



COMISIÓN CHILENA DEL COBRE
Dirección de Estudios y Políticas Públicas

**PROYECCIÓN DEL CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA DE LA
MINERÍA DEL COBRE EN CHILE AL 2020 – ACTUALIZACIÓN 2012**

DE/17/2012

Registro de Propiedad Intelectual

© N° 223.787

Contenido

Resumen Ejecutivo.....	6
1. Introducción.....	8
2. Consumo de energía en la minería del cobre.....	9
2.1 Evolución del consumo de energía 2001 – 2011	9
2.2 Evolución del consumo de energía eléctrica 2001 – 2011	10
2.3 Evolución de los consumos unitarios de energía eléctrica en la minería del cobre por proceso minero, 2001 – 2011.....	11
3. Proyectos de inversión en la minería del cobre	15
3.1 Cartera de proyectos en la minería del cobre	15
3.2 Cartera de proyectos de plantas desalinizadoras.....	16
3.3 Proyección de la capacidad de producción, 2012-2020	18
4. Metodología.....	19
5. Proyección del consumo de energía eléctrica	22
5.1 Proyección del consumo máximo de energía eléctrica	23
5.1.1 Proyección del consumo máximo de energía eléctrica – País	23
5.1.2 Proyección del consumo máximo de energía eléctrica – SING	25
5.1.3 Proyección del consumo máximo de energía eléctrica – SIC.....	26
5.2 Proyección del consumo esperado de energía eléctrica	27
5.2.1 Proyección del consumo esperado de energía eléctrica – País	27
5.2.2 Proyección del consumo esperado de energía eléctrica – SING	29
5.2.3 Proyección del consumo esperado de energía eléctrica – SIC.....	31
6. Notas Finales.....	33
Anexo - Tablas	35

Índice de Figuras

Figura 1 – Evolución del consumo de energía y la producción de Cu fino.....	9
Figura 2 – Evolución del consumo de energía y la producción de Cu fino.....	9
Figura 3 – Evolución del consumo de energía eléctrica en la minería del cobre.....	10
Figura 4 – Consumo de energía eléctrica a nivel país de la minería del cobre	10
Figura 5 – Evolución del consumo unitario de energía eléctrica por tonelada de cobre fino - proceso minero.....	11
Figura 6 – Evolución del consumo unitario de energía eléctrica por tonelada de cobre fino, con base en el año 2001	12
Figura 7 – Evolución del consumo unitario de energía eléctrica por tonelada de mineral - proceso minero.....	12
Figura 8 – Evolución del consumo unitario de energía eléctrica por tonelada de concentrado	13
Figura 9 – Evolución del consumo unitario de energía eléctrica por tonelada mineral/concentrado, con base en el año 2001	13
Figura 10 – Proyección de la capacidad productiva de cobre fino en la minería chilena, 2012- 2020	18
Figura 11 – Proyección del consumo máximo de energía eléctrica en la minería del cobre - País	23
Figura 12 – Proyección del consumo máximo de energía eléctrica en la minería del cobre por proceso minero y su distribución porcentual - País	24
Figura 13 – Proyección del consumo máximo de energía eléctrica en la minería del cobre por proceso minero y su distribución porcentual - SING	25
Figura 14 – Proyección del consumo máximo de energía eléctrica en la minería del cobre por proceso minero y su distribución porcentual - SIC.....	26
Figura 15 – Proyección del consumo esperado de energía eléctrica en la minería del cobre - País.....	27
Figura 16 – Proyección del consumo esperado de energía eléctrica en la minería del cobre por proceso minero y su distribución porcentual - País	28
Figura 17 – Proyección del consumo esperado de energía eléctrica en la minería del cobre - SING	29
Figura 18 – Proyección del consumo esperado de energía eléctrica en la minería del cobre por proceso minero y su distribución porcentual - SING	30
Figura 19 – Proyección del consumo esperado de energía eléctrica en la minería del cobre – SIC	31
Figura 20 – Proyección del consumo esperado de energía eléctrica en la minería del cobre por proceso minero y distribución porcentual - SIC	32

Índice de Tablas

Tabla 1 – Proyectos de inversión en minería de cobre y oro 2012-2020 - SING	15
Tabla 2 – Proyectos de inversión en minería de cobre y oro 2012-2020 - SIC	16
Tabla 3 – Proyectos y operaciones de plantas desalinizadoras - SING	16
Tabla 4 – Proyectos y operaciones de plantas desalinizadoras - SIC	17
Tabla 5 – Procesos mineros con sus respectivos parámetros usados en la proyección y tasas de crecimiento utilizadas por sistema interconectado	20
Tabla 6 – Proyección desglosada del consumo de energía eléctrica en la minería del cobre – SING (TWh)	35
Tabla 7 – Proyección del consumo máximo de energía eléctrica por proceso minero y sistema interconectado (TWh).....	37
Tabla 8 – Proyección del consumo esperado de energía eléctrica por proceso minero y sistema interconectado (TWh).....	38

Resumen Ejecutivo

El presente informe tiene como objetivo dar una señal prospectiva del consumo de energía eléctrica por parte de la minería del cobre entre los años 2012 y 2020. Por medio de esta información se pretende contribuir con datos en cuanto a la potencial demanda eléctrica, para la planificación estratégica entre la minería y los sistemas de generación eléctrica del país. A su vez esta información servirá para otros organismos del gobierno y agentes privados.

El consumo de energía eléctrica por parte de la minería del cobre aumentó desde 13,13 TWh a 19,96 TWh entre los años 2001 y 2011, equivalente a un incremento de un 52% en este periodo de tiempo. Este aumento en el consumo a lo largo de los años se debe al incremento en la producción a nivel país y al envejecimiento de las minas. Sin embargo la participación porcentual a nivel país se ha mantenido prácticamente constante en torno al 30%.

Para hacer la proyección se utilizan las siguientes variables: las operaciones vigentes, los proyectos mineros considerados en el catastro de inversión, y los proyectos de plantas de desalinización e impulsión de agua contemplados como necesarios para algunos de esos proyectos mineros. También se usan parámetros como los coeficientes unitarios de consumo de energía. Cabe señalar que esta es la primera vez que COCHILCO incluye los proyectos de plantas desalinizadores y sistemas de impulsión en la proyección del consumo eléctrico.

El catastro de inversión minera entre los años 2012 y 2020 contempla un monto total de US\$ 104 mil millones, de los cuales US\$ 80 mil millones corresponden a la minería del cobre, US\$ 20 mil millones a la minería del oro y plata y US\$ 4 mil millones a la minería del hierro y minerales industriales. Esta inversión, si se llega a materializar, aumentaría la capacidad de producción de cobre fino en un 50% llegando a las 8,4 Mega TMF en el 2020. Esta inversión es la base sobre la cual se sustenta el vector de demanda que se utiliza en el estudio.

La proyección del consumo de energía eléctrica por parte de la minería del cobre que se realiza en este estudio, tiene dos componentes: consumo máximo y consumo esperado.

La proyección del consumo máximo se basa en que todos los proyectos que están actualmente en cartera, se materializan y entran en operación en la fecha estipulada. Este escenario es muy poco probable debido a los retrasos y postergaciones a los que normalmente se someten los proyectos mineros.

Por otra parte, la proyección del consumo esperado añade factores probabilísticos en función del estado en que se encuentren los proyectos actualmente, lo que permite generar una distribución de probabilidad para el consumo, para la cual se calcula el valor esperado. Esta última proyección genera una visión más realista, ya que contempla la posibilidad de retrasos y postergaciones de los proyectos, lo que trae consigo una disminución en el consumo de electricidad en comparación al valor máximo.

Para el caso de la proyección de consumo máximo de energía, a nivel país se llegaría a la suma de 51,7 TWh para el año 2020, en donde al SING se le demandaría un total de 33,9 TWh y al SIC 17,7 TWh. Las plantas concentradoras continuarían siendo las principales demandantes de electricidad, consumiendo el 61% de la energía eléctrica. El consumo por parte de las plantas

desalinizadoras y sistemas de impulsión irá adquiriendo notoriedad, llegando a consumir el 12% de la energía eléctrica para el 2020.

Para la proyección del consumo esperado de electricidad, la minería del cobre llegaría a consumir 39,4 TWh para el año 2020, siendo las compañías mineras ubicadas en el área del SING las principales demandantes al consumir 25,7 TWh, mientras que las del SIC consumirían 13,7 TWh. Las tasas de crecimiento anual serían de un 6,7%, 7,0% y 6,3% para el país, SING y SIC respectivamente. Las plantas concentradoras consumirían el 56% de la energía ocupada en minería, mientras que las plantas desalinizadoras y sistemas de impulsión consumirían un 14%.

La falta de suministro eléctrico puede presentar complicaciones para la ejecución de algunos proyectos mineros, sin embargo estos por lo general no se cancelan por la falta de este suministro, sino que podrían sufrir postergaciones de la fecha de ejecución propuesta inicialmente. Debido a esto la proyección del consumo máximo se ve modificada con cada una de las postergaciones que los proyectos pueden sufrir. Esta es la principal razón por la cual se decidió incluir una proyección del valor esperado del consumo, la cual toma en consideración la probabilidad que tienen los proyectos de postergar su fecha de inicio a lo largo del tiempo.

1. Introducción

Por medio del presente informe se espera entregar una visión prospectiva del consumo de energía eléctrica entre los años 2012 y 2020 por parte de la minería del cobre, uno de los sectores más relevantes a nivel nacional. Además se pretende contribuir con datos en cuanto a la potencial demanda eléctrica, para la planificación estratégica entre la minería y los sistemas de generación eléctrica del país. A su vez esta información servirá para otros organismos del gobierno y agentes privados.

Los datos utilizados en este estudio se obtienen de dos informes elaborados por COCHILCO, estos son: “Actualización de información sobre el consumo de energía asociado a la minería del cobre al año 2011” y de “La inversión en la minería chilena – Catastro de proyectos 2012”. Estos estudios a su vez se basan en información recopilada por COCHILCO en base a encuestas enviadas a las empresas e información pública de las inversiones mineras publicada por las empresas.

La metodología utilizada contempla dos aristas: consumo máximo y consumo esperado. Para el consumo máximo se usa la proyección de capacidad como el vector de producción. Para el consumo esperado, en tanto, se realiza una simulación de Montecarlo para obtener el valor esperado del consumo de energía, procedimiento que se explica más en detalle en el capítulo 4 del presente informe.

Esta es la primera vez que se utiliza esta metodología, la cual introduce el factor probabilístico para estimar las demandas de los proyectos. Es importante señalar que los resultados obtenidos en los estudios previos realizados por COCHILCO en cuanto a proyecciones de consumo de electricidad **son solo comparables** con los consumos máximos presentados en este estudio, los cuales se encuentran en el punto 5.1.

El presente estudio se divide en seis capítulos y se estructura de la siguiente manera:

- Comienza introduciendo el objetivo de este estudio y su respectiva justificación.
- En el segundo capítulo se habla del consumo de energía por parte de la minería del cobre en términos globales, dando una reseña de cómo ha evolucionado la demanda en el pasado.
- El tercer capítulo resume los principales proyectos en la minería del cobre para el período en estudio, explicando en qué estado se encuentra cada uno de estos.
- En el cuarto capítulo se presenta la metodología utilizada para proyectar el consumo de energía.
- El quinto capítulo muestra los resultados de la proyección de energía eléctrica en la minería del cobre, los cuales se dividen en consumo máximo y consumo esperado.
- Finaliza con comentarios que resumen los puntos más relevantes del estudio.

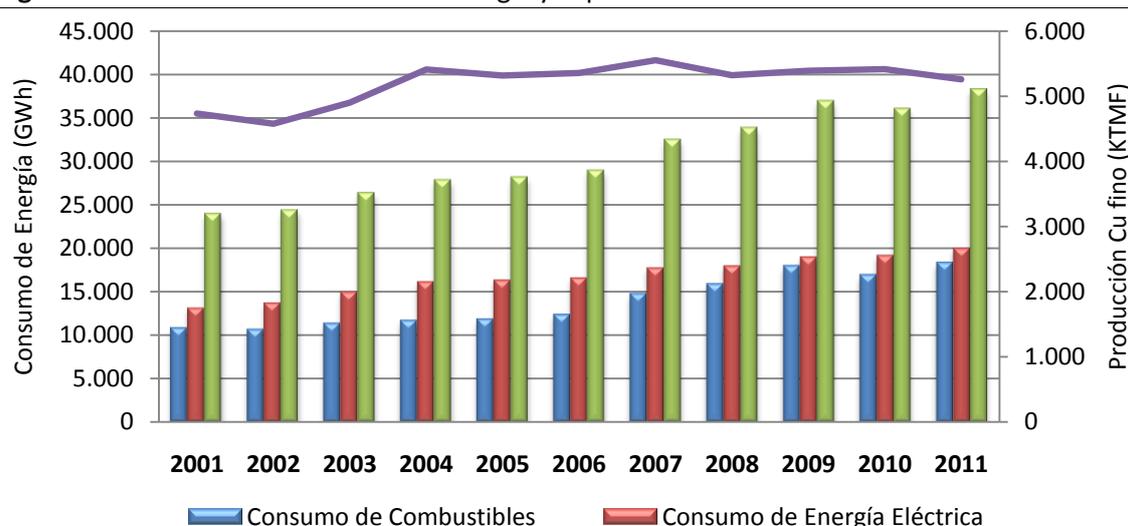
2. Consumo de energía en la minería del cobre

Uno de los insumos estratégicos más importantes en la minería es la energía. Esta puede provenir de dos fuentes: los combustibles fósiles y la electricidad. Este capítulo contextualiza, desde un punto de vista histórico, el consumo de energía en la minería del cobre. Además, muestra la evolución que han tenido los consumos unitarios de energía eléctrica en el tiempo.

2.1 Evolución del consumo de energía 2001 - 2011

La evolución real del consumo de energía en la minería del cobre y de los consumos unitarios de energía eléctrica a partir del año 2001 ha sido la siguiente.

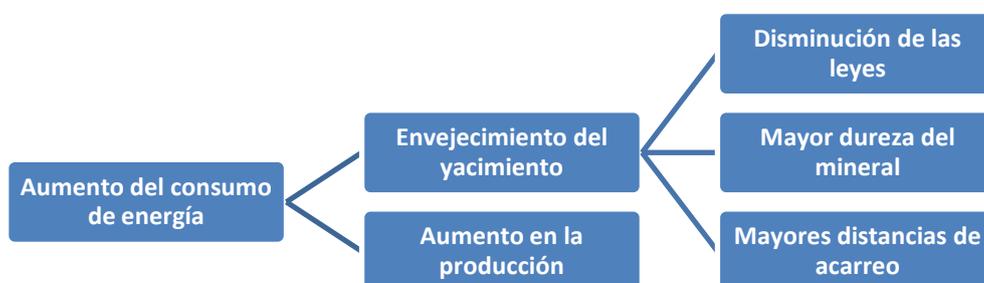
Figura 1 – Evolución del consumo de energía y la producción de Cu fino



Fuente: Elaborado por COCHILCO

El consumo de energía ha ido aumentando en el tiempo, como es posible ver en la figura 1. En la figura 2 se muestran las razones de este aumento, que se relacionan con el incremento en la producción y al envejecimiento de las minas¹. A su vez, este envejecimiento se relaciona con la disminución de las leyes, mayor dureza del mineral y mayores distancias de acarreo. Esta tendencia seguirá con el paso de los años, por lo que es de suma importancia tener una idea de la cantidad de energía que consumirá en los próximos años la minería del cobre en nuestro país.

Figura 2 – Evolución del consumo de energía y la producción de Cu fino



Fuente: Elaborado por COCHILCO

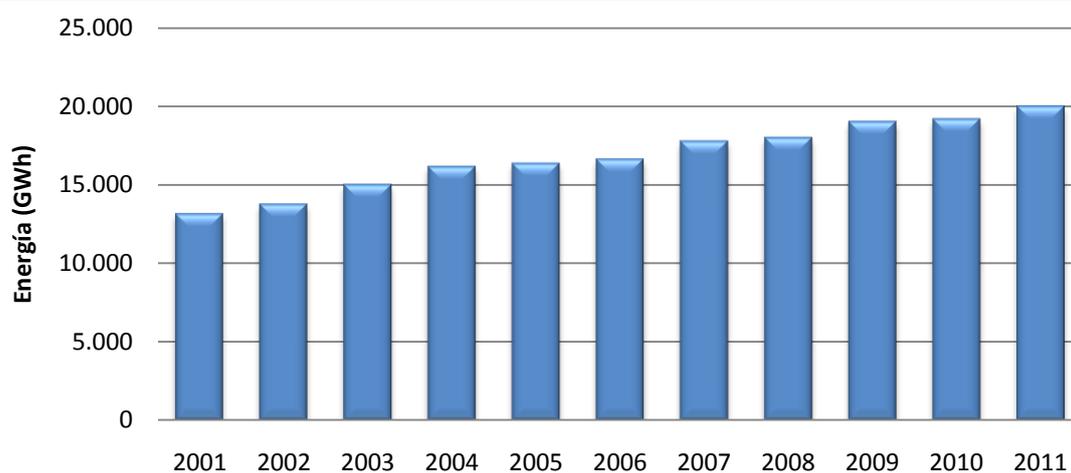
¹ Para mayor información ver “Actualización de información sobre el consumo de energía asociado a la minería del cobre al año 2011”, el cual se puede encontrar en www.cochilco.cl

El presente estudio se enfoca en la energía eléctrica, por lo que a continuación se describe más en detalle cómo ha evolucionado este consumo.

2.2 Evolución del consumo de energía eléctrica 2001 - 2011

Como se ve en la figura 3, el consumo de energía eléctrica aumentó desde 13,13 TWh a 19,96 TWh entre los años 2001 y 2011, esto equivale a un incremento de un 52% en este periodo de tiempo.

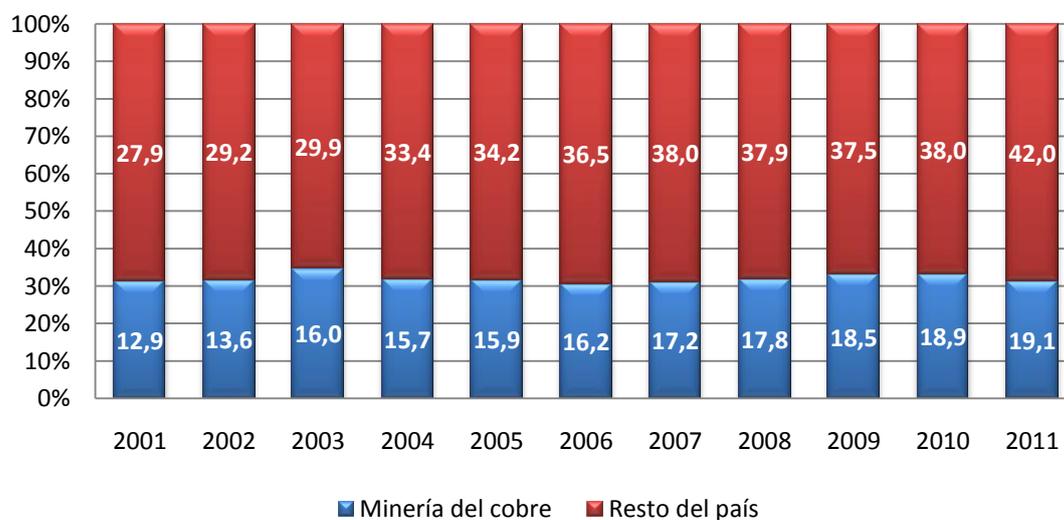
Figura 3 – Evolución del consumo de energía eléctrica en la minería del cobre



Fuente: Elaborado por COCHILCO

A pesar de este incremento, la participación porcentual que ha tenido la minería del cobre dentro del consumo de energía eléctrica total del país ha permanecido prácticamente constante. Según los balances de energía del país, la minería del cobre ha consumido aproximadamente un 30% de la energía eléctrica entre los años 2001 y 2011. En la figura 4 se aprecia tanto la participación porcentual anual de la minería del cobre, como las cifras del consumo anual de energía eléctrica expresadas en gigawatt-hora dentro de las barras.

Figura 4 – Consumo de energía eléctrica a nivel país de la minería del cobre



Fuente: CNE y Ministerio de Energía

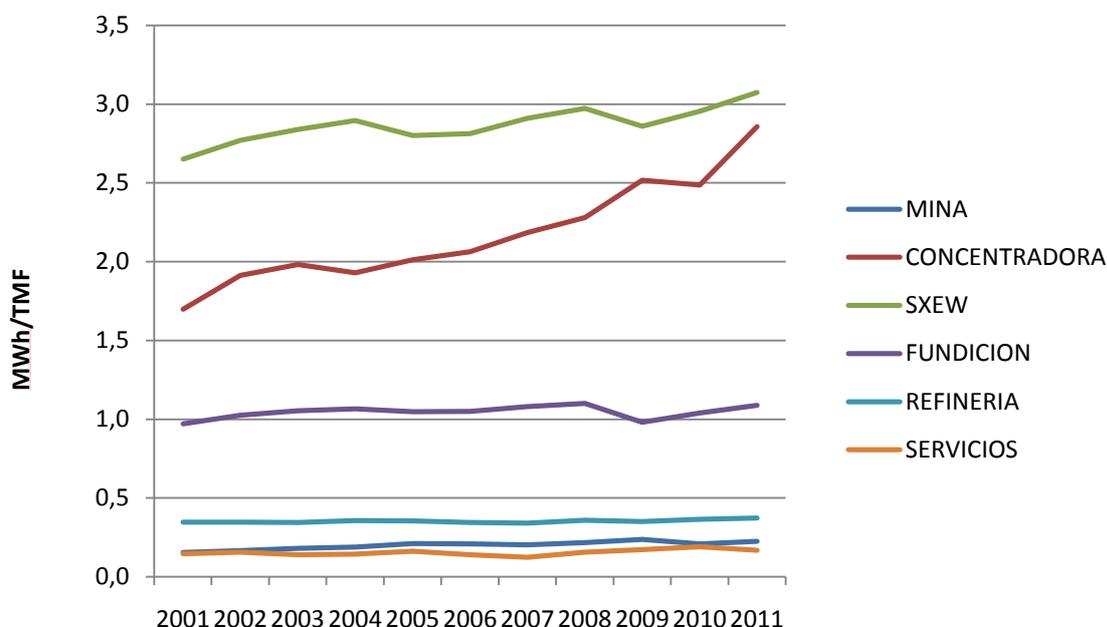
Esta energía ha sido provista desde el Sistema Interconectado del Norte Grande (SING) o el Sistema Interconectado Central (SIC), según sea la ubicación de las faenas mineras.

2.3 Evolución de los consumos unitarios de energía eléctrica en la minería del cobre por proceso minero, 2001 – 2011

Para entender mejor el aumento expuesto en el punto 2.2, a continuación se presenta cómo han variado los consumos unitarios de energía eléctrica por proceso minero mostrando la evolución de los consumos unitarios por fino obtenido en el proceso, por mineral procesado/extraído en el proceso y para el caso de la fundición por concentrado procesado. Además se mostrará la variación porcentual que los coeficientes han tenido con base en el año 2001, para poder comparar en términos relativos estas variaciones.

En la Figura 5 se presenta la evolución de los consumos unitarios por fino obtenido en cada proceso:

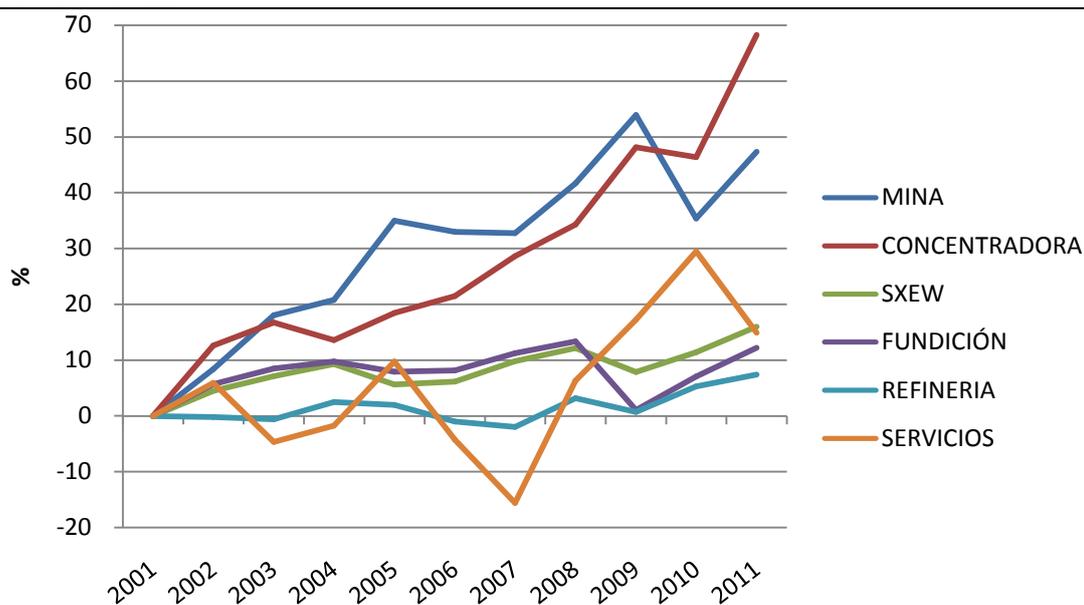
Figura 5 – Evolución del consumo unitario de energía eléctrica por tonelada de cobre fino - proceso minero



Fuente: Elaborado por COCHILCO

A continuación se presenta el mismo gráfico de la figura 5, pero con base en el año 2001 para así ver la evolución que estos consumos unitarios han tenido en términos relativos.

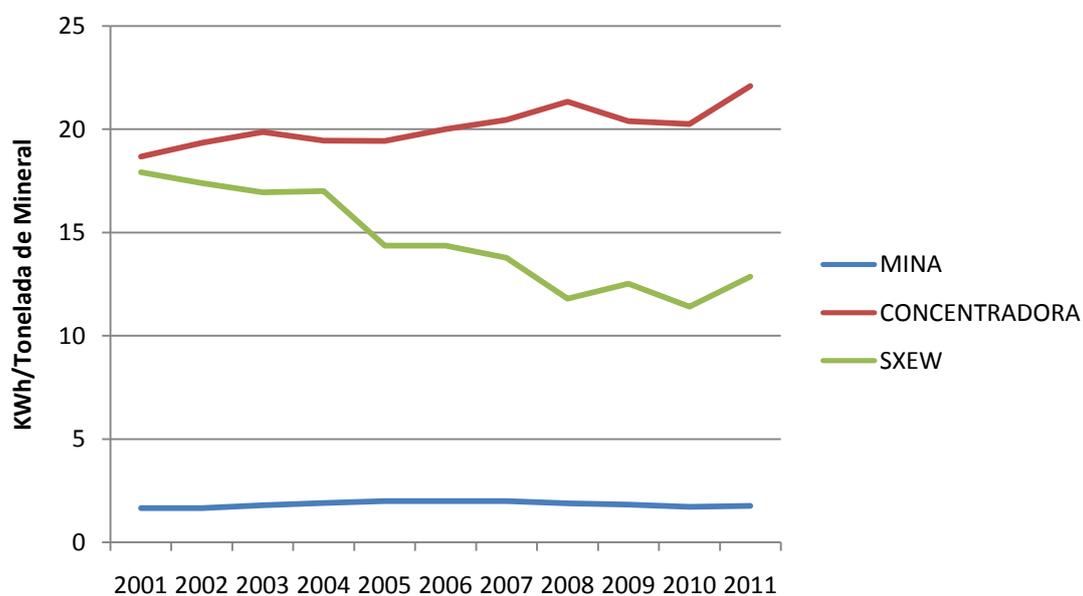
Figura 6 – Evolución del consumo unitario de energía eléctrica por tonelada de cobre fino, con base en el año 2001



Fuente: Elaborado por COCHILCO

A su vez la evolución que han tenido los coeficientes unitarios de energía eléctrica por tonelada de mineral se muestra en la figura 7. Para el caso de la mina es por mineral extraído, en cambio para concentradora y SXEW el coeficiente es por mineral procesado.

Figura 7 – Evolución del consumo unitario de energía eléctrica por tonelada de mineral - proceso minero

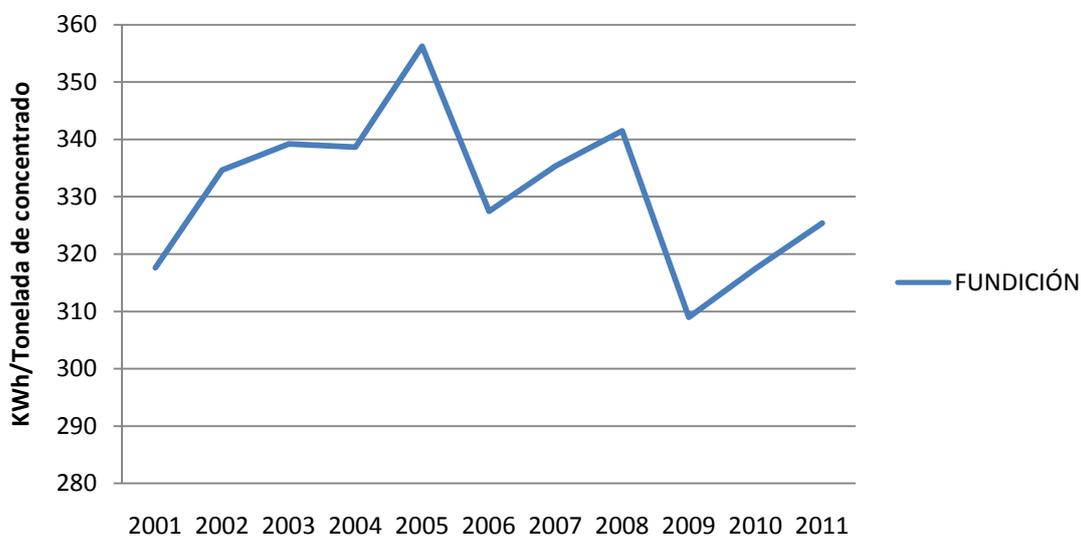


Fuente: Elaborado por COCHILCO

Para el caso de la fundición el coeficiente unitario se define como la energía eléctrica consumida por tonelada de concentrado procesado, lo cual hace que los órdenes de magnitud

no sean comparables con los expuestos en la figura 7, por lo que se gráfica en un gráfico independiente.

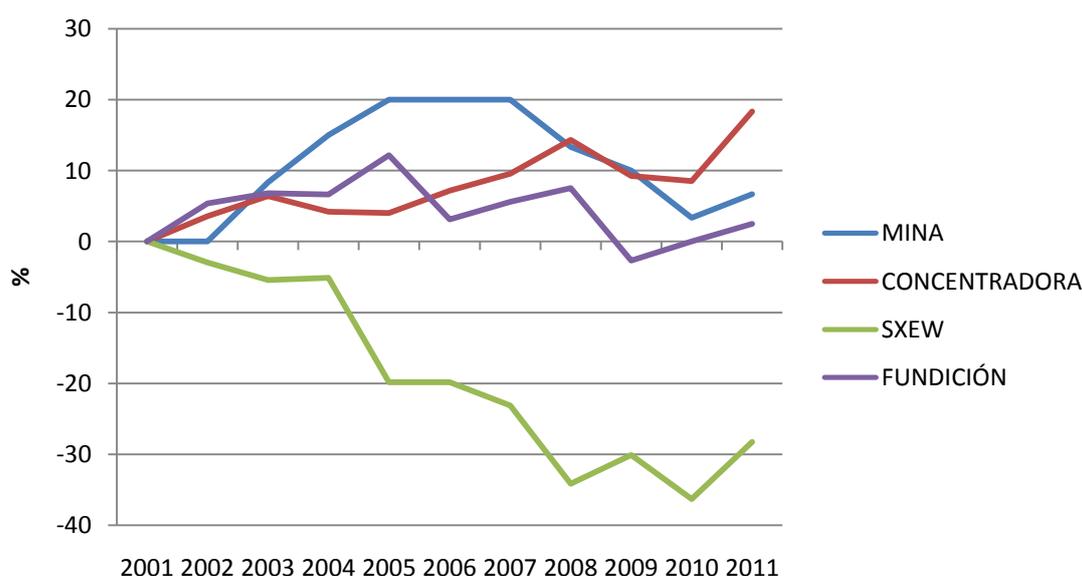
Figura 8 – Evolución del consumo unitario de energía eléctrica por tonelada de concentrado



Fuente: Elaborado por COCHILCO

Para finalizar esta sección se presentan los gráficos de las figuras 7 y 8, pero con base en el año 2001 para así ver la evolución que estos consumos unitarios han tenido en términos relativos. Es importante mencionar que para el caso de la refinería el consumo unitario por ánodos procesado es prácticamente igual al coeficiente de energía por tonelada de cobre fino (presentado en la figura 5), esto debido a los altos porcentajes de cobre fino que presentan los ánodos.

Figura 9 – Evolución del consumo unitario de energía eléctrica por tonelada mineral/concentrado, con base en el año 2001



Fuente: Elaborado por COCHILCO

A primera vista se ve que los consumos unitarios de energía eléctrica por cobre fino obtenido en la concentradora son los que más han aumentado (ver figura 5), aunque desde un punto de vista porcentual los consumos unitarios de energía eléctrica por cobre fino obtenido de la mina también han aumentado considerablemente (ver figura 6). Si bien los consumos unitarios de energía eléctrica por cobre fino obtenido en la mina han aumentado un 47% entre el año 2001 y 2011, el consumo de este tipo de energía no es muy intensivo, por lo que este aumento no afecta en gran manera el consumo total de energía. Distinto es el caso de la planta concentradora, ya que en este proceso si se hace un uso intensivo de energía eléctrica, por lo que la variación porcentual de un 68% implica un aumento considerable en el consumo total de energía.

Al revisar los cambios relativos de los coeficientes unitarios de energía eléctrica por mineral procesado (ver figura 9), se puede apreciar que el coeficiente asociado a la concentradora aumenta, pero de manera más estable que el coeficiente asociado al cobre fino producido en la concentradora (ver figura 6), esto indica que este coeficiente es más homogéneo en el tiempo y por ende presenta una menor variabilidad.

Más adelante se ve que para proyectar conviene utilizar el coeficiente de energía por fino y otras veces el coeficiente de energía por mineral, dependiendo del proceso que se esté analizando, eligiéndose el coeficiente que presente menor variabilidad en el tiempo.

3. Proyectos de inversión en la minería del cobre

El incremento del consumo de energía eléctrica se debe en gran parte a la incorporación gradual de nuevas operaciones mineras, por lo que resulta relevante conocer la cartera de proyectos en la cual se basa este estudio.

Para proyectar el consumo de energía eléctrica en la minería del cobre se utilizan tres *inputs* que se vinculan necesariamente, estos son: las operaciones vigentes, los proyectos mineros y los proyectos de plantas de desalinización e impulsión de agua contemplados como necesarios para algunos proyectos mineros.

Cabe señalar que el alto número de proyectos de desalinización e impulsión de aguas vinculados directamente a proyectos mineros, hace necesario incluir su demanda eléctrica junto con la demanda minera propiamente tal.

3.1 Cartera de proyectos en la minería del cobre

La inversión minera entre los años 2012 y 2020 contempla un monto total de US\$ 104 mil millones, los cuales se componen de US\$ 80 mil millones en la minería del cobre, US\$ 20 mil millones en la minería del oro y plata y US\$ 4 mil millones en la minería del hierro y minerales industriales.

A continuación se presentan los proyectos de minería del cobre y oro (con cobre como coproducto) obtenidos del último catastro de inversiones elaborado por COCHILCO disponible a la fecha², los que se dividirán de acuerdo al sistema interconectado en el cual se encuentran. Las Tablas 1 y 2 especifican cada proyecto con el año de puesta en marcha, región en donde están ubicados, empresa operadora y el estado en el que se encuentran.

Tabla 1 – Proyectos de inversión en minería de cobre y oro 2012-2020 - SING

PROYECTOS	PUESTA EN MARCHA	REGIÓN	EMPRESA OPERADORA	ESTADO
ESCONDIDA CHANC.	2012	Antofagasta	Minera Escondida Ltda.	Ejecución
LOMAS BAYAS II EXT.	2012	Antofagasta	Xstrata Lomas Bayas	Ejecución
EXPANSION FASE II	2013	Tarapacá	Doña Inés de Collahuasi	Ejecución
MINA MINISTRO HALES	2013	Antofagasta	Codelco Div. Min. Hales	Ejecución
ESCONDIDA LIX. ÓX.	2014	Antofagasta	Minera Escondida Ltda.	Ejecución
ANTUCOYA	2014	Antofagasta	Minera Antucoya Ltda.	Ejecución
ESCONDIDA OGP I	2015	Antofagasta	Minera Escondida Ltda.	Ejecución
SIERRA GORDA	2015	Antofagasta	Quadra Chile	Ejecución
Q. BLANCA HIPÓGENO	2016	Tarapacá	Cía. Minera Q. Blanca	Factibilidad
SULFUROS RT FASE II	2016	Antofagasta	Codelco Div. RT	Factibilidad
TELÉGRAFO	2017	Antofagasta	Minera Esperanza	Factibilidad
L. BAYAS III SULFUROS	2017	Antofagasta	Xstrata Lomas Bayas	Prefactibilidad
EL ABRA MILL PROJECT	2017	Antofagasta	El Abra SCM	Factibilidad
EXPANSIÓN FASE III	2017	Tarapacá	Collahuasi	Prefactibilidad
CHUQUI SUBTERRÁNEA	2019	Antofagasta	Codelco Div. Chuquicamata	Factibilidad
CARACOLES	2020	Antofagasta	Antofagasta Minerals	Factibilidad

Fuente: Comisión Chilena del Cobre, en base a información pública de las compañías

² Para mayor información ver “Inversión en la Minería Chilena. Cartera de Proyectos 2012”, el cual se puede encontrar en www.cochilco.cl

Tabla 2 – Proyectos de inversión en minería de cobre y oro 2012-2020 - SIC

PROYECTOS	PUESTA EN MARCHA	REGIÓN	EMPRESA OPERADORA	ESTADO
CASERONES	2013	Atacama	Minera Lumina Copper	Ejecución
INCA DE ORO	2014	Atacama	Inca de Oro S.A.	Factibilidad
D. DE ALMAGRO - LIX.	2014	Atacama	CAN-CAN	Factibilidad
D. DE ALMAGRO–CONC	2015	Atacama	CAN-CAN	Factibilidad
SAN ANTONIO ÓXIDOS	2015	Atacama	Codelco Div. Salvador	Factibilidad
SANTO DOMINGO	2016	Atacama	Minera Santo Domingo	Factibilidad
EL ESPINO	2016	Coquimbo	Explorator S.A.	Prefactibilidad
CASPICHE	2016	Atacama	Minera Eton Chile	Factibilidad
NUEVO NIVEL MINA	2017	O'Higgins	Codelco Div. El Teniente	Ejecución
CERRO CASALE	2017	Atacama	Minera Estrella de Oro Ltda	Factibilidad
RELINCHO	2018	Atacama	Relincho Copper	Factibilidad
EL MORRO	2018	Atacama	Minera El Morro	Factibilidad
TRASP. MINA PLANTA	2018	Valparaíso	Codelco Div. Andina	Ejecución
AMP. PELAMBRES	2019	Coquimbo	Minera Los Pelambres	Prefactibilidad
NUEVA ANDINA FASE II	2019	Valparaíso	Codelco Div. Andina	Factibilidad

Fuente: Comisión Chilena del Cobre, en base a información pública de las compañías

3.2 Cartera de proyectos de plantas desalinizadoras

Las plantas desalinizadoras y sistemas de impulsión no son procesos mineros propiamente tales, pero sí están directamente vinculadas a ellos. Dado esto, el impacto que tendrán en el consumo de energía eléctrica global es un factor que irá teniendo mayor preponderancia con el transcurso de los años.

El catastro corresponde a proyectos que las mismas empresas mineras han informado que se requieren para la operación. A continuación se presenta el listado de proyectos en carpeta, los cuales están separados por sistema interconectado de acuerdo al lugar geográfico donde se encuentran:

Tabla 3 – Proyectos y operaciones de plantas desalinizadoras - SING

PROYECTOS	REGIÓN	EMPRESA OPERADORA	ESTADO
PLANTA COLOSO	Antofagasta	BHP Billiton	En Operación
DESAL. M. ESCONDIDA	Antofagasta	BHP Billiton	Factibilidad
DESAL. COLLAHUASI	Tarapacá	Doña Inés de Collahuasi	Pre Factibilidad
DESAL. RT	Antofagasta	Codelco	En Estudio
DESAL. QUEB. BLANCA	Tarapacá	Teck	Factibilidad
DESAL. MICHILLA	Antofagasta	Antofagasta Minerals	En Operación
AGUA MAR ESPERANZA	Antofagasta	Antofagasta Minerals	En Operación
AGUA MAR LAS LUCES	Antofagasta	SLM Las Cenizas	En Operación
AGUA MAR MANTO DE LA LUNA	Antofagasta	Compañía Minera Tocopilla	En Operación
AGUA MAR SIERRA GORDA	Antofagasta	Minera Quadra Chile	Ejecución

Fuente: Comisión Chilena del Cobre, en base a información pública de las compañías

Tabla 4 – Proyectos y operaciones de plantas desalinizadoras - SIC

PROYECTOS	REGIÓN	EMPRESA OPERADORA	ESTADO
DESAL. MANTOVERDE	Atacama	AngloAmerican	En Construcción
DESAL. CANDELARIA	Atacama	Freeport	En Construcción
DESAL. EL MORRO	Atacama	Goldcorp	Pre Factibilidad
DESAL. SANTO DOMINGO	Atacama	SCM Santo Domingo	Factibilidad
DESAL. RELINCHO	Atacama	Teck	Factibilidad

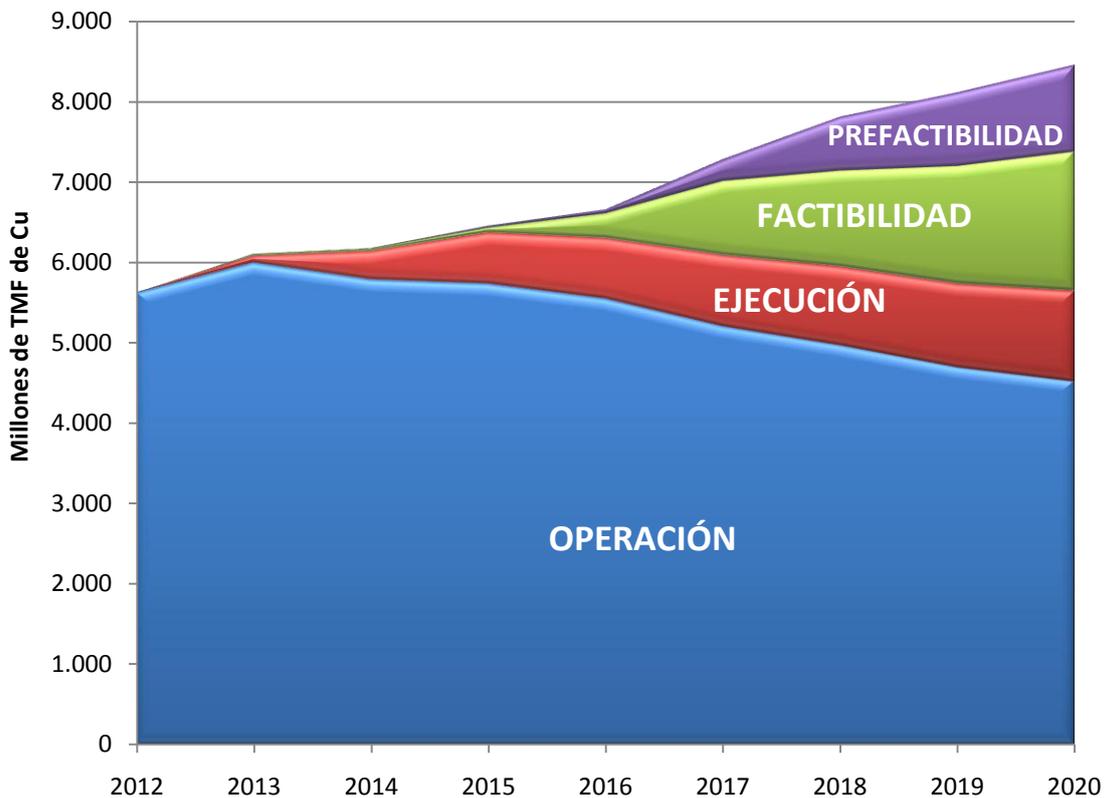
Fuente: Comisión Chilena del Cobre, en base a información pública de las compañías

3.3 Proyección de la capacidad³ de producción, 2012-2020

La proyección de la capacidad de producción de cobre se basa en la capacidad de las operaciones vigentes, la que tenderá a decrecer en el futuro, más el aporte productivo de los nuevos proyectos que podrían entrar en operación durante la presente década, los cuales se reseñan en las tablas 1 y 2 precedentes. En base a los antecedentes disponibles, la capacidad productiva podría aumentar desde las 5,6 Mega TMF en el 2012 hasta 8,4 Mega TMF en el 2020, lo que significaría un aumento del 50% en la capacidad de producción de cobre mina⁴. Cabe destacar que la producción del año 2011 fue de 5,3 Mega TMF. Por otro lado hay que mencionar que este aumento en la capacidad de producción se llevaría a cabo **solo si todos los proyectos contemplados en la cartera de inversiones se concretan en la fecha estipulada**. Esta proyección sustenta el vector de demanda que se utiliza en el estudio.

En la siguiente figura se aprecia la proyección de la capacidad de producción de acuerdo al estado en que se encuentran los proyectos a la fecha de realización de este estudio.

Figura 10 – Proyección de la capacidad productiva de cobre fino en la minería chilena, 2012-2020



Fuente: Elaborado por COCHILCO

³Para tener una mejor comprensión y evitar malos entendidos entre capacidad y producción, se darán las respectivas definiciones:

Capacidad: potencial máximo de producción, sujeto a característica físicas propias de cada planta.

Producción: valor real de producción, esta, en teoría, debiese ser menor o igual a la capacidad.

Con estas definiciones expuestas, se puede decir que si la producción opera a su máximo potencial, esta igualaría a la capacidad. En la realidad las empresas mineras nivelan su producción para ajustarse a las condiciones de mercado, optimizando su producción con el fin de maximizar sus utilidades.

⁴ Cobre mina: cobre fino contenido en el concentrado y cátodos electro obtenidos

4. Metodología

Las proyecciones de este estudio comprenden un espacio de nueve años, entre 2012 y 2020. Vale la pena recordar que estas proyecciones incluyen la energía consumida por las plantas desalinizadoras y sistemas de impulsión.

La proyección de la energía consumida se calcula de la siguiente manera

$$Energía\ consumida_{ijk} = Material_{ijk} \times Coeficiente_{ijk} \times (1 + Tasa_{ik})^j$$

Donde:

Energía Consumida_{ijk}: energía que demandará el proceso *i* en el periodo *j* para el sistema *k*

Material_{ijk}: cobre fino o mineral tratado en el proceso minero en *i* en el periodo *j* para el sistema *k*

Coeficiente_{ijk}: Consumo unitario de energía en el proceso *i* en el periodo *j* para el sistema *k*

Tasa_{ik}: Tasa anual de crecimiento del coeficiente unitario del proceso *i* para el sistema *k*

i: tipo de proceso minero, el cual puede ser mina, concentradora, SXEW, Fundición, refinería, servicios y desalinización

j: periodo, el cual va desde el año 2012 hasta el año 2020

k: sistema interconectado, el cual puede ser SING o SIC

Para saber qué *material* utilizar (cobre fino producido o material procesado) y qué *coeficiente* usar (energía por cobre fino o energía por mineral procesado) en cada proceso, se hizo un análisis de variabilidad sobre los coeficientes, en donde se terminó por elegir el coeficiente que presentaba menor variabilidad en el tiempo, esto traía como consecuencia la elección del tipo de material a utilizar para la proyección. Por ejemplo, para la concentradora se calculó la varianza tanto de los coeficientes de energía por tonelada métrica de fino en el concentrado como a los coeficientes asociados al mineral procesado, el coeficiente con la menor varianza fue finalmente el elegido. Esto se hace evidente en el gráfico de la figura 6, donde se muestra que el coeficiente de energía por tonelada de cobre fino tiene una variación porcentual de una 68% entre los años 2001 y 2011, mientras que en la figura 9 se puede ver que el coeficiente unitario asociado al mineral procesado presenta una variación porcentual de un 18% entre los mismos años. Este proceso se hizo para cada proceso.

Con respecto a la *tasa* utilizada se calculó una tasa de crecimiento anual para cada proceso en base a la información histórica que consta de datos desde el año 2001.

En la siguiente tabla se muestran los parámetros utilizados en la proyección por proceso minero:

Tabla 5 – Procesos mineros con sus respectivos parámetros usados en la proyección y tasas de crecimiento utilizadas por sistema interconectado

Proceso Minero y otros	Material	Coeficiente	Tasa anual	
			SING	SIC
Mina ⁵	Fino en mineral extraído	Energía/Fino en mineral extraído	4,0%	3,8%
Concentradora	Material Procesado	Energía/Material Procesado	0,3%	0,2%
SXEW	Fino en cátodo EO	Energía/Fino en cátodo EO	1,0%	1,9%
Fundición	Fino en ánodo	Energía/Fino en ánodo	0,3%	0,9%
Refinería	Fino en cátodo ER	Energía/Fino en cátodo ER	1,2%	-0,4%
Servicios	Fino en cobre mina	Energía/Fino en cobre mina	2,2%	1,75%

Fuente: Elaborado por COCHILCO

Las proyecciones se hicieron en base a tres escenarios los cuales son:

- Escenario pesimista (mínimo): sólo las operaciones actuales mantienen su nivel de producción y los demás proyectos no se realizan.
- Escenario más probable: las operaciones actuales operan y un cierto porcentaje de cada uno de los proyectos (ejecución, factibilidad y prefactibilidad) entra en operación⁶.
- Escenario optimista (máximo): las operaciones actuales y todos los proyectos se ejecutan en las fechas estipuladas y operan a plena capacidad.

La proyección del consumo máximo de energía eléctrica toma como vector de producción a la capacidad de producción descrita en el punto 3.3 del presente informe, esta proyección es equivalente a situarse en el escenario optimista previamente descrito.

La proyección del consumo esperado de energía eléctrica por parte de la minería del cobre por su parte, se realizó generando una simulación de Montecarlo, la cual tomó como base los tres escenarios de capacidad productiva descritos previamente. En base a estos tres escenarios se generó una distribución para la capacidad de producción. En la simulación se obtienen números aleatorios entre 0 y 1, los cuales se ingresan a la función de probabilidad acumulada asociada a la distribución generada previamente y se obtiene el valor de la producción asociado a ese número aleatorio. Una vez obtenido el valor de la producción, este ocupa el valor de la variable material explicada en el en el capítulo 4, a la variable *coeficiente* también se le agrega variabilidad. Este proceso se realiza en reiteradas ocasiones generando una nueva distribución, la cual corresponde al consumo de energía eléctrica. Este método estocástico se

⁵ Para el caso de la mina no se sabe cuánto mineral será extraído de esta por año, por lo que se calculó el mineral extraído en base al cobre mina (cobre fino en concentrado y cátodos EO), se consideró que la recuperación fue decreciendo en el tiempo a una tasa del 0,25% para el SING y 0,3% para el SIC, estas tasas fueron obtenidas en base a información histórica de la recuperación.

⁶ Estos porcentajes fueron calculados en base a los catastros de inversión realizados anteriormente en Cochilco, asignando niveles de certidumbre de acuerdo al estado de avance en el que se encuentran.

efectuó para cada proceso minero y para cada año comprendido en la proyección, tanto para el SING como para el SIC. A cada una de estas distribuciones se le calcula el valor esperado, el cual representa el consumo medio de energía eléctrica.

Para tener una visión más formal del método de Montecarlo a continuación se explican los pasos y su funcionamiento:

1. Especificar las variables y objetivos del modelo, en este caso el objetivo del modelo corresponde a la fórmula especificada en página (página 19).
2. Estimar la distribución de probabilidad que modele el comportamiento de las variables aleatorias no controladas del modelo (en nuestro caso las variables son los coeficientes unitarios y el material a procesar o producir).
3. Calcular las probabilidades acumuladas de cada una de las variables.
4. Generar un número aleatorio entre 0 y 1.
5. Vincular el número aleatorio con las variables cuya probabilidad acumulada sea menor o igual al número aleatorio obtenido.
6. Repetir el proceso un elevado número de veces, hasta obtener el nº deseado de valores muestrales.
7. Realizar con las variables obtenidas las operaciones especificadas en el modelo.
8. Analizar las funciones de distribución de las variables objetivo obtenidas con las operaciones indicadas, como herramienta para la toma de decisiones.

5. Proyección del consumo de energía eléctrica

Utilizando las metodologías descritas en la sección anterior, en la presente sección se calcula la proyección del consumo de energía eléctrica para la minería del cobre para los años 2012 a 2020. Esta proyección incluye la energía consumida por las plantas desalinizadoras y sistemas de impulsión.

En primer término se muestra la energía máxima que se puede llegar a consumir, en el caso que todos los proyectos se ejecuten en la fecha estipulada. Este valor es comparable con los valores que se muestran en previas proyecciones de energía eléctrica realizadas por COCHILCO.

Luego se presenta la proyección del consumo esperado de energía eléctrica, en donde se aplica una metodología basada en la simulación de Montecarlo. Esta proyección muestra una visión más realista del consumo de energía eléctrica por parte de la minería del cobre.

La forma de presentación de los datos es a nivel país y de forma disgregada por sistema interconectado de generación eléctrica, en donde se muestra la energía total a consumir y la energía consumida por proceso minero. Estos son: la extracción desde la mina, planta concentradora, lixiviación (SXEW), fundición y refinería. También se incluye a los ítems de servicios y desalinización e impulsión de agua, los cuales no son procesos mineros propiamente tales, sin embargo consumen una cantidad importante de energía.

En el Anexo se incluyen las tablas con las cifras detalladas correspondientes.

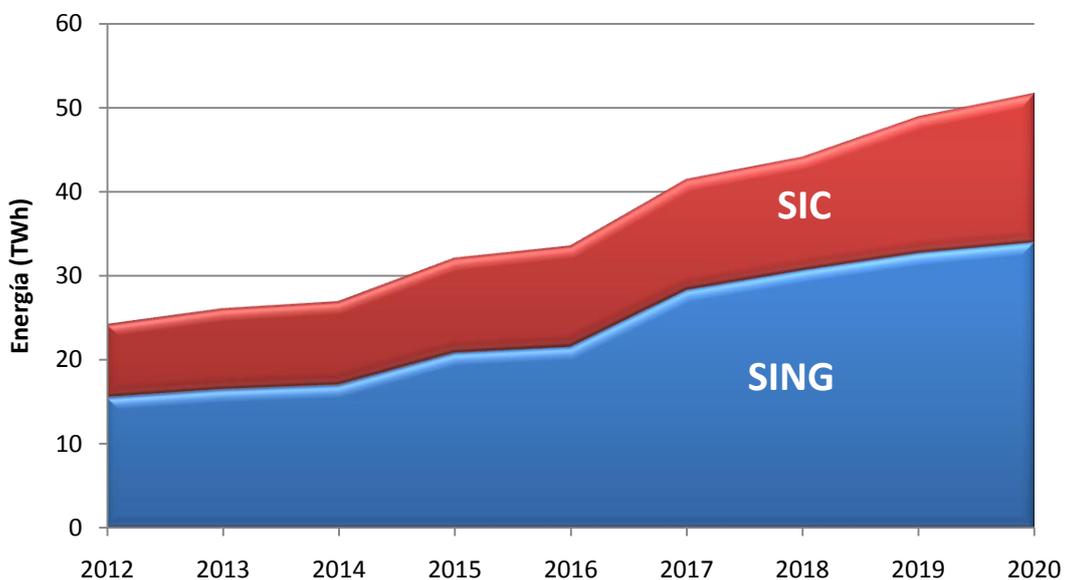
5.1 Proyección del consumo máximo de energía eléctrica

Como ya se ha mencionado, el consumo máximo de energía eléctrica corresponde al escenario en donde todos los proyectos que están actualmente en carpeta se ejecutan en la fecha planeada, esta forma de proyectar es comparable con la que se usó en los estudios realizados por COCHILCO en años anteriores. Se considera que este escenario es posible, pero con una probabilidad prácticamente nula, debido a que por diversas razones los proyectos tienden a retrasarse y posponerse, lo cual posterga también una fracción de la demanda eléctrica proyectada inicialmente.

5.1.1 Proyección del consumo máximo de energía eléctrica - País

En la figura 11 se presenta la proyección del consumo máximo de energía eléctrica para el país, cuyas cifras están contenidas en el Anexo.

Figura 11 – Proyección del consumo máximo de energía eléctrica en la minería del cobre - País

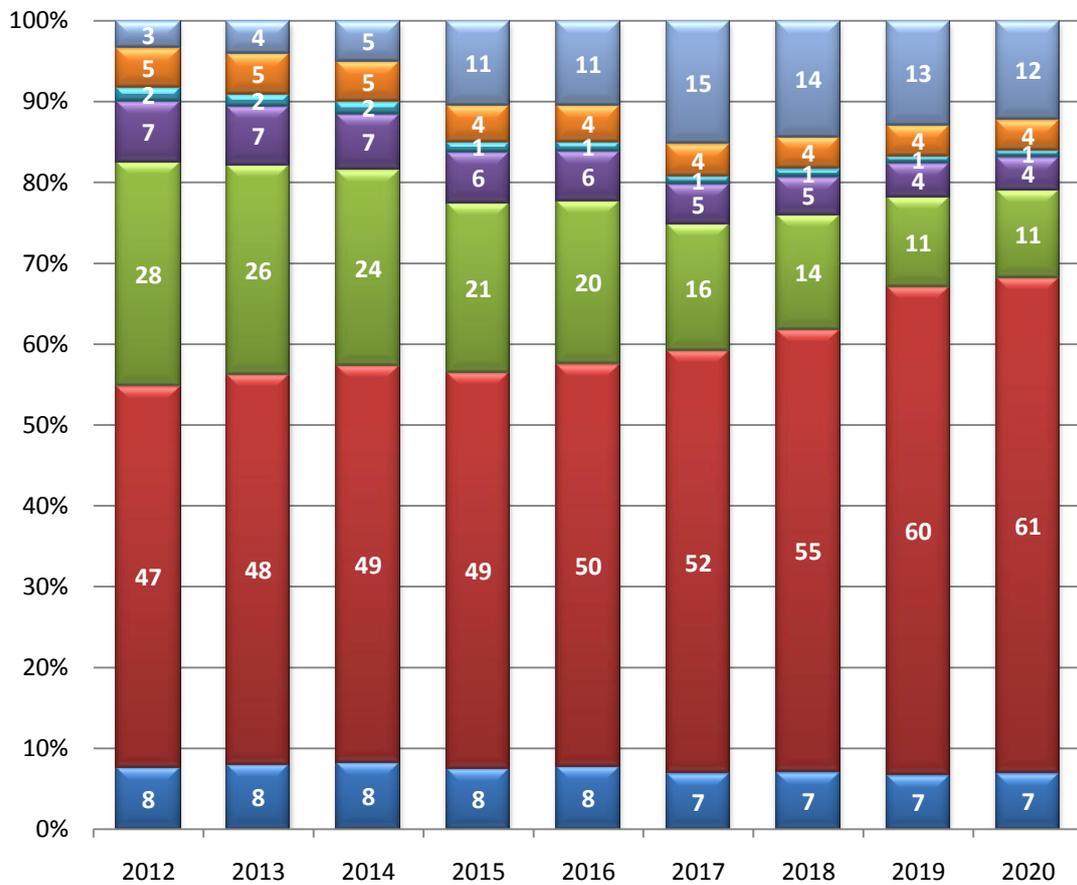
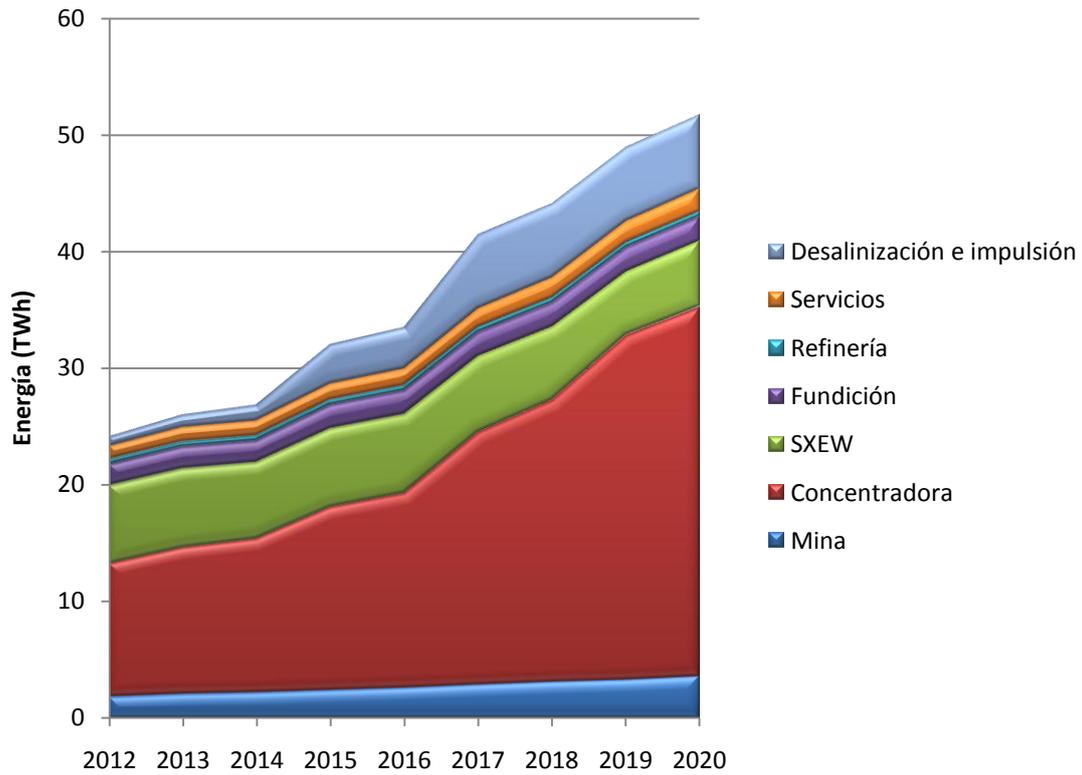


Fuente: Elaborado por COCHILCO

Si se concreta este escenario, el consumo de energía eléctrica en la minería del cobre a nivel país podría llegar a la suma de 51,7 TWh para el año 2020, en donde el SING demandaría un total de 33,9 TWh y el SIC 17,7 TWh.

Para tener una visión más clara de cómo se descompone este consumo, a continuación se graficará la proyección de consumo por proceso minero incluyendo a las plantas desalinizadoras, además se incluye un gráfico de barras en donde se refleja la distribución porcentual de estos consumos.

Figura 12 – Proyección del consumo máximo de energía eléctrica en la minería del cobre por proceso minero y su distribución porcentual - País

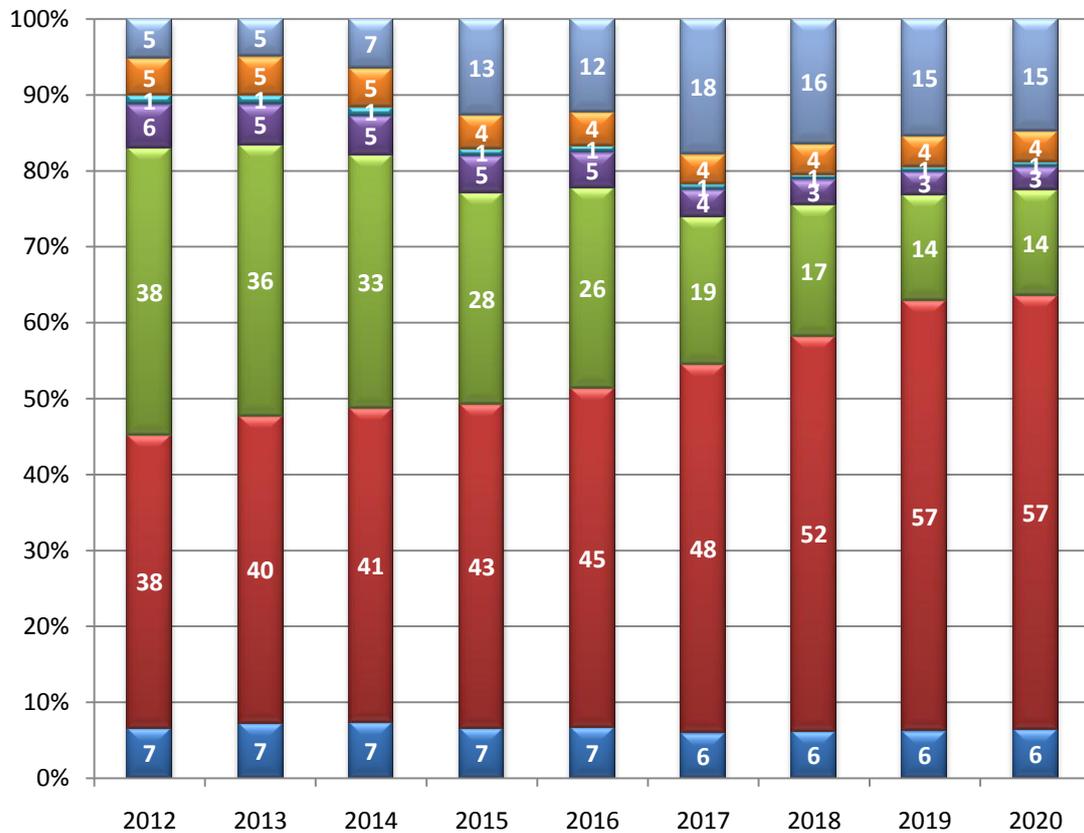
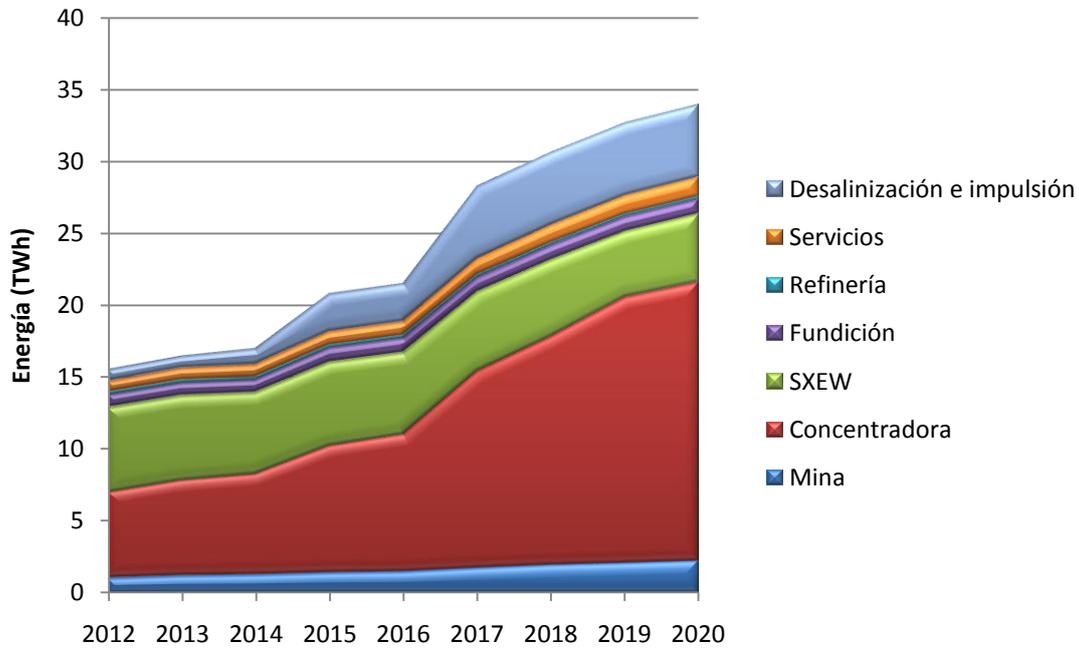


Fuente: Elaborado por COCHILCO

5.1.2 Proyección del consumo máximo de energía eléctrica – SING

A continuación se presenta la proyección del consumo máximo de energía eléctrica para el SING por proceso minero, incluyendo a las plantas desalinizadoras. El consumo máximo para el SING puede llegar a 33,9 TWh en el año 2020.

Figura 13 – Proyección del consumo máximo de energía eléctrica en la minería del cobre por proceso minero y su distribución porcentual - SING

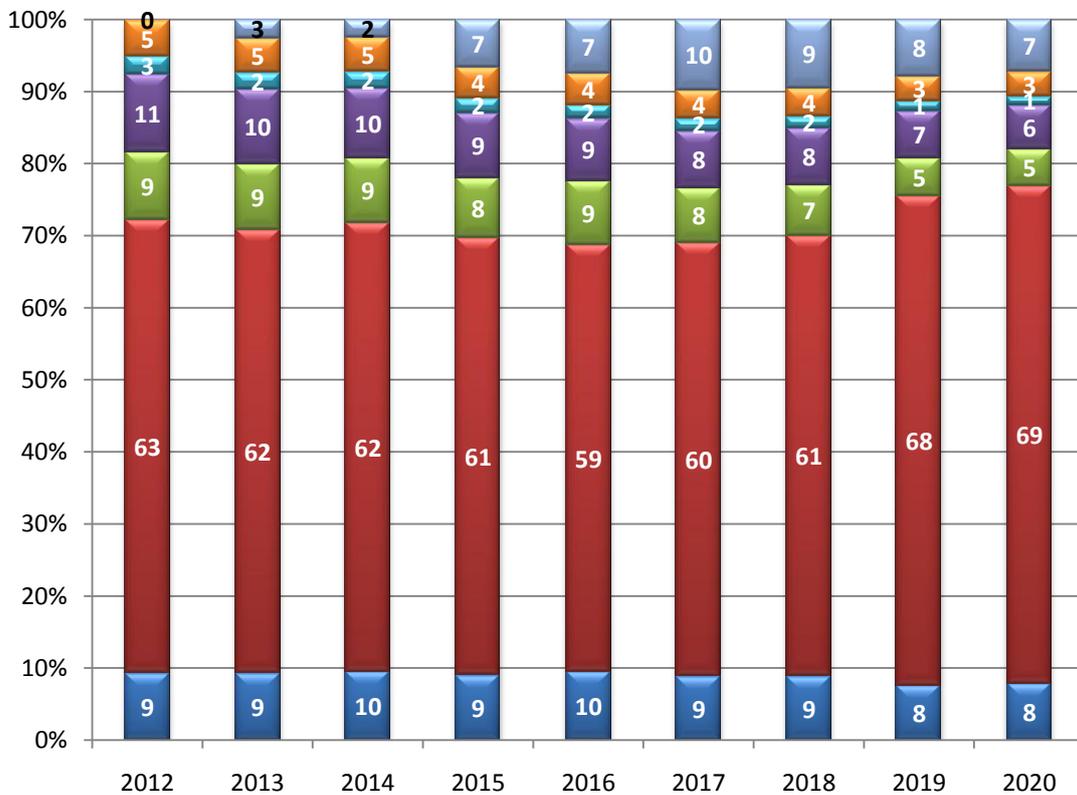
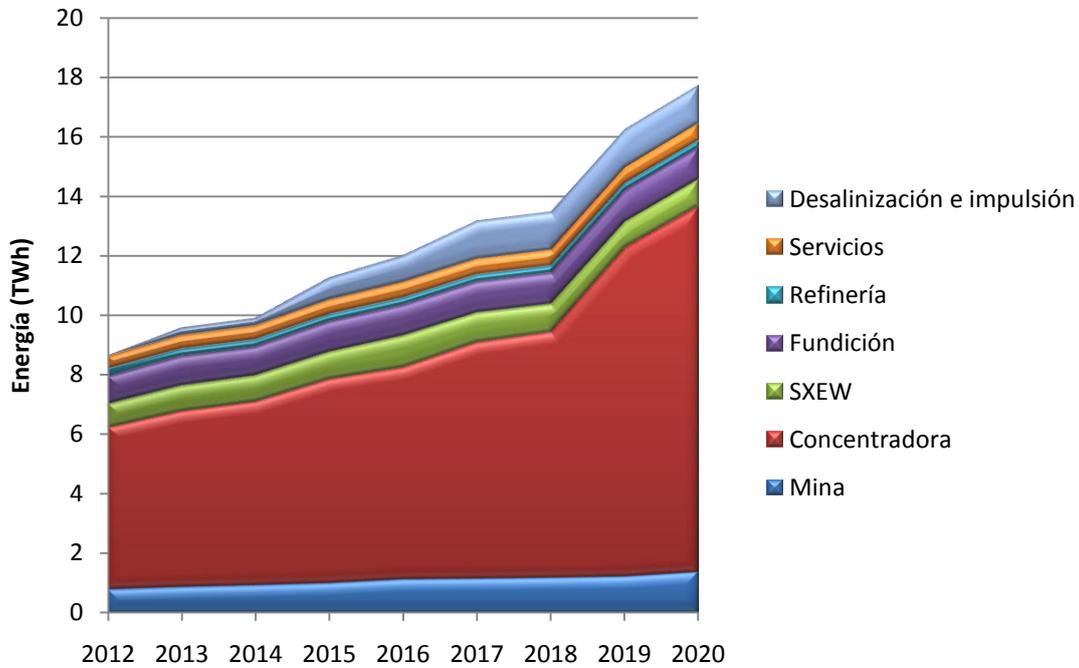


Fuente: Elaborado por COCHILCO

5.1.3 Proyección del consumo máximo de energía eléctrica - SIC

A continuación se presenta la proyección del consumo máximo de energía eléctrica para el SIC por proceso minero, incluyendo a las plantas desalinizadoras. El consumo máximo para el SIC puede llegar a 17,7 TWh en el año 2020.

Figura 14 – Proyección del consumo máximo de energía eléctrica en la minería del cobre por proceso minero y su distribución porcentual - SIC



Fuente: Elaborado por COCHILCO

5.2 Proyección del consumo esperado de energía eléctrica

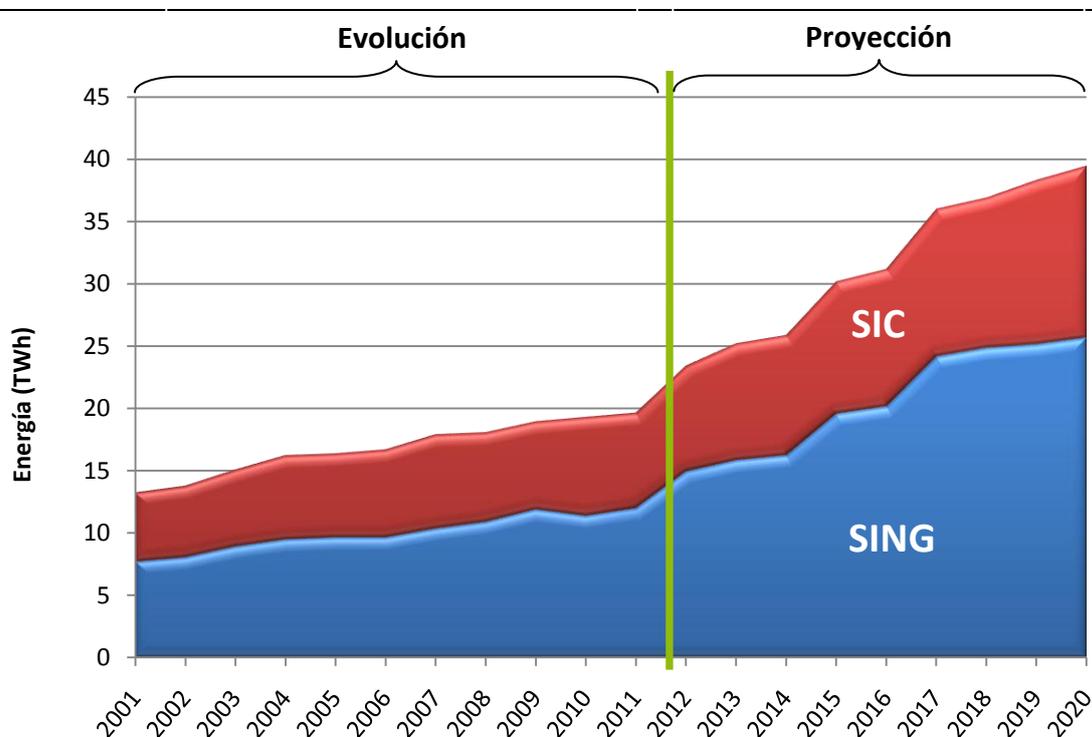
A diferencia de la proyección anterior, la presente proyección incorpora una estimación probabilística de que los proyectos mineros pueden entrar en operación en una fecha posterior a la prevista en el catastro de proyectos. El retraso que ello implicaría, disminuye la demanda por energía que de ellos se deriva.

Como consecuencia de la metodología empleada a este nuevo perfil de consumo global de electricidad se le denomina “consumo esperado”.

5.2.1 Proyección del consumo esperado de energía eléctrica - País

A continuación se presenta la evolución histórica del consumo de energía eléctrica en el país por parte de la minería del cobre y la proyección de este consumo para el periodo en estudio.

Figura 15 – Proyección del consumo esperado de energía eléctrica en la minería del cobre - País

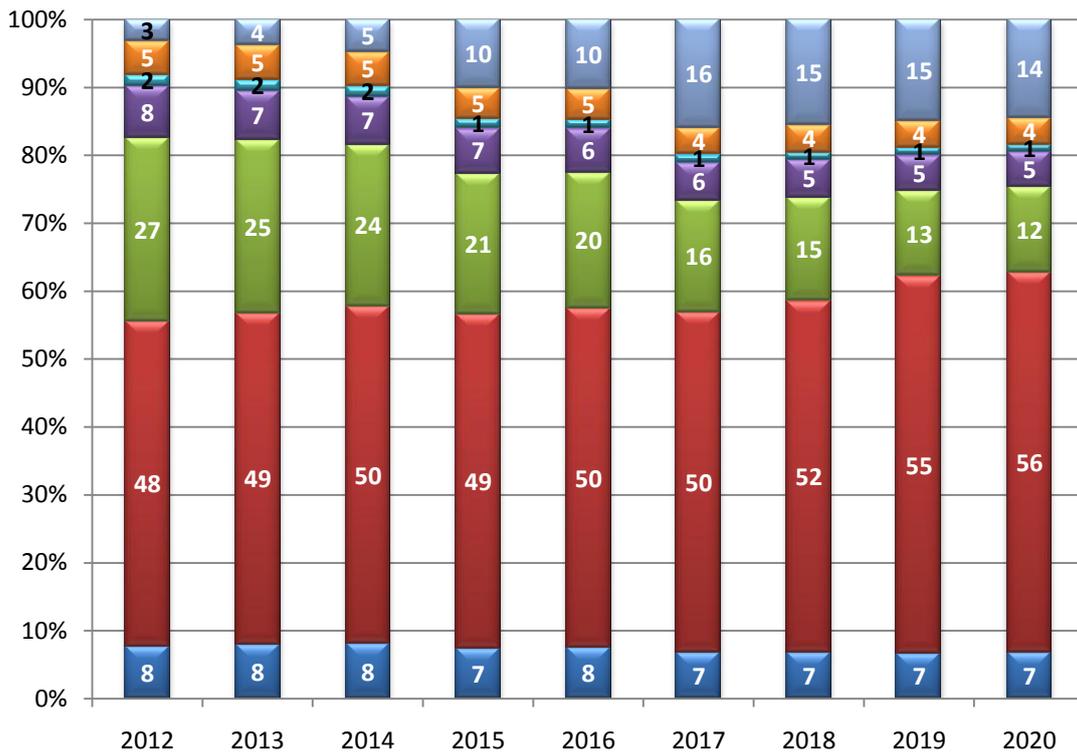
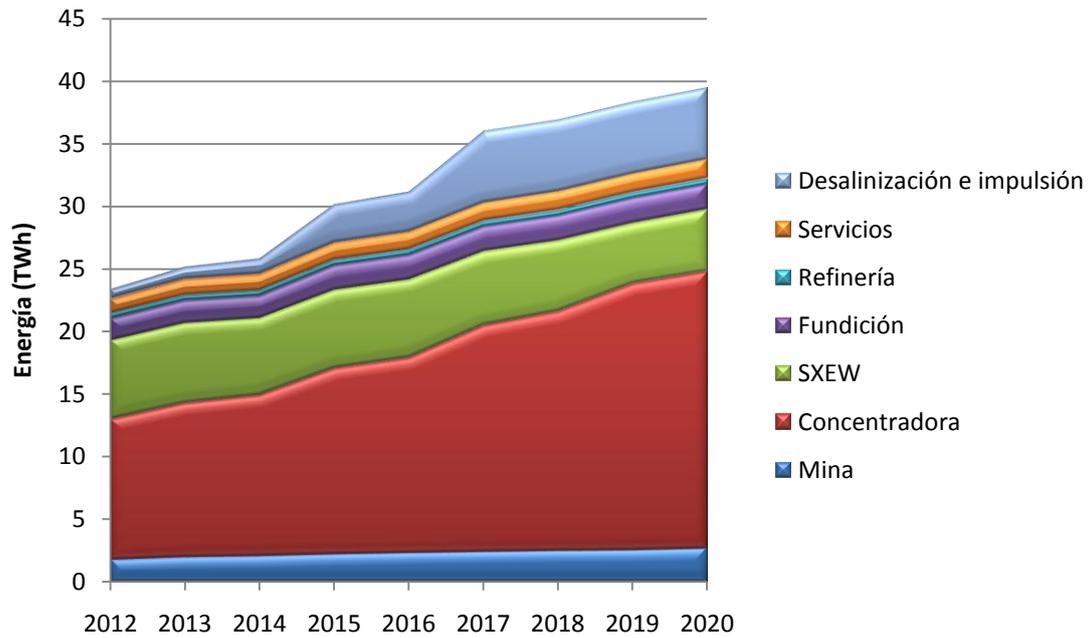


Fuente: Elaborado por COCHILCO

Para el periodo en estudio, entre el año 2012 y 2020, la tasa anual de crecimiento es de un 6,7%. Esto implicaría un aumento porcentual de un 97,3% entre la energía consumida el 2011 y la proyectada para el 2020, para alcanzar 39,4 TWh.

Ahora se muestra esta misma proyección, pero separada en el consumo de energía eléctrica por los distintos procesos mineros más las plantas desalinizadoras y sistemas de impulsión.

Figura 16 – Proyección del consumo esperado de energía eléctrica en la minería del cobre por proceso minero y su distribución porcentual - País

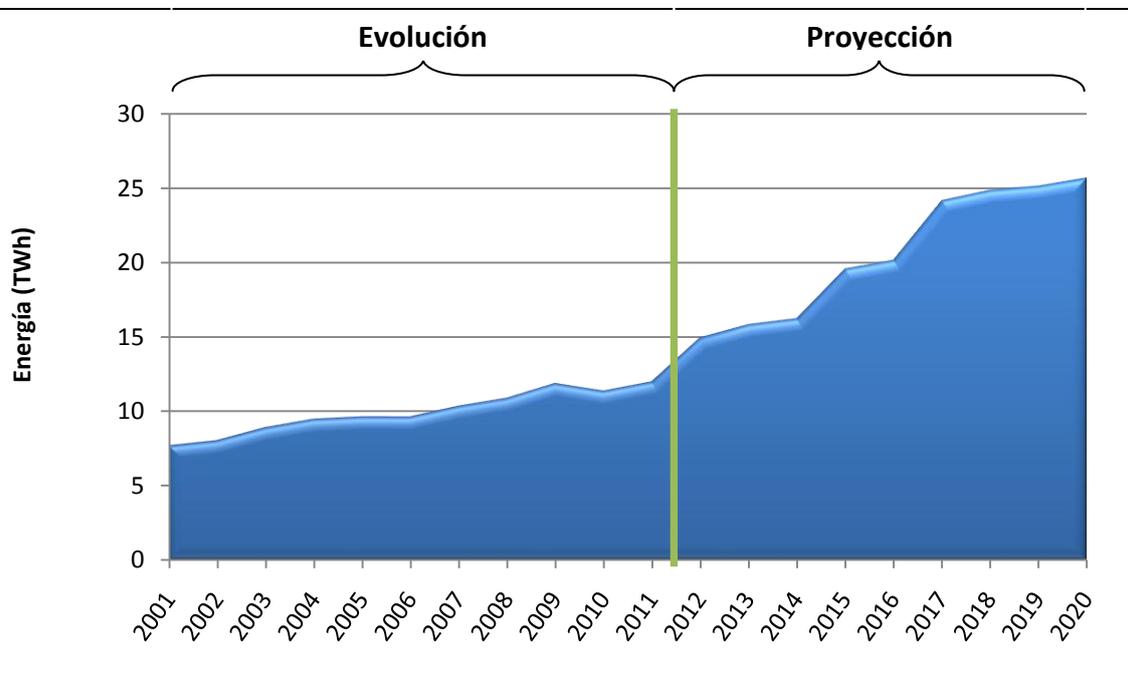


Fuente: Elaborado por COCHILCO

5.2.2 Proyección del consumo esperado de energía eléctrica – SING

A continuación se presenta la evolución histórica del consumo de energía eléctrica en el SING por parte de la minería del cobre y la proyección de este consumo para el periodo en estudio.

Figura 17 – Proyección del consumo esperado de energía eléctrica en la minería del cobre - SING

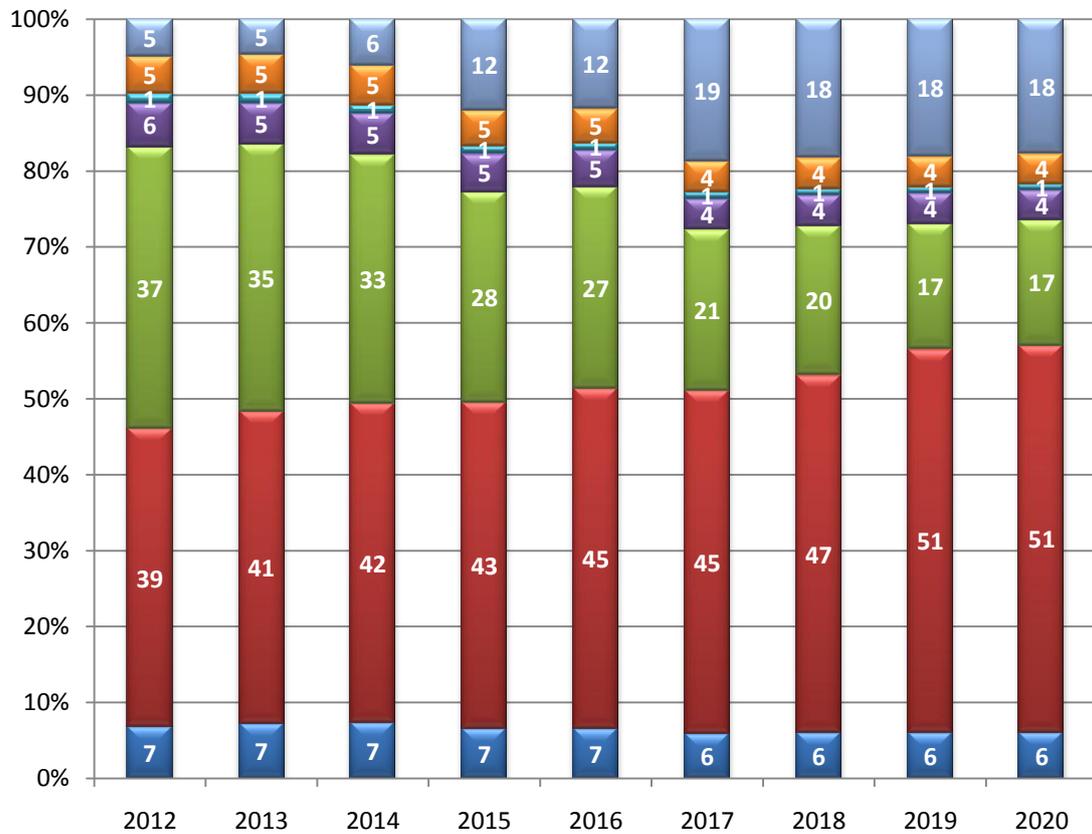
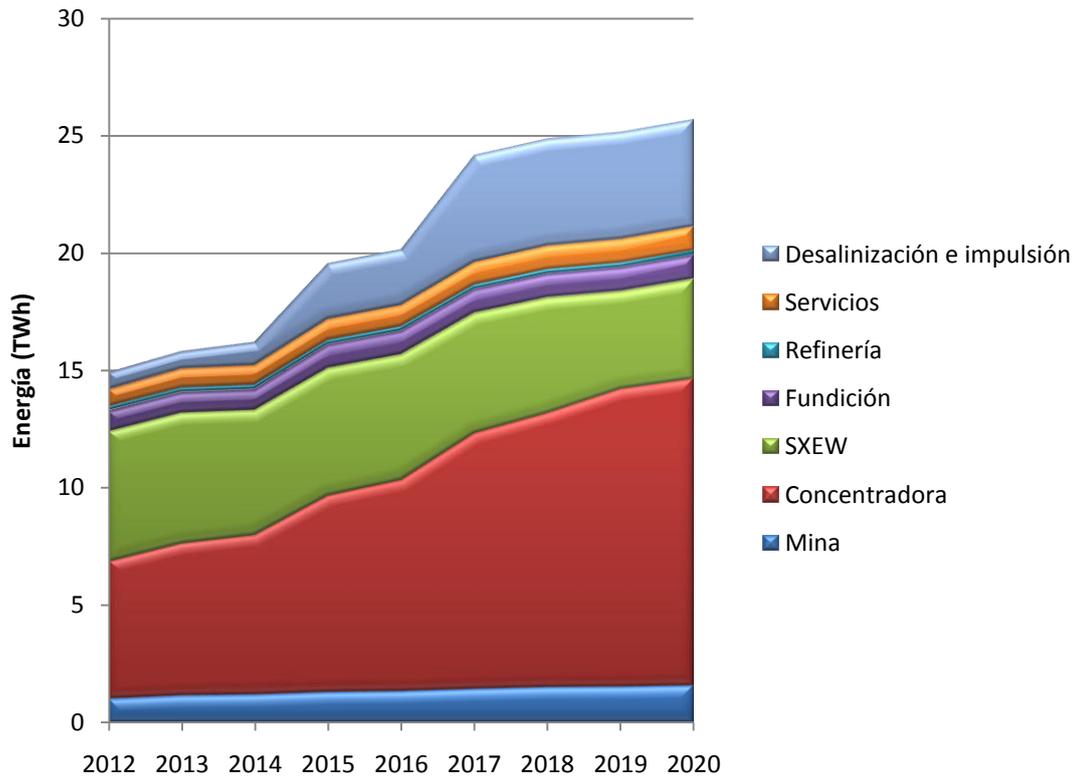


Fuente: Elaborado por COCHILCO

Para el periodo en estudio, entre el año 2012 y 2020, la tasa anual de crecimiento es de un 7,0%. Esto implicaría un aumento porcentual de un 113,8% entre la energía consumida el 2011 y la proyectada para el 2020, para alcanzar 25,7 TWh.

Ahora se muestra esta misma proyección, pero separada en el consumo de energía eléctrica por los distintos procesos mineros más las plantas desalinizadoras y sistemas de impulsión.

Figura 18 – Proyección del consumo esperado de energía eléctrica en la minería del cobre por proceso minero y su distribución porcentual - SING

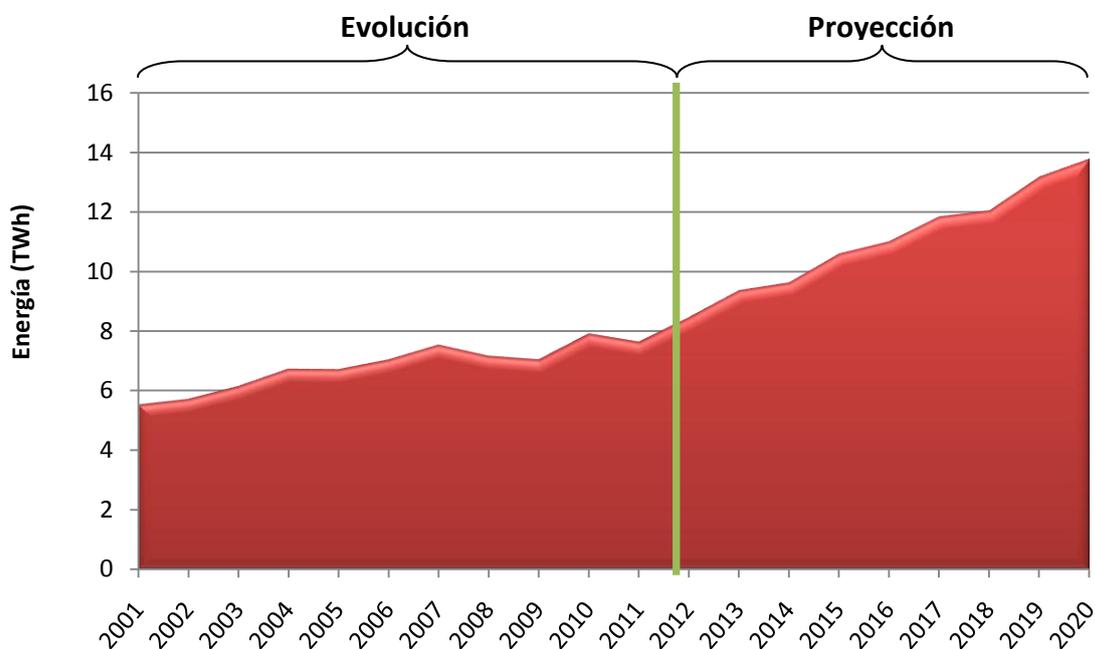


Fuente: Elaborado por COCHILCO

5.2.3 Proyección del consumo esperado de energía eléctrica – SIC

A continuación se presenta la evolución histórica del consumo de energía eléctrica en el SIC por parte de la minería del cobre y la proyección de este consumo para el periodo en estudio.

Figura 19 – Proyección del consumo esperado de energía eléctrica en la minería del cobre – SIC

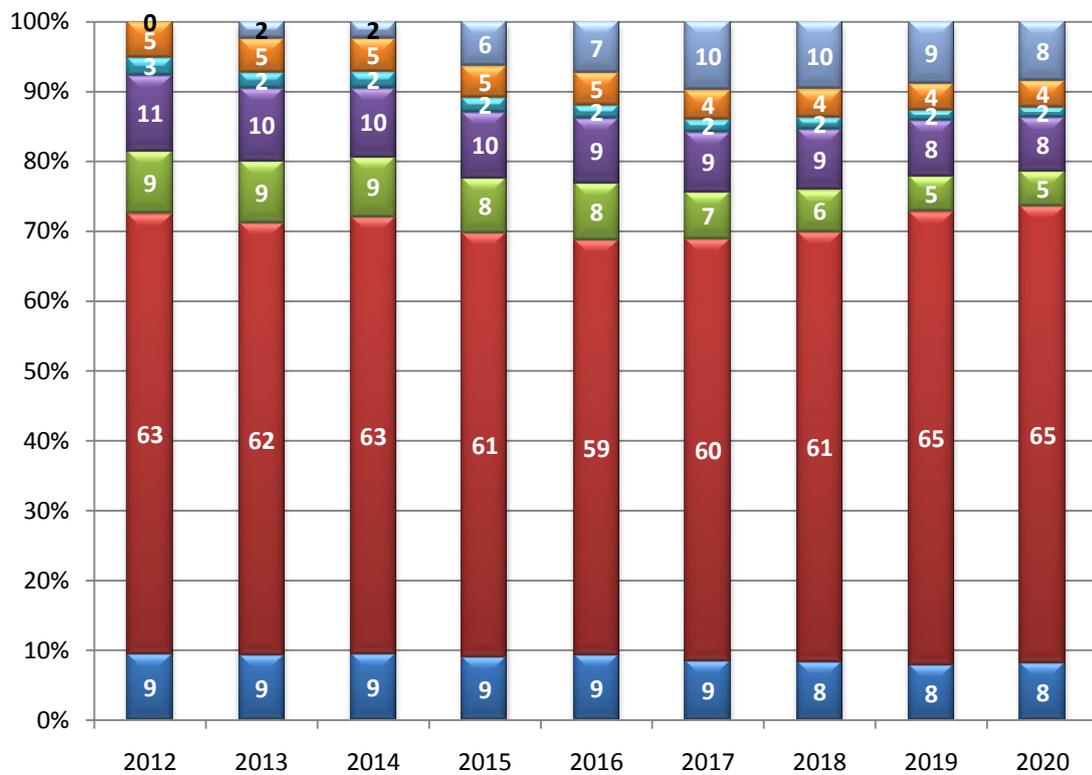
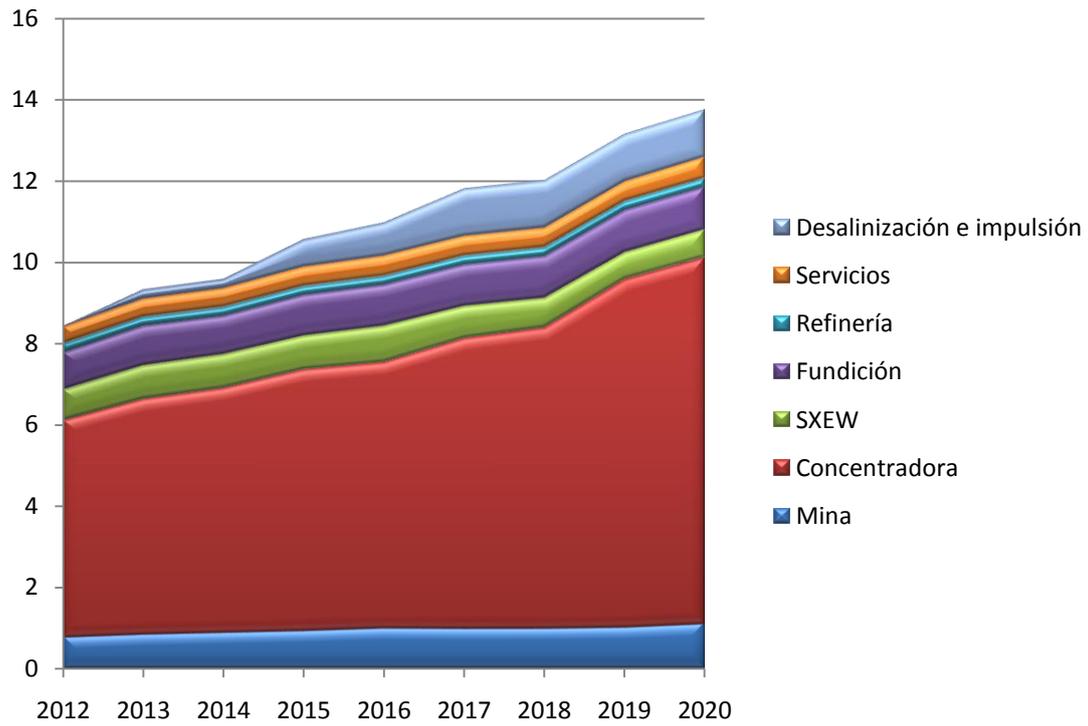


Fuente: Elaborado por COCHILCO

Para el periodo en estudio, entre el año 2012 y 2020, la tasa anual de crecimiento es de un 6,3%. Esto implicaría un aumento porcentual de un 80,0% entre la energía consumida el 2011 y la proyectada para el 2020, para alcanzar 13,7 TWh.

Ahora se muestra esta misma proyección, pero separada en el consumo de energía eléctrica por los distintos procesos mineros más las plantas desalinizadoras y sistemas de impulsión.

Figura 20 – Proyección del consumo esperado de energía eléctrica en la minería del cobre por proceso minero y distribución porcentual - SIC



Fuente: Elaborado por COCHILCO

6. Notas Finales

- Si bien la proyección del consumo de energía eléctrica se viene haciendo hace algunos años por la Comisión Chilena del Cobre, en esta oportunidad se incluyen dos proyecciones. La primera está orientada a dar una mirada al máximo consumo posible por parte de la minería del cobre. La segunda, en tanto, da un enfoque probabilístico a la materialización de la cartera de proyectos, lo cual trae como consecuencia una visión más realista de la demanda de electricidad. El consumo así obtenido se llamó *consumo esperado*.
- Las proyecciones presentes en este informe incluyen por primera vez el consumo de energía eléctrica asociado a plantas desalinizadoras y sistemas de impulsión.
- Actualmente no se cuenta con una gran cantidad de datos históricos para el ítem de plantas desalinizadoras y sistemas de impulsión, por lo que a medida que se tenga más información se podrá estimar con mayor certeza el consumo eléctrico de estos procesos anexos a la minería. La cartera de proyectos de desalinización e impulsión con la que se trabajó tiene proyectos hasta el año 2017, por lo que a la fecha de publicación de este informe puede que haya aún más proyectos en carpeta, los cuales no han sido considerados. Por otra parte existe la posibilidad que en los próximos años se agreguen más proyectos de plantas desalinizadoras y sistemas de impulsión, esto dependerá principalmente de la respuesta que tengan las plantas desalinizadoras y sistemas de impulsión que se están construyendo actualmente y de los costos asociados a la construcción de estas plantas y sistemas de impulsión.
- La proyección del consumo máximo de electricidad por parte de la minería del cobre para el año 2020 es de 51,7 TWh para el país, descomponiéndose en 33,9 TWh y 17,7 TWh por parte del SING y SIC respectivamente. Es importante recalcar que la probabilidad de que este escenario suceda en la realidad es prácticamente nula, debido a las postergaciones a las que se someten los proyectos.
- Por otra parte la proyección de *consumo esperado* de electricidad para el año 2020 a nivel país es de 39,4 TWh, en donde el SING consumiría 25,7 TWh y el SIC 13,7 TWh. Esta misma proyección para el periodo en estudio, entre el año 2012 y 2020, tiene una tasa anual de crecimiento de un 6,7%, 7,0% y 6,3% para el país, SING y SIC respectivamente. Esto implicaría un aumento porcentual de un 97,3%, 113,8 y 80,0% entre la energía eléctrica consumida el 2011 y la proyectada para el 2020 para el país, SING y SIC respectivamente.
- El *consumo esperado* obtenido a través de esta metodología, conceptualmente considera la idea de que los proyectos de inversión normalmente presentan atrasos en su materialización. Dentro de los motivos por los que los proyectos se aplazan están el incremento en los costos capex y de operación, también la tramitación de permisos ambientales y de construcción de infraestructura es una variable importante en la postergación de los proyectos. Además es necesario considerar factores endógenos de las compañías, tales como competencia por el financiamiento entre sus varios proyectos, problemas de gestión, entre otros. También considera las complicaciones que coyunturalmente se pueden observar como consecuencia de la paralización de algunos proyectos eléctricos importantes. Sin embargo, los resultados obtenidos tienen como supuesto que los proyectos mineros por lo general no se cancelan, sino que se aplazan de la fecha de ejecución propuesta inicialmente.

- Llama la atención el peso que irá teniendo en el tiempo la energía consumida por plantas desalinizadoras y sistemas de impulsión llegando para el año 2020 a 5,7 TWh, lo que corresponde a un 14% del total de energía eléctrica consumida por la minería del cobre para ese año. Si bien la desalinización y los sistemas de impulsión no son procesos mineros propiamente tales, es importante tenerlos en consideración por la cantidad de energía que consumen y su directa relación con éstos.
- La concentración de cobre es el proceso en el cual se consume una mayor cantidad de energía eléctrica, según la proyección efectuada la planta concentradora seguirá siendo la principal demandante de energía eléctrica, pasando de un 47% del consumo de energía eléctrica en el año 2011 a un 56% del consumo esperado para el año 2020.

Anexo - Tablas

En la siguiente tabla se muestra tanto el consumo esperado como el consumo máximo, el cual tiene una probabilidad muy baja de concretarse, estos consumos son presentados para los procesos mineros, plantas de desalinización e impulsión y consumo total, además se incluye un intervalo con un 90% de probabilidad de que el consumo se encuentre dentro de este.

Tabla 6 – Proyección desglosada del consumo de energía eléctrica en la minería del cobre – SING (TWh)

Año	Proceso	Tipo de consumo		País	SING	SIC
2012	Procesos Mineros	Intervalo 90%	Inferior	22,31	13,96	8,35
			Superior	23,02	14,47	8,55
		Consumo Máximo		23,38	14,73	8,65
		Consumo Esperado		22,66	14,22	8,45
	Desalinización e impulsión	Consumo Máximo		0,82	0,82	0,01
		Consumo Esperado		0,74	0,73	0,01
	Total	Consumo Máximo		24,20	15,54	8,66
Consumo Esperado		23,40	14,95	8,46		
2013	Procesos Mineros	Intervalo 90%	Inferior	23,45	14,59	8,86
			Superior	24,66	15,40	9,25
		Consumo Máximo		25,01	15,66	9,35
		Consumo Esperado		24,23	15,10	9,13
	Desalinización e impulsión	Consumo Máximo		1,06	0,82	0,25
		Consumo Esperado		0,95	0,73	0,23
	Total	Consumo Máximo		26,07	16,47	9,60
Consumo Esperado		25,19	15,83	9,35		
2014	Procesos Mineros	Intervalo 90%	Inferior	23,53	14,53	9,00
			Superior	25,15	15,60	9,55
		Consumo Máximo		25,57	15,90	9,67
		Consumo Esperado		24,63	15,24	9,39
	Desalinización e impulsión	Consumo Máximo		1,36	1,11	0,25
		Consumo Esperado		1,21	0,99	0,23
	Total	Consumo Máximo		26,93	17,00	9,92
Consumo Esperado		25,84	16,23	9,61		
2015	Procesos Mineros	Intervalo 90%	Inferior	24,99	15,70	9,29
			Superior	27,99	17,73	10,25
		Consumo Máximo		28,71	18,17	10,54
		Consumo Esperado		27,10	17,19	9,91
	Desalinización e impulsión	Consumo Máximo		3,37	2,63	0,74
		Consumo Esperado		3,03	2,36	0,67
	Total	Consumo Máximo		32,08	20,80	11,28
Consumo Esperado		30,13	19,56	10,58		

Año	Proceso	Tipo de consumo		País	SING	SIC
2016	Procesos Mineros	Intervalo 90%	Inferior	25,40	15,99	9,42
			Superior	29,08	18,38	10,69
		Consumo Máximo		30,00	18,88	11,13
		Consumo Esperado		27,96	17,78	10,18
	Desalinización e impulsión	Consumo Máximo		3,53	2,63	0,89
		Consumo Esperado		3,17	2,36	0,81
	Total	Consumo Máximo		33,53	21,51	12,02
Consumo Esperado		31,13	20,14	10,99		
2017	Procesos Mineros	Intervalo 90%	Inferior	26,20	16,64	9,56
			Superior	32,86	21,53	11,33
		Consumo Máximo		35,12	23,21	11,91
		Consumo Esperado		30,26	19,60	10,66
	Desalinización e impulsión	Consumo Máximo		6,32	5,04	1,28
		Consumo Esperado		5,69	4,53	1,16
	Total	Consumo Máximo		41,44	28,25	13,18
Consumo Esperado		35,95	24,13	11,82		
2018	Procesos Mineros	Intervalo 90%	Inferior	26,42	16,82	9,61
			Superior	34,64	23,05	11,59
		Consumo Máximo		37,76	25,55	12,21
		Consumo Esperado		31,16	20,30	10,86
	Desalinización e impulsión	Consumo Máximo		6,32	5,04	1,28
		Consumo Esperado		5,69	4,53	1,16
	Total	Consumo Máximo		44,08	30,59	13,48
Consumo Esperado		36,85	24,83	12,02		
2019	Procesos Mineros	Intervalo 90%	Inferior	26,59	16,49	10,10
			Superior	37,74	24,20	13,54
		Consumo Máximo		42,56	27,60	14,97
		Consumo Esperado		32,57	20,58	11,99
	Desalinización e impulsión	Consumo Máximo		6,32	5,04	1,28
		Consumo Esperado		5,69	4,53	1,16
	Total	Consumo Máximo		48,88	32,64	16,24
Consumo Esperado		38,26	25,11	13,15		
2020	Procesos Mineros	Intervalo 90%	Inferior	27,12	16,75	10,37
			Superior	39,69	25,11	14,58
		Consumo Máximo		45,34	28,89	16,45
		Consumo Esperado		33,71	21,12	12,59
	Desalinización e impulsión	Consumo Máximo		6,32	5,04	1,28
		Consumo Esperado		5,69	4,53	1,16
	Total	Consumo Máximo		51,66	33,93	17,73
Consumo Esperado		39,40	25,65	13,75		

Fuente: Elaborado por COCHILCO

Tabla 7 – Proyección del consumo máximo de energía eléctrica por proceso minero y sistema interconectado (TWh)

Proceso	Sistema	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Mina	SIC	0,8	0,9	0,9	1,0	1,1	1,2	1,2	1,2	1,4
	SING	1,0	1,2	1,3	1,4	1,5	1,7	1,9	2,0	2,2
	PAÍS	1,8	2,1	2,2	2,4	2,6	2,9	3,1	3,3	3,6
Concentradora	SIC	5,4	5,9	6,2	6,9	7,1	7,9	8,3	11,0	12,3
	SING	6,0	6,7	7,0	8,9	9,6	13,7	15,9	18,5	19,4
	PAÍS	11,4	12,6	13,2	15,7	16,7	21,6	24,1	29,5	31,6
SXEW	SIC	0,8	0,9	0,9	0,9	1,1	1,0	0,9	0,9	0,9
	SING	5,9	5,9	5,7	5,8	5,7	5,5	5,3	4,5	4,7
	PAÍS	6,7	6,8	6,6	6,7	6,8	6,5	6,3	5,4	5,6
Fundición	SIC	0,9	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,1	1,1	1,1
	SING	0,9	0,9	0,9	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
	PAÍS	1,8	1,9	1,9	2,0	2,0	2,0	2,1	2,1	2,1
Refinería	SIC	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
	SING	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
	PAÍS	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
Servicios	SIC	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,6	0,6
	SING	0,7	0,8	0,9	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4
	PAÍS	1,2	1,3	1,3	1,4	1,5	1,6	1,8	1,9	2,0
Desalinización e impulsión de agua	SIC	0,0	0,2	0,2	0,7	0,9	1,3	1,3	1,3	1,3
	SING	0,8	0,8	1,1	2,6	2,6	5,0	5,0	5,0	5,0
	PAÍS	0,8	1,1	1,4	3,4	3,5	6,3	6,3	6,3	6,3
TOTAL	SIC	8,7	9,6	9,9	11,3	12,0	13,2	13,5	16,2	17,7
	SING	15,5	16,5	17,0	20,8	21,5	28,3	30,6	32,6	33,9
	PAÍS	24,2	26,1	26,9	32,1	33,5	41,4	44,1	48,9	51,7

Fuente: Elaborado por COCHILCO

Tabla 8 – Proyección del consumo esperado de energía eléctrica por proceso minero y sistema interconectado (TWh)

Proceso	Sistema	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Mina	SIC	0,8	0,9	0,9	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,1
	SING	1,0	1,2	1,2	1,3	1,3	1,4	1,5	1,5	1,6
	PAÍS	1,8	2,0	2,1	2,2	2,4	2,4	2,5	2,6	2,7
Concentradora	SIC	5,3	5,8	6,0	6,4	6,5	7,1	7,4	8,5	9,0
	SING	5,9	6,5	6,8	8,4	9,0	10,9	11,7	12,7	13,1
	PAÍS	11,2	12,3	12,8	14,8	15,6	18,0	19,1	21,2	22,1
SXEW	SIC	0,8	0,8	0,8	0,8	0,9	0,8	0,7	0,7	0,7
	SING	5,6	5,6	5,3	5,4	5,3	5,1	4,9	4,1	4,2
	PAÍS	6,3	6,4	6,2	6,3	6,2	5,9	5,6	4,8	4,9
Fundición	SIC	0,9	1,0	0,9	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,1
	SING	0,9	0,9	0,9	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
	PAÍS	1,8	1,8	1,8	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
Refinería	SIC	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
	SING	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
	PAÍS	0,4								
Servicios	SIC	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
	SING	0,7	0,8	0,8	0,9	0,9	1,0	1,0	1,0	1,0
	PAÍS	1,2	1,3	1,3	1,4	1,4	1,5	1,5	1,5	1,6
Desalinización e impulsión de agua	SIC	0,0	0,2	0,2	0,7	0,8	1,2	1,2	1,2	1,2
	SING	0,7	0,7	1,0	2,4	2,4	4,5	4,5	4,5	4,5
	PAÍS	0,7	1,0	1,2	3,0	3,2	5,7	5,7	5,7	5,7
TOTAL	SIC	8,5	9,4	9,6	10,6	11,0	11,8	12,0	13,1	13,7
	SING	14,9	15,8	16,2	19,6	20,1	24,1	24,8	25,1	25,7
	PAÍS	23,4	25,2	25,8	30,1	31,1	35,9	36,8	38,3	39,4

Fuente: Elaborado por COCHILCO

Este trabajo fue elaborado por:

Jorge Zeballos Valenzuela

Directora de Estudios y Políticas Públicas:

María Cristina Betancour M.

NOVIEMBRE 2012