

Comisión Chilena del Cobre  
Unidad de Asuntos Internacionales y Medio Ambiente

**COEFICIENTES UNITARIOS DE CONSUMO DE ENERGIA  
DE LA MINERIA DEL COBRE. 1995 - 2004**

© Registro de Propiedad Intelectual N° 152.178

## RESUMEN EJECUTIVO

En el presente estudio se analiza la evolución de los consumos energéticos, combustibles y energía eléctrica del sector minería del cobre cubriendo el período 1995 – 2004.

Este trabajo cumple varios objetivos. El primero de ellos es contar con información actualizada, que permita visualizar la forma en que han evolucionado en la década, producto de cambios tecnológicos, cambios en la cartera de productos comercializables u otros factores los consumos energéticos del sector.

La información recopilada permitirá también realizar un estudio adicional, donde se determinarán, por una parte, las emisiones globales de gases de efecto invernadero del sector minería del cobre en Chile, y por otra las emisiones unitarias de GEI para los productos comerciales del sector. En este mismo ámbito, el estudio constituye un aporte para la elaboración de la Segunda Comunicación Nacional sobre Cambio Climático, que Chile debe entregar a la Secretaría del Convenio en el año 2007.

Además, la información global generada se compartirá con la Comisión Nacional de Energía, organismo que ha desarrollado Indicadores de Eficiencia Energética agregados y sectoriales, para evaluar el uso de los recursos energéticos desde el punto de vista de su eficiencia, de manera de estimar el potencial de ahorro de energía. Para evaluar la evolución de la eficiencia energética se debe contar con información actualizada periódicamente, que sirva de respaldo para la elaboración de las correspondientes Políticas Públicas.

Finalmente, el trabajo busca también poner a disposición de la comunidad internacional un conjunto de información que supla las deficiencias y carencias que existen en materia de consumo energético en la industria primaria del cobre. La insuficiencia de información disponible sobre la materia quedó relevada en un informe que se preparó en el contexto del proyecto “Mining, Minerals and Sustainable Development (MMSD)”.<sup>1</sup>

Para abordar el trabajo se ha conceptualizado el proceso de obtención del cobre definiendo las diversas áreas, etapas y procesos que generan flujos de materiales característicos, cuyo volumen va decreciendo a medida que se avanza en el grado de refinación del producto.

Con las definiciones se generó una encuesta que fue enviada a todas las principales empresas productoras y refinadoras. La encuesta fue segmentada y específica, considerando las áreas, etapas y procesos característicos de cada una de las empresas, de acuerdo al conocimiento que de ellas tiene la Comisión Chilena del Cobre.

---

<sup>1</sup> “Energy and Sustainable Development in the Mining and Minerals Industries”, K.R. Róbago, A.B. Lovins & T.E. Feiler. Rocky Mountain Institute, Colorado, USA.

La encuesta se enfocaba a obtener información, lo más desagregada posible, respecto de consumos de energía (energía eléctrica y combustibles), flujo de materiales inter áreas, tecnologías, producción en cada etapa, generación y disposición de residuos, entre otros antecedentes.

Con la información proporcionada por las empresas, que cubre un 99% de la producción de cobre de Chile del año 2004, respecto de consumo de combustibles y energía eléctrica en cada una de las áreas de la producción de cobre, en el período considerado en el estudio, se calculó para cada área y cada faena los Coeficientes Unitarios Específicos para cada uno de los combustibles utilizados y la energía eléctrica, tanto por unidad de material tratado, como por unidad de material producido y cobre fino contenido en el material tratado.

Los Coeficientes Globales respectivos se determinaron en base a los poderes caloríficos específicos superiores<sup>2</sup> de cada uno de los combustibles. Luego, se determinó para cada año el promedio ponderado del Coeficiente Unitario Global de cada una de las áreas del proceso de producción de cobre en Chile.

Es importante destacar, que los valores corresponden al promedio ponderado de los valores individuales de aquellas faenas mineras que informaron consumo de energía (combustibles y/o energía eléctrica) en el período.

Los resultados obtenidos se muestran en las tablas siguientes:

### COEFICIENTES UNITARIOS GLOBALES DE CONSUMO DE COMBUSTIBLES POR AREAS

	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
<b>Mina Rajo</b> (MJ / TMF en mineral)	4.739,8	4.379,1	4.128,8	4.213,8	3.885,5	3.984,6	4.323,1	4.654,8	4.491,0	4.464,8
<b>Mina Subterránea</b> (MJ / TMF en mineral)	587,1	524,7	424,8	481,9	549,9	753,3	667,9	705,3	715,6	712,6
<b>Concentradora</b> (MJ / TMF en concentrado)	341,9	259,4	225,3	246,0	217,6	191,6	222,5	188,8	204,4	182,6
<b>Fundición</b> (MJ / TMF en ánodos)	9.901,6	9.168,3	8.557,3	7.910,0	6.925,0	7.189,4	6.375,0	5.608,8	5.382,1	4.985,8
<b>Refinería</b> (MJ / TMF en cátodos ER)	1.254,4	1.225,3	948,3	953,3	1.260,2	1.267,9	936,8	1.028,3	1.035,8	1.093,7
<b>LX / SX / EW</b> (MJ / TMF en cátodos SX-EW)	3.139,9	2.998,1	2.469,2	2.406,7	3.662,1	3.612,1	2.360,3	2.401,9	2.694,5	2.756,5
<b>Servicios</b> (MJ / TMF total producido)	349,1	270,9	264,6	364,9	273,5	294,1	357,7	377,0	510,8	321,4

**MJ:** Megajoule

**Fuente:** Elaborado por la Comisión Chilena del Cobre

<sup>2</sup> Balance Nacional de Energía 1979 – 1998 Chile. Comisión Nacional de Energía.

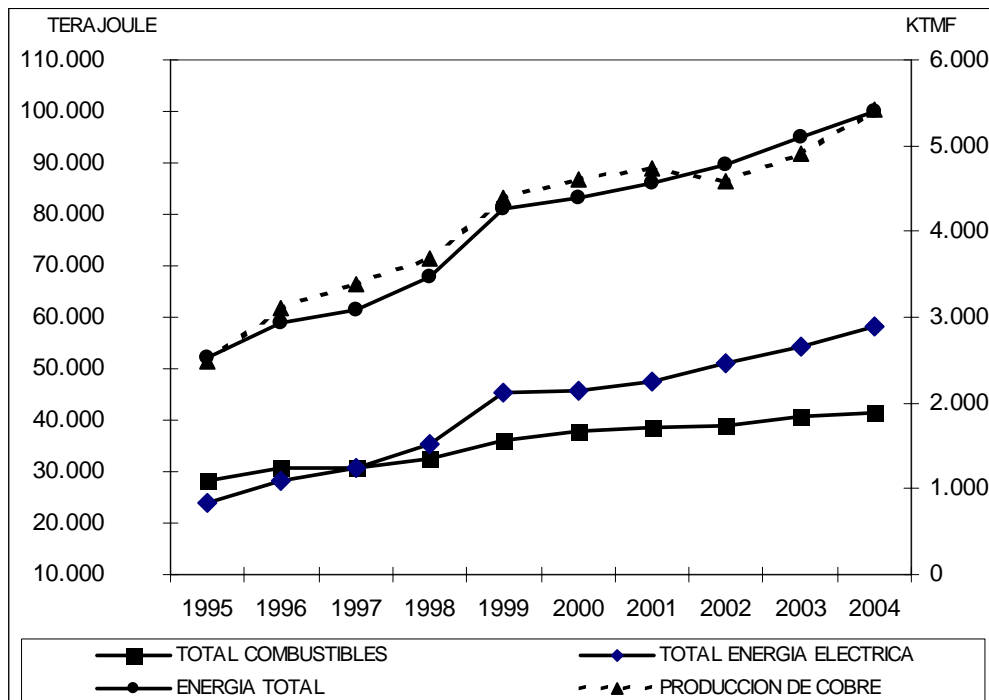
## COEFICIENTES UNITARIOS DE CONSUMO DE ENERGIA ELECTRICA POR AREAS

	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
<b>Mina Rajo</b> (MJ / TMF en mineral)	750,0	710,3	581,2	585,8	539,2	453,5	437,5	473,9	534,1	579,7
<b>Mina Subterránea</b> (MJ / TMF en mineral)	1.023,5	973,7	895,4	938,3	1.152,2	1.195,2	1.435,7	1.566,0	1.502,5	1.353,5
<b>Concentradora</b> (MJ / TMF en concentrado)	5.564,1	5.023,9	5.067,3	5.452,3	5.816,4	6.146,4	6.213,0	6.996,1	7.244,5	7.037,8
<b>Fundición</b> (MJ / TMF en ánodos)	2.706,4	2.631,3	2.817,4	3.036,3	3.227,7	3.303,6	3.494,1	3.694,0	3.792,0	3.836,2
<b>Refinería</b> (MJ / TMF en cátodos ER)	1.195,5	1.200,9	1.205,9	1.210,1	1.240,9	1.251,2	1.234,8	1.232,0	1.226,7	1.265,2
<b>LX / SX / EW</b> (MJ / TMF en cátodos SX-EW)	10.849,1	9.904,7	9.520,2	9.650,1	9.844,1	10.101,0	9.621,7	9.976,7	10.255,6	10.428,6
<b>Servicios</b> (MJ / TMF total producido)	459,5	466,0	432,1	488,4	455,1	423,2	457,2	482,8	431,2	451,1

**Fuente:** Elaborado por la Comisión Chilena del Cobre

En base a estos coeficientes unitarios globales de consumo de combustibles y energía eléctrica determinados para cada área del proceso de obtención del cobre y las producciones intermedias estimadas en cada área, se realizó una estimación de los consumos de energía, tanto combustibles como energía eléctrica, para el total del sector minero del cobre, lo que incluye la producción de subproductos. Además, se calculó un Coeficiente Unitario Global promedio para la minería del cobre.

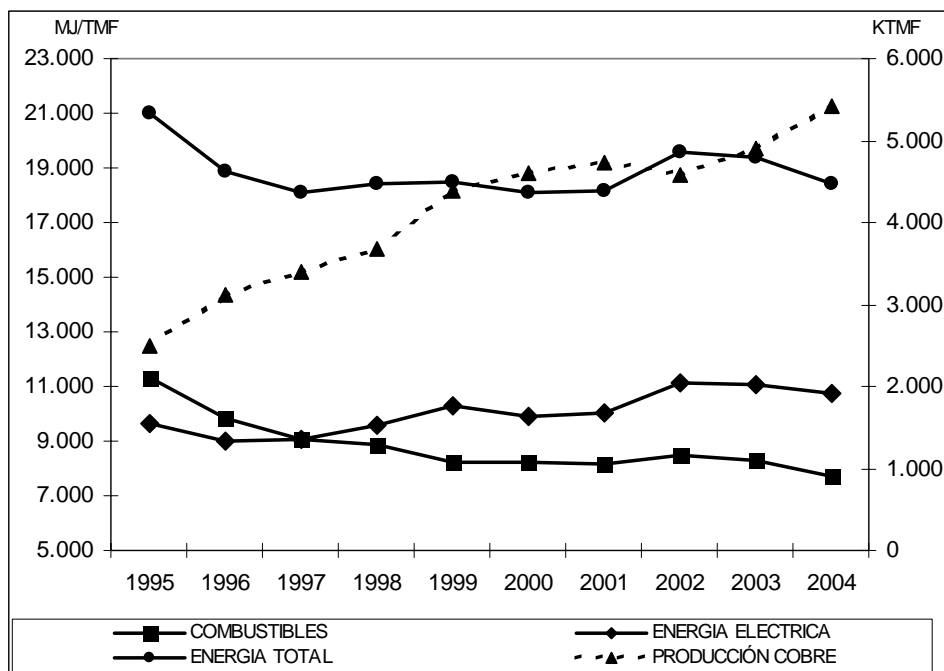
### CONSUMO DE ENERGIA MINERIA DEL COBRE 1995 – 2004



Como se puede observar en el gráfico anterior, el consumo de energía total del sector minería del cobre habría crecido entre los años 1995 y 2004 en un 91%. Cabe destacar

que, en el mismo período, la producción de cobre fino del país aumentó en un 117,5%. El consumo de energía como combustibles habría aumentado en la década en un 47,3%, mientras que el consumo de energía eléctrica se habría incrementado en un 142,4%.

### CONSUMOS UNITARIOS GLOBALES DE LA MINERIA DEL COBRE 1995 - 2004



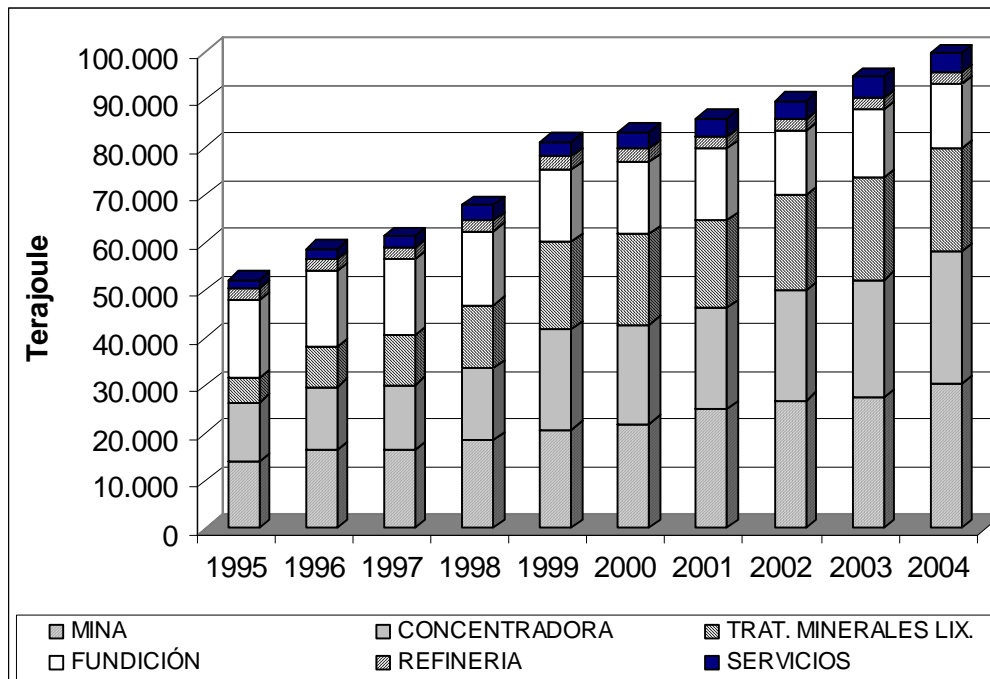
Los coeficientes unitarios globales de consumo de combustibles muestran una tendencia decreciente sistemática, reduciéndose en el período en un 32,3%. En el caso de la energía eléctrica, el comportamiento es en el sentido opuesto, aumentando en el período en un 11,5%.

La suma de los comportamientos individuales de los coeficientes unitarios de consumo de combustibles y energía eléctrica resulta en una curva relativamente estable, cuyo valor promedio, excluyendo el año 1995, es de 18.625 MJ/TMF.

Los resultados anteriores se explican básicamente por cambios en la cartera de productos comercializables y cambios tecnológicos. Entre los años 1995 y 2004 la producción de cátodos SX-EW aumentó en un 339%, mientras que la producción de cobre proveniente de minerales sulfurados lo hizo sólo en un 78,5%, incrementándose en un 175% la cantidad de concentrados comercializados como tal. Entre los principales cambios tecnológicos está la detención de los hornos reverbero, la instalación de sistemas de captación y manejo de gases, las plantas de ácido sulfúrico, las plantas de oxígeno, el secado mecánico de concentrados, y la tendencia creciente a utilizar equipamientos de gran tamaño. Adicionalmente, en el período se inicia la puesta en marcha de proyectos que utilizan la lixiviación para el tratamiento de sulfuros secundarios.

Finalmente, se realizó un análisis de la participación en el consumo de energía de cada una de las áreas definidas del proceso de producción. En los siguientes gráficos se muestra la evolución de los consumos de las distintas áreas en el período.

### CONSUMO TOTAL DE ENERGIA POR AREA



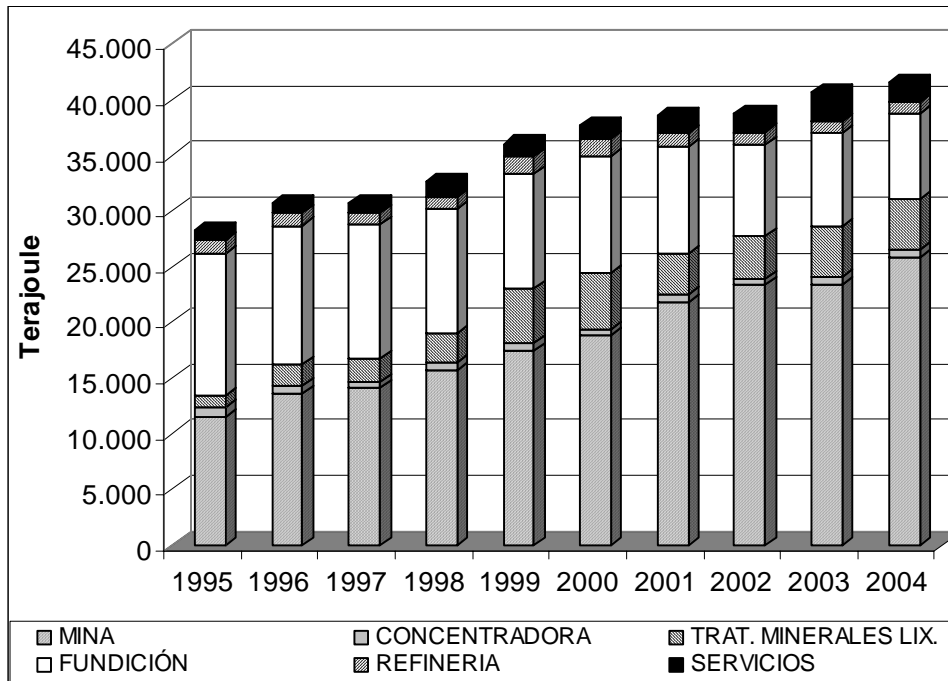
Las cuatro áreas del proceso de producción del cobre en Chile que consumen alrededor del 93% del total de la energía consumida por el sector son: la explotación minera, la concentración de minerales sulfurados de cobre, el tratamiento de minerales lixiviables y la fundición de concentrados, incluidas las plantas de ácido sulfúrico.

El hecho más relevante es que entre el año 1995 y 2004 el área de fundición ha disminuido su participación relativa en el consumo total de energía del sector desde un 30,9% a un 13,5%, mientras que el tratamiento de minerales lixiviables aumentó de un 10% a un 21,6%.

El área de refinera electrolítica tiene una baja participación en el consumo total de energía de la minería del cobre, disminuyendo de un 4,6% en 1995 a un 2,5% en el 2004, producto de la reducción de la participación de los cátodos ER en la canasta de productos comercializables.

El área de servicios mantiene una participación relativamente estable en torno al 4% durante todo el período.

## CONSUMO DE COMBUSTIBLES POR AREA

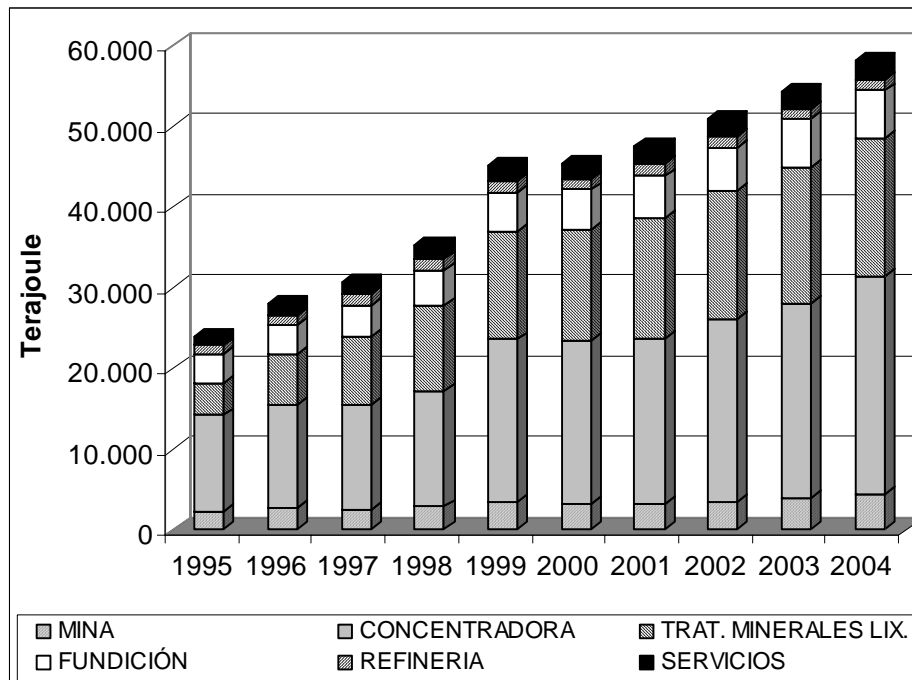


En el año 1995 el área de fundición de concentrados consumía el 45% del total de los combustibles consumidos por la minería del cobre, sin embargo, su participación fue disminuyendo a través de los años debido a los cambios tecnológicos que experimentaron las fundiciones, y en el año 2004 consumió sólo el 18,3% del total de combustibles.

Por su parte, la explotación minera, que inicialmente consumía alrededor del 41% de los combustibles, fue incrementando su participación hasta alcanzar el 62,2% en el año 2004. Lo anterior se debe fundamentalmente a que las nuevas minas que han entrado en operación en el período son de rajo abierto, y a que, a medida que avanza la explotación de este tipo de minas, las distancias y pendientes de acarreo, tanto de los minerales como de los materiales estériles van aumentando, con el consiguiente aumento de consumo de combustibles en camiones.

El tratamiento de minerales lixiviables también aumenta su participación en el consumo de combustibles de la minería del cobre de un 4% a un 11%.

## CONSUMO DE ENERGIA ELECTRICA POR AREAS



Al analizar el consumo de energía eléctrica de la minería del cobre destaca el hecho que la concentración de minerales sulfurados consume prácticamente la mitad del total de la energía eléctrica consumida por el sector, aunque ha disminuido su participación desde un 49,5% en 1995 a un 46,4% en el año 2004.

Otro hecho relevante es el importante aumento de participación en el consumo del área de tratamiento de minerales lixiviables, de un 16,8% en 1995 a un 29,3% en el 2004. Esto se debe al fuerte incremento en la producción de cobre a partir de este tipo de minerales, y a que las distintas etapas del procesamiento son fundamentalmente consumidoras de energía eléctrica (bombeo de soluciones en la etapa de lixiviación y extracción por solvente, y la electrodeposición).

La fundición de concentrados, no obstante la instalación de sistemas de captación y manejo de gases, plantas de oxígeno y plantas de ácido, que son consumidores de energía eléctrica, disminuye su participación desde un 14,4% a un 10,1%.

La refinería electrolítica, aunque también es fundamentalmente consumidora de energía eléctrica, disminuye su participación de un 4,8% a un 2,3%.

Los patrones de consumo de energía de la minería del cobre también cambiaron fuertemente en el período de 10 años. En 1995 un 54% del total de la energía consumida por el sector correspondía a combustibles, mientras que en el año 2004 la energía eléctrica daba cuenta de un 58% del consumo total.



Al analizar el consumo final de productos energéticos en el país (esto es en la forma apta para su utilización final, lo que significa que la energía eléctrica incluye hidro y termoelectricidad), del total de la energía consumida en el año 2003<sup>3</sup> un 18,9% correspondió a energía eléctrica y un 81,1% a una variada gama de combustibles. En cambio, el consumo de la minería del cobre es significativamente más intensivo en el uso de la energía eléctrica que el promedio nacional, con un 57,3% (58,3% en el 2004) del consumo en energía eléctrica y un 42,7% en combustibles en el año 2003.

Los principales combustibles consumidos por la minería del cobre son: petróleo Diesel (69%), Enap 6 (15%) y Gas Natural (13%), siendo marginal la participación de los otros combustibles (carbón, kerosene, gas licuado y gasolinas).

En cuanto a la participación de la minería del cobre en el consumo final del país por tipo de energía, las empresas del sector consumieron en el año 2003 un 34,1% del total de la energía eléctrica consumida por el país y sólo un 5,9% del total de combustibles.

Un análisis interesante desde el punto de vista de la sustentabilidad, es comparar los consumos específicos de energía para producir una tonelada de cátodos ER provenientes de mineral sulfurado, que utiliza la vía pirometalúrgica, con cátodos SX-EW, que se producen por la vía hidrometalúrgica.

Para efectos de este análisis se utilizó la información de faenas que sólo producen cátodos ER o cátodos SX-EW. Considerando el promedio de los últimos 4 años, y un volumen promedio agregado de producción de 919.000 TM de cátodos SX-EW, se obtiene un coeficiente unitario de 19.014 Megajoule/TMF para dicho tipo de cátodos. En el caso de los cátodos ER, el volumen de producción promedio agregado fue de 1.117.000 TM, y el coeficiente unitario resultante es 24.477 Megajoule/TMF. Esto indicaría que, desde el punto de vista de consumo de energía, la producción de cátodos SX-EW es más sustentable que la producción de cátodos ER.

Para dimensionar el impacto que significaría una cartera de productos comercializables 100% refinados se realizó para el año 2004 una estimación del consumo adicional de energía necesario para llevar el total de la producción de cobre a refinado, esto es, procesar el blister y concentrados que se vendieron como tal. Lo anterior significaría incrementar el consumo de energía del año 2004 del sector cobre en un 25%. Este porcentaje se desagrega en un incremento de un 19,7% para el caso de la energía eléctrica y de un 32,7% para los combustibles.

---

<sup>3</sup> Se utiliza el año 2003 debido a que el Balance de Energía correspondiente al año 2004 no se encuentra disponible.

## 1. ANTECEDENTES GENERALES

En el año 1998 la Comisión Chilena del Cobre realizó un estudio respecto de los consumos energéticos de la minería del cobre, el que abarcó los años 1993 y 1994, y que estaba orientado a recopilar información de respaldo para la elaboración del Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero.

Producto de las dificultades que se encontraron para obtener información que permitiera estimar, en forma confiable, los consumos energéticos del sector en los próximos años, como así mismo dimensionar el efecto que los cambios tecnológicos acaecidos en la segunda mitad de la década de los 90 habían tenido en dicho consumo, COCHILCO, en el año 2000 realizó un nuevo estudio<sup>4</sup> que abarcó el período 1990 – 1998, incluyendo información entregada por un conjunto de faenas de la minería del cobre, que representaba el 84% de la producción del año 1998.

En el año 2002, en el contexto del Acuerdo Marco de Producción Limpia Sector Gran Minería – Uso Eficiente de Energía, se complementó el estudio anterior con información proporcionada para los años 1999 y 2000 por las empresas de la Gran Minería del Cobre asociadas al Consejo Minero<sup>5</sup>.

En el presente estudio se analiza la evolución de los consumos energéticos, combustibles y energía eléctrica del sector minería del cobre cubriendo el período 1995 – 2004.

Este trabajo cumple varios objetivos. El primero de ellos es contar con información actualizada, que permita visualizar la forma en que han evolucionado en la década, producto de cambios tecnológicos, cambios en la cartera de productos comercializables u otros factores los consumos energéticos del sector.

La información recopilada permitirá también realizar un estudio adicional, donde se determinarán, por una parte, las emisiones globales de gases de efecto invernadero del sector minería del cobre en Chile, y por otra las emisiones unitarias de GEI para los productos comerciales del sector. En este mismo ámbito, el estudio constituye un aporte para la elaboración de la Segunda Comunicación Nacional sobre Cambio Climático, que Chile debe entregar a la Secretaría del Convenio en el año 2007.

Además, la información global generada se compartirá con la Comisión Nacional de Energía, organismo que ha desarrollado Indicadores de Eficiencia Energética agregados y sectoriales para evaluar el uso de los recursos energéticos desde el punto de vista de su eficiencia, de manera de estimar el potencial de ahorro de energía. Para evaluar la evolución de la eficiencia energética se debe contar con información

---

<sup>4</sup> “Consumos de Energía en la Minería del Cobre 1990 – 1998”, Comisión Chilena del Cobre.  
[http://www.cochilco.cl/desarrollo/fr\\_estudios.html](http://www.cochilco.cl/desarrollo/fr_estudios.html)

<sup>5</sup> AMPL – Uso Eficiente de Energía. Consejo Minero.  
<http://www.consejominero.cl/biblioteca/biblioteca.asp>

actualizada periódicamente, que sirva de respaldo para la elaboración de las correspondientes Políticas Públicas.

Finalmente, el trabajo busca también poner a disposición de la comunidad internacional un conjunto de información que supla las deficiencias y carencias que existen en materia de consumo energético en la industria primaria del cobre. La insuficiencia de información disponible sobre la materia quedó relevada en un informe que se preparó en el contexto del proyecto “Mining, Minerals and Sustainable Development (MMSD)”.<sup>6</sup>

## **2. METODOLOGIA**

En este estudio se aplica la misma metodología utilizada en los estudios anteriores, donde se conceptualizó de manera simplificada el proceso de obtención del cobre, definiendo las diversas áreas que generan flujos de materiales característicos, cuyo volumen va decreciendo a medida que avanza el grado de refinación del producto.

Se definieron las siguientes áreas: mina, separadamente rajo y subterránea; concentradora; fundición; refinera electrolítica; tratamiento de minerales lixiviables, que incluye lixiviación, extracción por solventes y electroobtención; y servicios.

La información recopilada corresponde a los consumos de energía y flujos de materiales de 30 faenas de la minería del cobre (ver detalle en Anexo I), que en el año 2004 representa el 99,2% de la producción total de cobre fino del país.

Para cada una de las operaciones mineras y para cada una de las áreas se calculó el Coeficiente Unitario Específico de consumo de cada uno de los combustibles (Kg, m<sup>3</sup> o TM por tonelada métrica de cobre fino producido) y luego un Coeficiente Unitario Global de consumo de combustibles (Megajoule por tonelada métrica de cobre fino producido), en base a los poderes caloríficos específicos<sup>7</sup> de cada uno de ellos. En el caso de la energía eléctrica, se calculó el Coeficiente Unitario Específico correspondiente (KWh y Megajoule por tonelada métrica de fino producido).

Los valores unitarios de cada una de las faenas mineras se ponderaron en base a la producción respectiva, para obtener un valor promedio sectorial representativo de cada una de las áreas de producción del cobre.

Con los valores unitarios obtenidos para cada año y para cada área se estimaron los consumos totales de energía (combustibles y energía eléctrica), del sector minería del cobre, en base a los antecedentes disponibles en COCHILCO respecto de producción de cobre en cada una de las áreas del proceso.

Es importante destacar que los valores de los Coeficientes Unitarios para el período 1995 – 2000 del estudio del Consejo Minero no son comparables con los de este

---

<sup>6</sup> “Energy and Sustainable Development in the Mining and Minerals Industries”, K.R. Róbago, A.B. Lovins & T.E. Feiler. Rocky Mountain Institute, Colorado, USA.

<sup>7</sup> Balance Nacional de Energía 1979 – 1998 Chile, Anexo A. Comisión Nacional de Energía.

estudio, porque el trabajo del Consejo Minero cubre un universo más restringido de operaciones mineras, esto es, sólo las empresas afiliadas a esta asociación gremial.

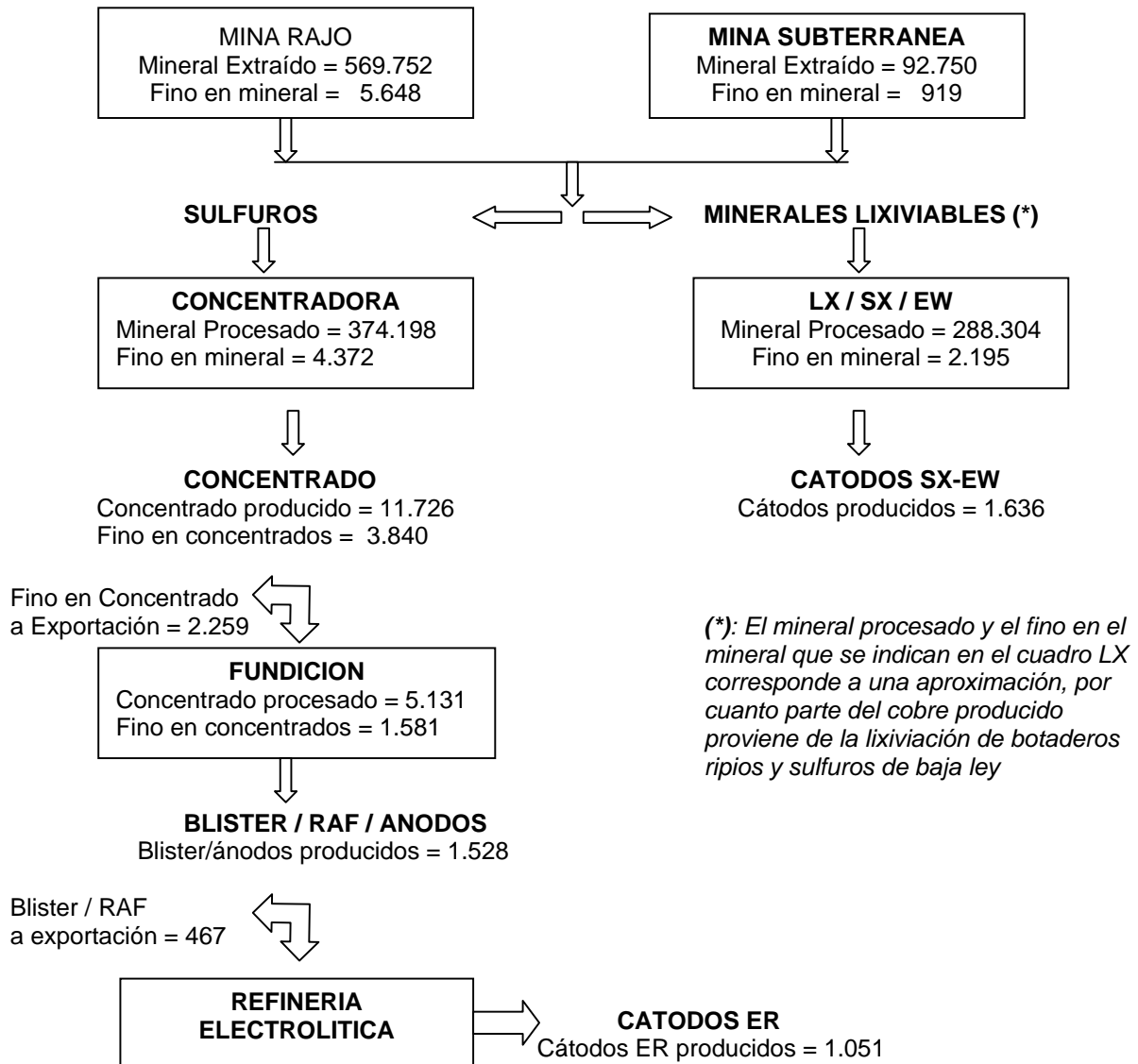
### **3. CALCULO DE COEFICIENTES UNITARIOS POR AREAS**

#### **3.1. Flujo de Tratamiento de Materiales Totales**

En base a la información entregada por las faenas mineras respecto de mineral extraído, razón lastre / mineral, tipo de mineral procesado, tipo de faena minera, tipos y volúmenes de productos, leyes de mineral, etc., se generó el flujo de materiales principales para cada año considerado en el estudio.

El siguiente diagrama simplificado (Figura N° 1) permite visualizar en forma global los flujos de materiales en cada una de las áreas para el año 2004. Las cifras consideran las variaciones de stocks y las recuperaciones características de cada una de las áreas.

**FIGURA N° 1**  
**FLUJO DE MATERIALES AL AÑO 2004**  
**(cifras en miles de toneladas métricas)**



### 3.2.1 Area Mina a Rajo Abierto (86% producción total mina)

En el siguiente Cuadro N° 1 se muestran los Coeficientes Unitarios Globales promedio ponderado de las minas a rajo abierto que informaron consumo de combustibles y energía eléctrica en el período.

**CUADRO N° 1**

<b>AÑO</b>	<b>Coeficiente Unitario Global Combustibles Mina Rajo (MJ/TMF en mineral)</b>	<b>Coeficiente Unitario Global E. Eléctrica Mina Rajo (MJ/TMF en mineral)</b>
1995	4.739,8	750,0
1996	4.379,1	710,3
1997	4.128,8	581,2
1998	4.213,8	585,8
1999	3.885,5	539,2
2000	3.984,6	453,5
2001	4.323,1	437,5
2002	4.654,8	473,9
2003	4.491,0	534,1
2004	4.464,8	579,7

**Fuente:** Elaborado por la Comisión Chilena del Cobre en base a información de las empresas

**MJ:** Megajoule

**TMF:** toneladas métricas de fino

Los coeficientes unitarios de consumo de combustibles medidos respecto del fino contenido en el mineral extraído muestran una tendencia decreciente hacia la mitad del período (1999-2000) y luego comienzan a incrementarse nuevamente, experimentando en los 10 años una reducción en torno al 6%. Los principales factores que influyen en el consumo de combustibles en las distintas faenas son la razón lastre / mineral, las distancias medias de acarreo, la geometría del yacimiento, la dureza de la roca y factores tecnológicos relacionados con los equipos que se utilizan para el transporte del mineral y el lastre.

Por su parte, los coeficientes unitarios de consumo de energía eléctrica muestran una clara tendencia decreciente, que en promedio alcanza a cerca de 23% en el período considerado.

En el período, la producción proveniente de mina rajo, medida como fino contenido en el mineral, aumentó en alrededor de 137 %.

### 3.2.2 Area Mina Subterránea (14% producción total mina)

Los Coeficientes Unitarios Globales de consumo de combustibles y energía eléctrica se calcularon por unidad de cobre fino en el mineral extraído, y los valores promedio ponderados para el período son los que se muestran a continuación en el Cuadro N° 2.

**CUADRO N° 2**

<b>AÑO</b>	<b>Coeficiente Unitario Global Combustibles Mina Subterránea (MJ/TMF en mineral)</b>	<b>Coeficiente Unitario Global E. Eléctrica Mina Subterránea (MJ/TMF en mineral)</b>
1995	587,1	1.023,5
1996	524,7	973,7
1997	424,8	895,4
1998	481,9	938,3
1999	549,9	1.152,2
2000	753,3	1.195,2
2001	667,9	1.435,7
2002	705,3	1.566,0
2003	715,6	1.502,5
2004	712,6	1.353,5

**Fuente:** Elaborado por la Comisión Chilena del Cobre en base a información de las empresas

Como se puede observar, los valores unitarios de consumo de combustibles en las minas subterráneas son muy inferiores a aquellos de las minas a rajo abierto, lo que se debe a que estas últimas deben mover grandes volúmenes de lastre y material estéril para ser depositados en botaderos, con los consiguientes consumos de petróleo diesel en los camiones utilizados en el transporte. En el período, los coeficientes unitarios respecto de fino contenido en el mineral extraído muestran una tendencia creciente de alrededor del 21%.

A la inversa que en el consumo de combustibles, los coeficientes unitarios de consumo de energía eléctrica de la minería subterránea, expresados por unidad de cobre fino en el mineral, más que duplican aquellos de la minería a rajo abierto. Lo anterior se debe fundamentalmente a que la minería subterránea requiere de uso intensivo de aire comprimido y servicios de ventilación. En general, su evolución promedio en el período muestra una tendencia creciente de más del 32%.

Entre 1995 y el 2004 la producción proveniente de minas subterráneas, medida como fino contenido en el mineral, aumentó sólo en un 76 %.

### **3.2.3. Area Concentradora**

Los Coeficientes Unitarios Globales se calcularon por unidad de cobre fino contenido en los concentrados producidos en la concentradora. El consumo de combustibles en la concentradora representa sólo el 2,5% del total de la energía consumida en esta etapa de la producción de cobre.

Es importante destacar que los consumos tanto de combustibles como de energía eléctrica en la concentradora incluyen aquellos de la planta de molibdeno. En la práctica, existiría un “crédito” a los coeficientes de la concentradora, por cuanto la

energía se utiliza no sólo en producir cobre sino también molibdeno. En trabajos futuros se intentará definir una metodología para contabilizar separadamente los consumos energéticos asociados a cada uno de los productos.

**CUADRO N° 3**

<b>AÑO</b>	<b>Coefficiente Unitario Global Combustibles Concentradora (MJ/TMF en concentrado)</b>	<b>Coefficiente Unitario Global E. Eléctrica Concentradora (MJ/TMF en concentrado)</b>
1995	341,9	5.564,1
1996	259,4	5.023,9
1997	225,3	5.067,3
1998	246,0	5.452,3
1999	217,6	5.816,4
2000	191,6	6.146,4
2001	222,5	6.213,0
2002	188,8	6.996,1
2003	204,4	7.244,5
2004	182,6	7.037,8

**Fuente:** Elaborado por la Comisión Chilena del Cobre en base a información de las empresas

Los valores unitarios de consumo de combustibles por unidad de cobre fino contenido en los concentrados producidos en la concentradora muestran una fuerte tendencia decreciente (47%) en el período. Esto se debe a que, en la década de los 90 se produjo un cambio tecnológico en la mayoría de las plantas concentradoras, reemplazándose los secadores rotatorios (secado térmico), que permiten llevar los concentrados a una humedad final de 8 – 10%, por filtros de alta eficiencia, que utilizan energía eléctrica en su operación.

Como se puede observar en el Cuadro N° 3, la concentradora es una etapa del proceso de producción de cobre altamente consumidora de energía eléctrica, la que se utiliza en particular en las operaciones de chancado y molienda del mineral. En promedio, los valores muestran una tendencia creciente en el período que alcanza a un 26%.

#### **3.2.4. Area Fundición**

Hasta el año 2000 los coeficientes unitarios son un promedio ponderado de los consumos reportados por 6 fundiciones, mientras que los últimos 4 años consideran la información de las 7 fundiciones existentes en el país.

El cálculo de estos coeficientes se realizó considerando la operación de las plantas de ácido sulfúrico como un sistema integrado a la operación de la fundición, lo que representa en mejor forma la situación actual de las fundiciones, las que deben operar con plantas de ácido para dar cumplimiento a la normativa ambiental.



En el área de fundición, los Coeficientes Unitarios Globales de consumo de combustibles y energía eléctrica se calcularon por unidad de cobre fino en el blister / ánodo producido.

**CUADRO N° 4**

<b>AÑO</b>	<b>Coeficiente Unitario Global Combustibles Fundición (MJ/TMF en blister/ánodos)</b>	<b>Coeficiente Unitario Global E. Eléctrica Fundición (MJ/TMF en blister/ánodos)</b>
1995	9.901,6	2.706,4
1996	9.168,3	2.631,3
1997	8.557,3	2.817,4
1998	7.910,0	3.036,3
1999	6.925,0	3.227,7
2000	7.189,4	3.303,6
2001	6.375,0	3.494,1
2002	5.608,8	3.694,0
2003	5.382,1	3.792,0
2004	4.985,8	3.836,2

**Fuente:** Elaborado por la Comisión Chilena del Cobre en base a información de las empresas

Como se puede observar en el cuadro anterior, el área de fundición tiene consumos unitarios de combustibles bastante altos, los que han disminuido significativamente en el tiempo en casi un 50%, producto de los cambios tecnológicos (detención de los hornos reverbero y utilización de equipos de fusión autógenos) que las fundiciones han debido implementar para dar cumplimiento a las normas ambientales de calidad del aire.

Por su parte, los consumos de energía eléctrica en la fundición son crecientes en el tiempo (42%), debido, por una parte, a la introducción de tecnologías intensivas en el uso de oxígeno (Horno Flash, Convertidor Teniente y Noranda), que han implicado la instalación de plantas de oxígeno, que son grandes consumidoras de energía eléctrica. Por otra, la implementación de normativa de calidad del aire ha significado que las fundiciones deban instalar sistemas de captación y manejo de gases, así como plantas de ácido sulfúrico, con el consiguiente incremento en el consumo de energía eléctrica. Además, varias fundiciones han llevado a cabo proyectos de modernización, que han involucrado la instalación de sistemas de transporte e inyección de concentrado seco, como también la instalación de hornos eléctricos para el tratamiento pirometalúrgico de las escorias.

En el período, la producción de fundición, expresada como fino contenido en los productos, experimenta un crecimiento muy inferior al resto de las áreas, esto es 19,4%.

### 3.2.5. Area Refinación Electrolítica

El área de refinación electrolítica tiene consumos de combustibles y energía eléctrica por unidad de cátodos electrolíticos (ER) producidos bastante similares, los que se muestran en el siguiente cuadro.

CUADRO N° 5

AÑO	Coeficiente Unitario Global Combustibles Refinería Electrolítica (MJ/TMF en cátodos ER)	Coeficiente Unitario Global E. Eléctrica Refinería Electrolítica (MJ/TMF en cátodos ER)
1995	1.254,4	1.195,5
1996	1.225,3	1.200,9
1997	948,3	1.205,9
1998	953,3	1.210,1
1999	1.260,2	1.240,9
2000	1.267,9	1.251,2
2001	936,8	1.234,8
2002	1.028,3	1.232,0
2003	1.035,8	1.226,7
2004	1.093,7	1.265,2

**Fuente:** Elaborado por la Comisión Chilena del Cobre en base a información de las empresas

En esta área los combustibles se utilizan para mantener la temperatura del electrolito. Los coeficientes unitarios en el período del estudio, aunque muestran algunas fluctuaciones, en promedio su tendencia es decreciente (13%).

En cuanto a los consumos de energía eléctrica, los valores de los coeficientes unitarios se mantienen en general bastante estables en el tiempo, incrementándose ligeramente en alrededor de 6%. Lo anterior demuestra que en el período no se han producido mayores cambios en las refinerías electrolíticas que operan en el país, todas las cuales usan tecnología convencional y las diferencias entre ellas se deben a las distintas densidades de corriente que utilizan y el tamaño de los cátodos que producen.

La producción de cátodos ER crece entre 1995 y el 2004 sólo en un 8%.

### 3.2.6. Area de Tratamiento de Minerales Lixiviables

El consumo de combustibles de la explotación de las minas que producen minerales lixiviables se contabilizó en el área mina, debido a que las operaciones mineras que extraen minerales sulfurados, oxidados y mixtos no informaron por separado los consumos asociados a los distintos tipos de mineral.

**CUADRO N° 6**

<b>AÑO</b>	<b>Coeficiente Unitario Global Combustibles Tratamiento M. Lixiviables (MJ/TMF en cátodos SX-EW)</b>	<b>Coeficiente Unitario Global E. Eléctrica Tratamiento M. Lixiviables (MJ/TMF en cátodos SX-EW)</b>
1995	3.139,9	10.849,1
1996	2.998,1	9.904,7
1997	2.469,2	9.520,2
1998	2.406,7	9.650,1
1999	3.662,1	9.844,1
2000	3.612,1	10.101,0
2001	2.360,3	9.621,7
2002	2.401,9	9.976,7
2003	2.694,5	10.255,6
2004	2.756,5	10.428,6

**Fuente:** Elaborado por la Comisión Chilena del Cobre en base a información de las empresas

En el área de tratamiento de minerales lixiviables los combustibles se utilizan para la formación y descarga de pilas, en algunos casos calefacción del mineral y de las soluciones de lixiviación, y calefacción del electrolito en la electrodeposición. Los consumos unitarios de combustibles calculados por unidad de cobre fino en cátodos SX-EW muestran una tendencia decreciente en torno al 12% en el período.

Los consumos unitarios de energía eléctrica experimentan algunas fluctuaciones en el tiempo, con una tendencia ligeramente decreciente (4%). En esta área de producción del cobre la energía eléctrica se utiliza para preparación y acondicionamiento del mineral (curado y aglomerado), formación y descarga de pilas, manejo y circulación de soluciones y en el proceso de electrodeposición.

Como resultado del desarrollo de grandes proyectos de lixiviación en el período, la producción de cátodos SX-EW ha experimentado un crecimiento cercano al 340%.

### **3.2.7. Area Servicios**

En esta área se consideran los consumos de energía asociados a servicios a la producción, esto es talleres industriales, equipos de servicios, distribución de agua y servicios generales, entre otros, además de los consumos de los campamentos, cuando corresponde.

Los coeficientes unitarios se calculan respecto del total del cobre producido, independiente del producto final.

CUADRO N° 7

<b>AÑO</b>	<b>Coeficiente Unitario Global Combustibles Servicios (MJ/TMF total producido)</b>	<b>Coeficiente Unitario Global E. Eléctrica Servicios (MJ/TMF total producido)</b>
1995	349,1	459,5
1996	270,9	466,0
1997	264,6	432,1
1998	364,9	488,4
1999	273,5	455,1
2000	294,1	423,2
2001	357,7	457,2
2002	377,0	482,8
2003	510,8	431,2
2004	321,4	451,1

**Fuente:** Elaborado por la Comisión Chilena del Cobre en base a información de las empresas.

Los valores unitarios de consumo de combustibles experimentan algunas fluctuaciones en el período, con una tendencia promedio ligeramente decreciente de 8%.

Por su parte, los coeficientes unitarios de consumo de energía eléctrica en servicios son muy estables y prácticamente no experimentan variaciones.

#### **4. RESULTADOS OBTENIDOS**

Los resultados globales obtenidos para las diferentes áreas del proceso de obtención del cobre se muestran en las siguientes tablas.

### COEFICIENTES UNITARIOS DE CONSUMO DE COMBUSTIBLES POR AREAS

	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
<b>Mina Rajo</b> (MJ / TMF en mineral)	4.739,8	4.379,1	4.128,8	4.213,8	3.885,5	3.984,6	4.323,1	4.654,8	4.491,0	4.464,8
<b>Mina Subterránea</b> (MJ / TMF en mineral)	587,1	524,7	424,8	481,9	549,9	753,3	667,9	705,3	715,6	712,6
<b>Concentradora</b> (MJ / TMF en concentrado)	341,9	259,4	225,3	246,0	217,6	191,6	222,5	188,8	204,4	182,6
<b>Fundición</b> (MJ / TMF en ánodos)	9.901,6	9.168,3	8.557,3	7.910,0	6.925,0	7.189,4	6.375,0	5.608,8	5.382,1	4.985,8
<b>Refinería</b> (MJ / TMF en cátodos ER)	1.254,4	1.225,3	948,3	953,3	1.260,2	1.267,9	936,8	1.028,3	1.035,8	1.093,7
<b>LX / SX / EW</b> (MJ / TMF en cátodos SX-EW)	3.139,9	2.998,1	2.469,2	2.406,7	3.662,1	3.612,1	2.360,3	2.401,9	2.694,5	2.756,5
<b>Servicios</b> (MJ / TMF total producido)	349,1	270,9	264,6	364,9	273,5	294,1	357,7	377,0	510,8	321,4

### COEFICIENTES UNITARIOS DE CONSUMO DE ENERGIA ELECTRICA POR AREAS

	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
<b>Mina Rajo</b> (MJ / TMF en mineral)	750,0	710,3	581,2	585,8	539,2	453,5	437,5	473,9	534,1	579,7
<b>Mina Subterránea</b> (MJ / TMF en mineral)	1.023,5	973,7	895,4	938,3	1.152,2	1.195,2	1.435,7	1.566,0	1.502,5	1.353,5
<b>Concentradora</b> (MJ / TMF en concentrado)	5.564,1	5.023,9	5.067,3	5.452,3	5.816,4	6.146,4	6.213,0	6.996,1	7.244,5	7.037,8
<b>Fundición</b> (MJ / TMF en ánodos)	2.706,4	2.631,3	2.817,4	3.036,3	3.227,7	3.303,6	3.494,1	3.694,0	3.792,0	3.836,2
<b>Refinería</b> (MJ / TMF en cátodos ER)	1.195,5	1.200,9	1.205,9	1.210,1	1.240,9	1.251,2	1.234,8	1.232,0	1.226,7	1.265,2
<b>LX / SX / EW</b> (MJ / TMF en cátodos SX-EW)	10.849,1	9.904,7	9.520,2	9.650,1	9.844,1	10.101,0	9.621,7	9.976,7	10.255,6	10.428,6
<b>Servicios</b> (MJ / TMF total producido)	459,5	466,0	432,1	488,4	455,1	423,2	457,2	482,8	431,2	451,1

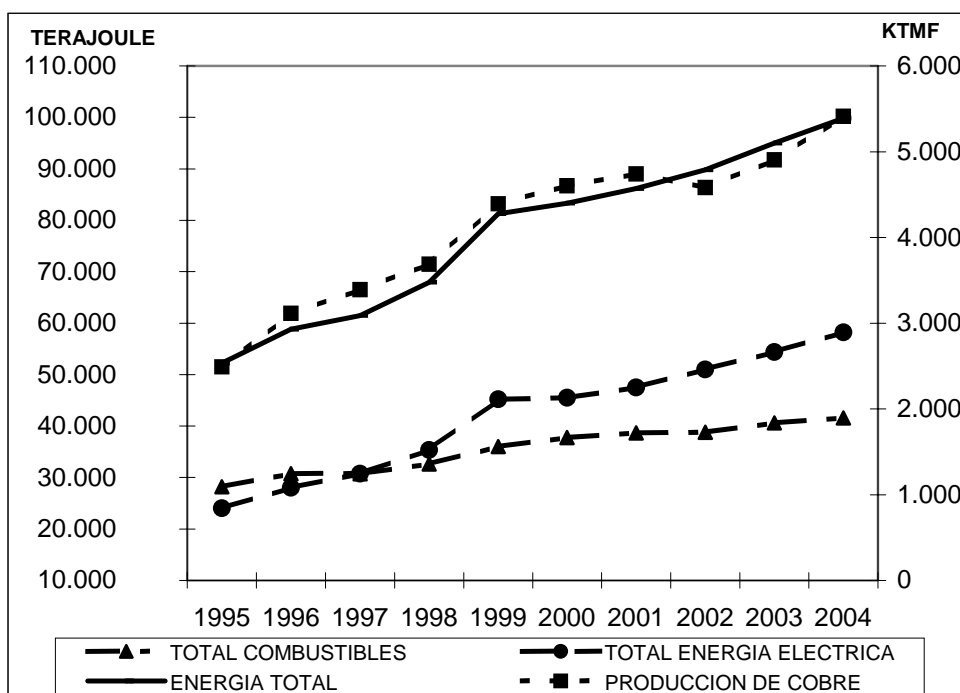
**Fuente:** Elaborado por la Comisión Chilena del Cobre en base a información de las empresas

En base a estos coeficientes unitarios globales de consumo de combustibles y energía eléctrica determinados para cada área del proceso de obtención del cobre y las producciones intermedias estimadas en cada área, según los antecedentes disponibles en COCHILCO, se realizó una estimación de los consumos de energía para el total del sector minero del cobre, incluyendo la producción de los subproductos, como molibdeno y metales preciosos. Además, se calculó un Coeficiente Unitario Global promedio para la minería del cobre de Chile.

### CONSUMOS ESTIMADOS DE ENERGIA DE LA MINERIA DEL COBRE 1995 – 2004

AÑO	Combustibles (Terajoule)	E. Eléctrica (Terajoule)	TOTAL (Terajoule)	Producción Cobre (KTMF)
1995	28.232,9	24.023,5	52.256,4	2.488,6
1996	30.754,6	28.055,6	58.810,2	3.115,8
1997	30.738,2	30.727,0	61.465,2	3.392,0
1998	32.607,8	35.356,3	67.964,1	3.686,9
1999	36.027,0	45.221,3	81.248,3	4.391,2
2000	37.756,5	45.537,1	83.293,6	4.602,0
2001	38.645,2	47.505,0	86.150,2	4.739,0
2002	38.817,0	50.989,0	89.805,9	4.580,6
2003	40.600,2	54.381,6	94.981,9	4.904,2
2004	41.592,4	58.241,8	99.834,2	5.412,5

Fuente: Elaborado por la Comisión Chilena del Cobre

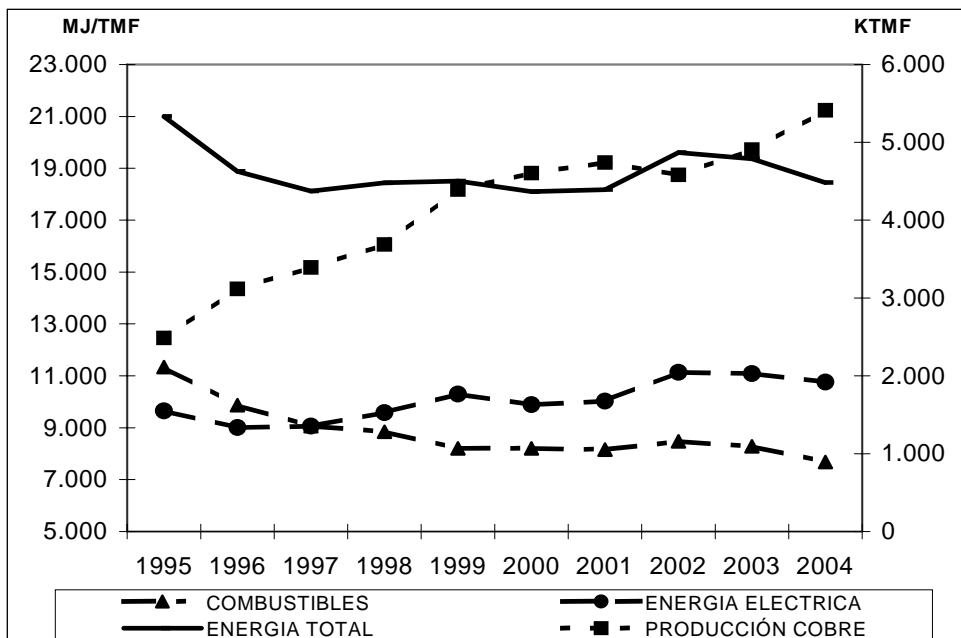


Como se puede observar en el gráfico anterior, el consumo de energía total del sector minería del cobre en Chile habría crecido entre los años 1995 y 2004 en un 91%. Cabe destacar que, en el mismo período, la producción de cobre fino del país se incrementó en un 117,5 %. El consumo de energía como combustibles habría aumentado en la década en un 47,3%, mientras que el consumo de energía eléctrica se habría incrementado en un 142,4%.

### ESTIMACION DE CONSUMOS UNITARIOS DE ENERGIA DE LA MINERIA DEL COBRE 1995 – 2004

AÑO	Combustibles (Megajoule/TMF)	E. Eléctrica (Megajoule/TMF)	TOTAL (Megajoule/TMF)	Producción Cobre (KTMF)
1995	11.344,9	9.653,4	20.998,3	2.488,6
1996	9.870,5	9.004,3	18.874,8	3.115,8
1997	9.062,0	9.058,7	18.120,6	3.392,0
1998	8.844,2	9.589,7	18.433,9	3.686,9
1999	8.204,4	10.298,2	18.502,5	4.391,2
2000	8.204,4	9.895,1	18.099,4	4.602,0
2001	8.154,7	10.024,3	18.179,0	4.739,0
2002	8.474,2	11.131,5	19.605,7	4.580,6
2003	8.278,7	11.088,8	19.367,5	4.904,2
2004	7.684,5	10.760,6	18.445,1	5.412,5

Fuente: Elaborado por la Comisión Chilena del Cobre

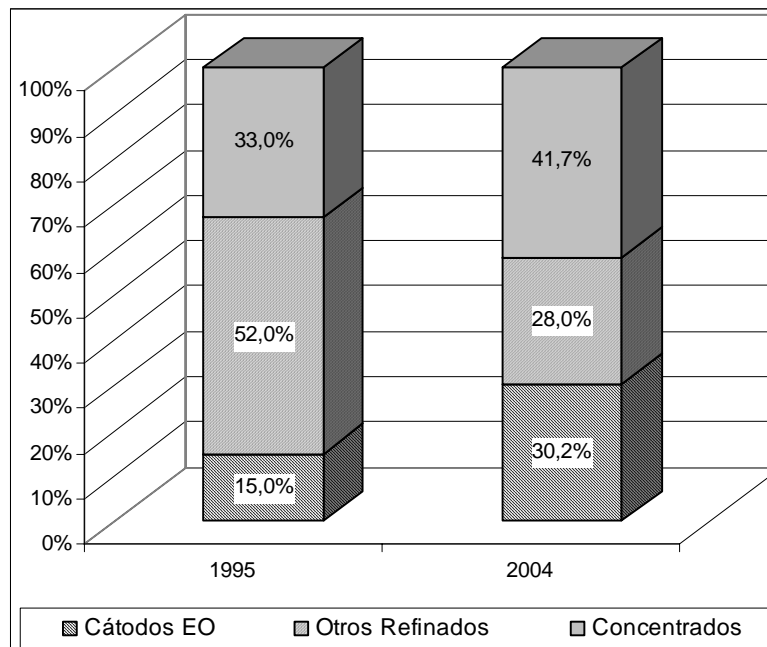


Los coeficientes unitarios globales de consumo de combustibles muestran una tendencia decreciente sistemática, reduciéndose en el período en un 32,3%. En el caso de la energía eléctrica, el comportamiento es en el sentido opuesto, aumentando en el período en un 11,5%.

La suma de los comportamientos individuales de los coeficientes unitarios de consumo de combustibles y energía eléctrica resulta en una curva relativamente estable, cuyo valor promedio, excluyendo el año 1995, es de 18.625 MJ/TMF. Para los efectos del análisis se excluyó dicho año, por tratarse de un año en que entraron en operación varios proyectos nuevos.

Los resultados anteriores se explican básicamente por cambios en la cartera de producción de cobre y cambios tecnológicos. Entre los años 1995 y 2004 la producción de cátodos SX-EW aumentó en un 339%, mientras que la producción de cobre proveniente de minerales sulfurados lo hizo sólo en un 78,5%, incrementándose en un 175% la cantidad de concentrados comercializados como tal. Entre los principales cambios tecnológicos está la detención de los hornos reverbero, la instalación de sistemas de captación y manejo de gases, las plantas de ácido sulfúrico, las plantas de oxígeno, el secado mecánico de concentrados, y la tendencia creciente a utilizar equipamientos de gran tamaño. Adicionalmente, en el período se inicia la puesta en marcha de proyectos que utilizan la lixiviación para el tratamiento de sulfuros secundarios.

### COMPOSICION CARTERA DE PRODUCTOS COMERCIALES

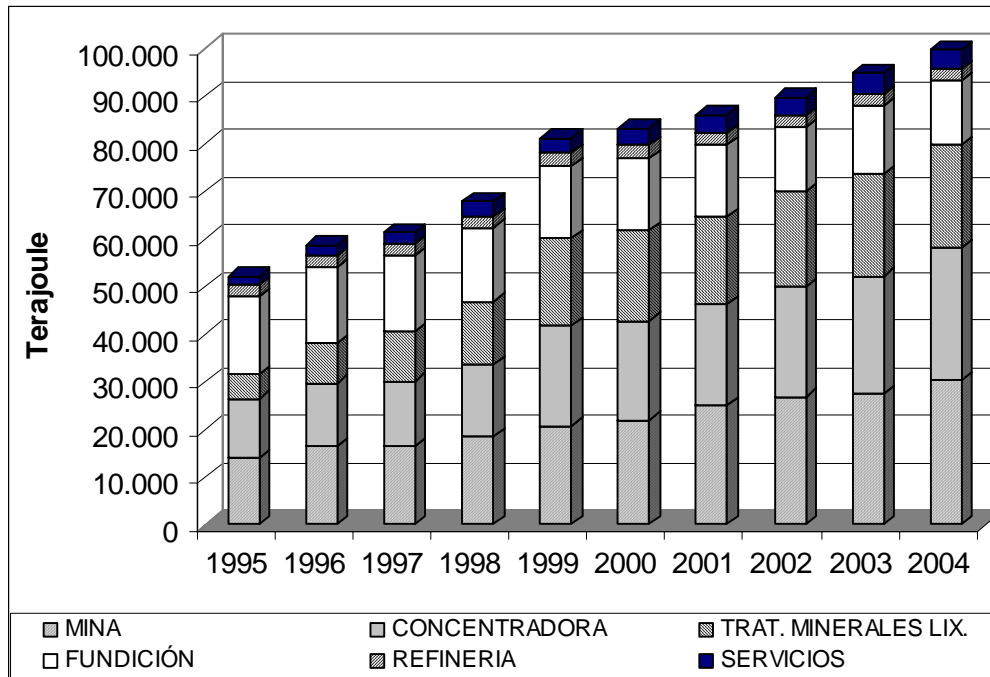


Fuente: Comisión Chilena del Cobre



Como resultado del cambio en la cartera de productos finales señalado más arriba y de los cambios tecnológicos, algunos de los cuales han sido inducidos por medidas ambientales, se han producido cambios en los consumos relativos de energía de cada una de las áreas del proceso de producción del cobre.

### CONSUMO TOTAL DE ENERGIA POR AREA



**Fuente:** Elaborado por la Comisión Chilena del Cobre

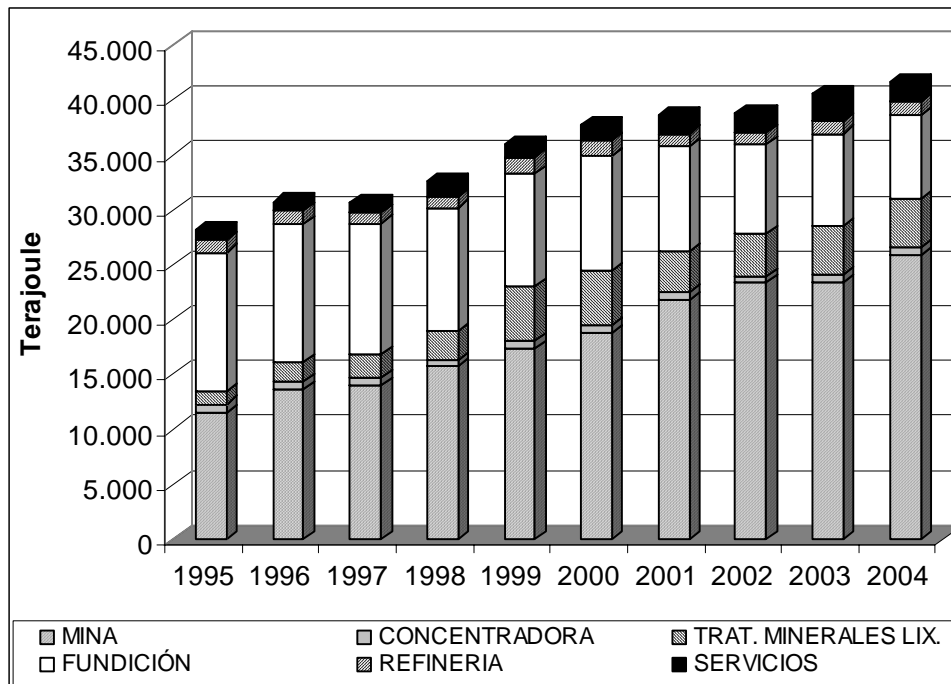
Las cuatro áreas del proceso de producción del cobre en Chile que consumen alrededor del 93% del total de la energía consumida por el sector son: la explotación minera, la concentración de minerales sulfurados de cobre, el tratamiento de minerales lixiviables y la fundición de concentrados, incluidas las plantas de ácido sulfúrico.

El hecho más relevante es que entre el año 1995 y 2004 el área de fundición ha disminuido su participación relativa en el consumo total de energía del sector desde un 30,9% a un 13,5%, mientras que el tratamiento de minerales lixiviables aumentó de un 10% a un 21,6%.

El área de refinera electrolítica tiene una baja participación en el consumo total de energía de la minería del cobre, disminuyendo de un 4,6% en 1995 a un 2,5% en el 2004, producto de la reducción de la participación de los cátodos ER en la canasta de productos comercializables.

El área de servicios mantiene una participación relativamente estable en torno al 4% durante todo el período.

## CONSUMO DE COMBUSTIBLES POR AREAS



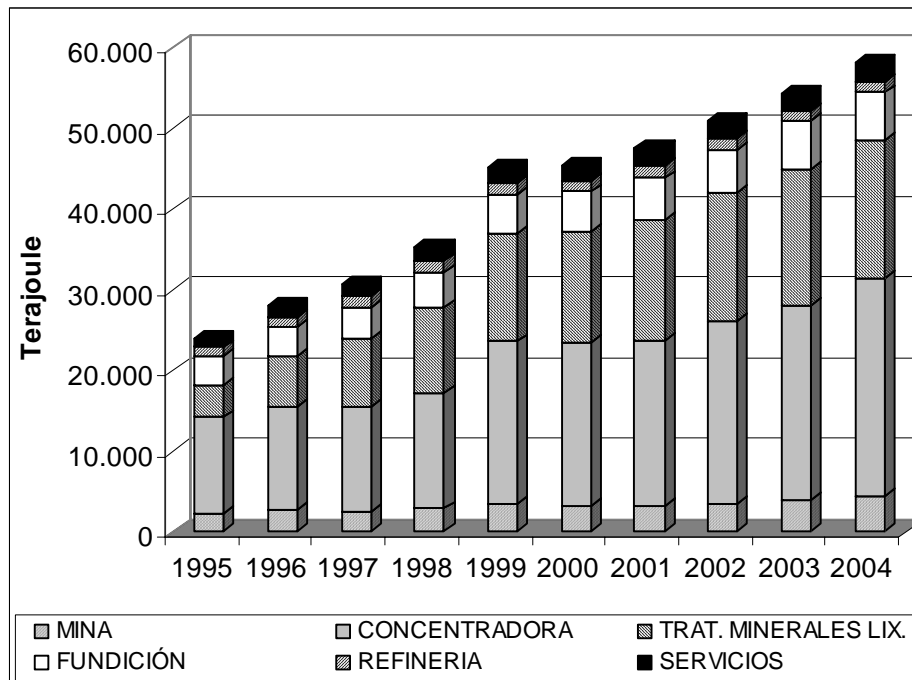
**Fuente:** Elaborado por la Comisión Chilena del Cobre

En el año 1995 el área de fundición de concentrados consumía el 45% del total de los combustibles consumidos por la minería del cobre, sin embargo, su participación fue disminuyendo a través de los años debido a los cambios tecnológicos que experimentaron las fundiciones, y en el año 2004 consumió sólo el 18,3% del total de combustibles.

Por su parte, la explotación minera, que inicialmente consumía alrededor del 41% de los combustibles, fue incrementando su participación hasta alcanzar el 62,2% en el año 2004. Lo anterior se debe fundamentalmente a que las nuevas minas que han entrado en operación en el período son de rajo abierto, y a que, a medida que avanza la explotación de este tipo de minas, las distancias y pendientes de acarreo, tanto de los minerales como de los materiales estériles van aumentando, con el consiguiente aumento de consumo de combustibles en camiones.

El tratamiento de minerales lixiviables también aumenta su participación en el consumo de combustibles de la minería del cobre de un 4% a un 11%.

## CONSUMO DE ENERGIA ELECTRICA POR AREAS



Fuente: Elaborado por la Comisión Chilena del Cobre

Al analizar el consumo de energía eléctrica de la minería del cobre destaca el hecho que la concentración de minerales sulfurados consume prácticamente la mitad del total de la energía eléctrica consumida por el sector, aunque ha disminuido su participación desde un 49,5% en 1995 a un 46,4% en el año 2004.

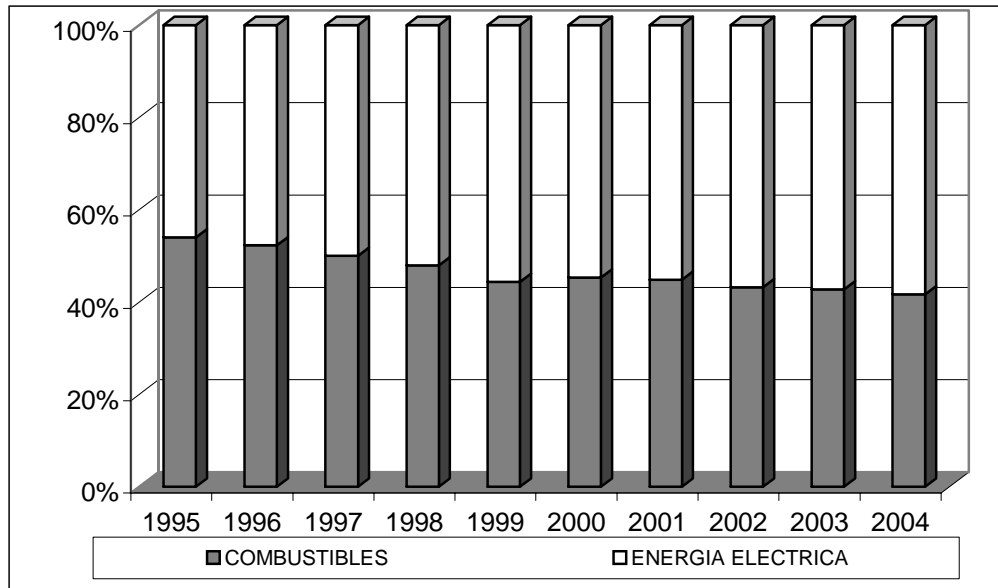
Otro hecho relevante es el importante aumento de participación en el consumo del área de tratamiento de minerales lixiviables, de un 16,8% en 1995 a un 29,3% en el 2004. Esto se debe al fuerte incremento en la producción de cobre a partir de este tipo de minerales, y a que las distintas etapas del procesamiento son fundamentalmente consumidoras de energía eléctrica (bombeo de soluciones en la etapa de lixiviación y extracción por solvente, y la electrodeposición).

La fundición de concentrados, no obstante la instalación de sistemas de captación y manejo de gases, plantas de oxígeno y plantas de ácido, que son consumidores de energía eléctrica, disminuye su participación desde un 14,4% a un 10,1%.

La refinera electrolítica, aunque también es fundamentalmente consumidora de energía eléctrica, disminuye su participación de un 4,8% a un 2,3%.

Los patrones de consumo de energía de la minería del cobre también cambiaron fuertemente en el período de 10 años. En 1995 un 54% del total de la energía consumida por el sector correspondía a combustibles, mientras que en el año 2004 la energía eléctrica daba cuenta de un 58% del consumo total.

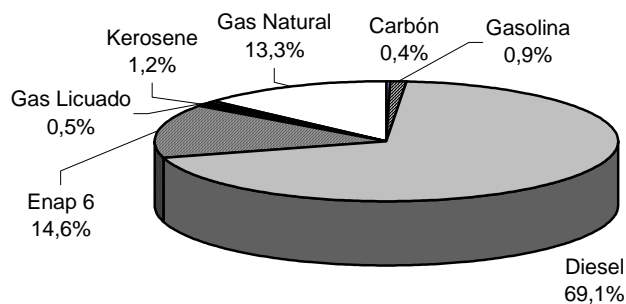
## PARTICIPACION EN CONSUMO TOTAL DE ENERGÍA



**Fuente:** Elaborado por la Comisión Chilena del Cobre

Al analizar el consumo final de productos energéticos en el país (esto es en la forma apta para su utilización final, lo que significa que la energía eléctrica incluye hidro y termoelectricidad), del total de la energía consumida en el año 2003<sup>8</sup> un 18,9% correspondió a energía eléctrica y un 81,1% a una variada gama de combustibles. En cambio, el consumo de la minería del cobre es significativamente más intensivo en el uso de la energía eléctrica que el promedio nacional, con un 57,3% (58,3% en el 2004) del consumo en energía eléctrica y un 42,7% en combustibles en el año 2003.

La participación en el consumo de los distintos combustibles utilizados por la minería del cobre en el año 2004 es la siguiente:



<sup>8</sup> Se utiliza el año 2003 debido a que el Balance de Energía correspondiente al año 2004 no se encuentra disponible.

En cuanto a la participación de la minería del cobre en el consumo final del país por tipo de energía, las empresas del sector consumieron en el año 2003 un 34,1% del total de la energía eléctrica consumida por el país y sólo un 5,9% del total de combustibles.

Un análisis interesante desde el punto de vista de la sustentabilidad, es comparar los consumos específicos de energía para producir una tonelada de cátodos ER provenientes de mineral sulfurado, que utiliza la vía pirometalúrgica, con cátodos SX-EW, que se producen por la vía hidrometalúrgica.

Para efectos de este análisis se utilizó la información de faenas que sólo producen cátodos ER o cátodos SX-EW. Considerando el promedio de los últimos 4 años, y un volumen promedio agregado de producción de 919.000 TM de cátodos SX-EW, se obtiene un coeficiente unitario de 19.014 Megajoule/TMF para dicho tipo de cátodos. En el caso de los cátodos ER, el volumen de producción promedio agregado fue de 1.117.000 TM, y el coeficiente unitario resultante es 24.477 Megajoule/TMF. Esto indicaría que, desde el punto de vista de consumo de energía, la producción de cátodos SX-EW es más sustentable que la producción de cátodos ER.

Para dimensionar el impacto que significaría una cartera de productos comercializables 100% refinados se realizó para el año 2004 una estimación del consumo adicional de energía necesario para llevar el total de la producción de cobre a refinado, esto es, procesar el blister y concentrados que se vendieron como tal. Lo anterior significaría incrementar el consumo de energía del año 2004 del sector cobre en un 25%. Este porcentaje se desagrega en un incremento de un 19,7% para el caso de la energía eléctrica y de un 32,7% para los combustibles.

## ANEXO I

### Faenas de la Minería del Cobre consideradas en el Estudio

- Anglo American Chile Ltda.
  - División El Soldado
  - División Los Bronces
  - División Mantos Blancos
  - División Manto Verde
  - Fundición Chagres
- CODELCO-Chile
  - División Codelco Norte
  - División Salvador
  - División Andina
  - División El Teniente
  - División Las Ventanas
- Compañía Contractual Minera Candelaria
- Compañía Minera Carmen de Andacollo
- Compañía Minera Cerro Colorado
- Compañía Minera Doña Inés de Collahuasi
- Compañía Minera Falconbridge Lomas Bayas
- Compañía Minera Quebrada Blanca
- Compañía Minera Zaldivar
- Empresa Nacional de Minería
  - Fundición Hernán Videla Lira
  - Planta Manuel Antonio Matta
  - Planta José Antonio Moreno – Taltal
  - Planta Osvaldo Martínez - El Salado
- Falconbridge Chile Ltda. - Fundición Altonorte
- Minera El Tesoro
- Minera Escondida Ltda.
- Minera Los Pelambres
- Minera Michilla
- Minera Rayrock Ltda.
- Sociedad Contractual Minera Atacama Kosan
- Sociedad Contractual Minera El Abra
- Sociedad Punta del Cobre

Este trabajo fue elaborado por:

Sara Inés Pimentel Hunt  
Pedro Santic Contreras

**Diciembre 2005**