma de la energía utilizada en combustibles y la electricidad utilizada.

2.1.1 Combustibles: Corresponde al conjunto de combustibles utilizados en la minería para la generación de energía. Los combustibles considerados son: Carbón, Gasolina, Diesel, Enap 6, Kerosene, Gas Licuado, Gas Natural, Leña, Butano, Nafta y Propano. En el presente informe el consumo de combustible se entrega en unidades equivalentes de energía (Terajoules) considerando el proceso de generación y el rendimiento energético del mismo.

2.1.2 Electricidad: Considera la energía eléctrica consumida por la industria minera del cobre desde el Sistema Interconectado del Norte Grande (SING) y el Sistema Interconectado Central (SIC).

2.2 PROCESOS: Se entienden por procesos como aquellas etapas productivas en la minería, claramente identificables, requeridas y separables de acuerdo a especificidad de las tareas para llevar a cabo la producción minera.

2.2.1 Mina Rajo: Se entiende como el conjunto de procesos unitarios necesarios para la extracción del mineral (mena) desde una faena minera a rajo abierto para su posterior procesamiento y recuperación del mineral. Algunos de los principales procesos son: perforación y tronadura, transporte, carguío, chancado primario, entre otros. (Considera hasta el proceso unitario de Chancado Primario).

2.2.2 Mina Subterránea: Se entiende como el conjunto de procesos unitarios necesarios para la extracción de mineral desde una faena minera subterránea, utilizando cualquier método de explotación subterránea, para su posterior procesamiento y recuperación del mineral. Algunos de los principales procesos considerados son: perforación y tronadura, transporte, carguío, chancado primario, entre otros.

2.2.3 Concentradora: Considera todos los procesos unitarios, posteriores al chancado primario, involucrados en la producción de concentrado de cobre. Los principales procesos considerados son: Plantas Chancado, Molienda Tradicional, Molienda S.A.G., Concentración (Flotación), Filtrado, entre otros.

2.2.4 LXSXEW: Considera los procesos unitarios hidrometalúrgicos involucrados en la producción de cátodos electroobtenidos. Los principales procesos involucrados son: Aglomeración, Lixiviación ROM, Lixiviación HEAP, Extracción por Solventes y Electroobtención.

2.2.5 Fundición: Considera todos los procesos unitarios involucrados en la producción de cobre blister a partir de concentrados de cobre. Los principales procesos considerados son: Secado, Fusión (hornos), Conversión, Pirorefinación (refino y moldeo), entre otros.



2.2.6 Refinería: Corresponde al proceso físico de electrólisis con el cual se obtienen cátodos de cobre de alta pureza.

2.2.7 Servicios: Corresponde a aquellas actividades que no se encuentran involucradas en los procesos productivos unitarios de la cadena de valor principal, pero que son necesarias para el desarrollo de la minería y poseen consumo energético de importancia como lo son: consumo energético en talleres, en campamentos, impulsión y desalación de agua, entre otros.



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

Rosana Brantes Abarca

Analista de Estudios y Políticas

Jorge Cantallopts Araya

Director de Estudios y Políticas Públicas

Julio / 2016

