

# Análisis económico de las cadenas globales de valor y suministro del cobre refinado en países

de América Latina

Gustavo Lagos  
David Peters  
Juan Carlos Salas  
Roberto Parra  
Víctor Pérez



CEPAL



cooperación  
alemana

DEUTSCHE ZUSAMMENARBEIT

# Gracias por su interés en esta publicación de la CEPAL



Si desea recibir información oportuna sobre nuestros productos editoriales y actividades, le invitamos a registrarse. Podrá definir sus áreas de interés y acceder a nuestros productos en otros formatos.

 [www.cepal.org/es/publications](http://www.cepal.org/es/publications)

 [www.cepal.org/apps](http://www.cepal.org/apps)

**Análisis económico de las cadenas globales de valor  
y suministro del cobre refinado en países  
de América Latina**

Gustavo Lagos  
David Peters  
Juan Carlos Salas  
Roberto Parra  
Víctor Pérez



NACIONES UNIDAS

**CEPAL**



cooperación  
alemana

DEUTSCHE ZUSAMMENARBEIT

Este documento fue preparado por Gustavo Lagos (Pontificia Universidad Católica de Chile), Consultor de la Unidad de Recursos Naturales No Renovables de la División de Recursos Naturales de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), David Peters (DICTUC-UC), Juan Carlos Salas (Pontificia Universidad Católica de Chile), Roberto Parra (Universidad de Concepción) y Víctor Pérez (Centro de Estudios del Cobre y la Minería (CESCO)), en el marco de las actividades de la División y del programa Cooperación Regional para una Gestión Sustentable de los Recursos Mineros en los Países Andinos, ejecutado por la CEPAL en conjunto con la Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) y financiado por el Ministerio Federal de Cooperación Económica y Desarrollo (BMZ) de Alemania.

Los autores agradecen al CESCO y a varios de sus miembros que hicieron valiosos comentarios al trabajo, especialmente Osvaldo Urzúa e Iván Valenzuela. Asimismo, agradecen los comentarios de Pablo Chauvet, Mauricio León, José Luis Lewinsohn y Orlando Reyes, de la CEPAL, Víctor Andrés Garzón y Nicolas Maennling, del programa de cooperación regional mencionado, y Jorge Cantallop, de la Comisión Chilena del Cobre (COCHILCO).

Las opiniones expresadas en este documento, que no ha sido sometido a revisión editorial, son de exclusiva responsabilidad de los autores y pueden no coincidir con las de la Organización o las de los países que representa.

Publicación de las Naciones Unidas  
LC/TS.2021/149  
Distribución: L  
Copyright © Naciones Unidas, 2021  
Todos los derechos reservados  
Impreso en Naciones Unidas, Santiago  
S.21-00583

Esta publicación debe citarse como: G. Lagos y otros, "Análisis económico de las cadenas globales de valor y suministro del cobre refinado en países de América Latina", *Documentos de Proyectos* (LC/TS.2021/149), Santiago, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), 2021.

La autorización para reproducir total o parcialmente esta obra debe solicitarse a la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), División de Documentos y Publicaciones, publicaciones.cepal@un.org. Los Estados Miembros de las Naciones Unidas y sus instituciones gubernamentales pueden reproducir esta obra sin autorización previa. Solo se les solicita que mencionen la fuente e informen a la CEPAL de tal reproducción.

## Índice

Resumen .....	7
Introducción .....	9
<b>I. Tecnologías de procesamiento de concentrados .....</b>	<b>15</b>
A. Procesos en una fundición .....	15
1. Procesos continuos en una fundición .....	17
2. Concentrados de cobre en una fundición .....	18
B. Emisiones y residuos de las fundiciones .....	21
1. El anhídrido sulfuroso, SO <sub>2</sub> .....	21
2. Otros elementos contaminantes .....	22
3. Escoria .....	23
C. Procesos en una refinería electrolítica .....	23
D. Tratamientos hidrometalúrgicos para concentrados .....	25
1. Fundamentos de la lixiviación de concentrados de sulfuros de cobre .....	25
2. Tecnologías para el procesamiento de concentrados de cobre .....	26
3. Análisis comparativo con las tecnologías pirometalúrgicas .....	27
4. Conclusiones tratamientos hidrometalúrgicos para concentrados .....	27
<b>II. Análisis del mercado de concentrados y materiales secundarios .....</b>	<b>29</b>
A. Mercados de concentrados .....	29
1. Introducción .....	29
2. Ingresos y costos de la producción de concentrados .....	30
3. Ingresos y costos de fundiciones y refinerías .....	30
4. Contratos de concentrados .....	33
5. Determinación del peso y composición del concentrado .....	35
6. Alteración de los términos de intercambio de los concentrados .....	36
B. Tendencias en mercados de concentrados .....	37
1. El corto plazo .....	37

2.	Mediano y largo plazo.....	37
3.	La potencial elevación del TCRC más allá de su valor de mercado.....	38
C.	Mercado del ácido sulfúrico.....	38
D.	Mercado de la chatarra.....	39
1.	Introducción.....	39
2.	Procesos de tratamiento de la chatarra.....	40
3.	Tendencias en mercados de chatarra.....	41
<b>III.</b>	<b>Evaluación económica de una nueva fundición refinería en Chile.....</b>	<b>43</b>
A.	Tratamiento del arsénico en una fundición.....	45
<b>IV.</b>	<b>La cadena de valor del cobre desde la mina a la manufactura.....</b>	<b>47</b>
<b>V.</b>	<b>Sustentabilidad de fundiciones y refinerías.....</b>	<b>51</b>
A.	Análisis de emisiones de anhídrido sulfuroso.....	51
B.	Impactos sociales.....	54
C.	Regulaciones para el transporte de concentrados.....	57
D.	La huella de carbono de fundiciones y refinerías.....	60
1.	Introducción.....	60
2.	Metodología.....	62
3.	Emisiones GEI de alternativas de matriz eléctrica y uso de hidrógeno verde.....	66
4.	Emisiones GEI de fundición refinería en Chile y en China.....	67
5.	Benchmark de emisiones GEI de fundiciones refinerías de cobre.....	68
6.	Alcances de las emisiones de fundiciones y refinerías de cobre.....	68
7.	Discusión de la huella de carbono.....	70
<b>VI.</b>	<b>Modelo de negocios para fundiciones y refinerías.....</b>	<b>71</b>
A.	Introducción.....	71
B.	Condiciones para desarrollar el negocio.....	72
C.	El caso de la Planta Recuperadora de Metales (PRM) en Mejillones, Chile.....	73
D.	Habilitadores y restricciones del negocio.....	74
E.	Contrato de suministro como garantía del negocio.....	75
F.	Chile experto en tratamiento y disposición de arsénico.....	76
G.	Ácido sulfúrico.....	77
H.	Volatilidad del cargo de tratamiento y refinación.....	77
I.	Energía renovable e hidrógeno verde.....	78
J.	Ubicación del complejo fundición refinería.....	78
K.	El rol del Estado.....	79
<b>VII.</b>	<b>Conclusiones.....</b>	<b>81</b>
	<b>Bibliografía.....</b>	<b>83</b>
<b>Cuadros</b>		
Cuadro 1	Comparación de consumo de energía para la producción de cobre (concentrado a ánodo), para tecnologías seleccionadas de fundición de cobre.....	18
Cuadro 2	Concentración de Cu,Fe y S en concentrados.....	18
Cuadro 3	Castigo por impurezas en concentrados.....	22
Cuadro 4	Competitividad de fundiciones de referencia y de América Latina en 2017.....	32
Cuadro 5	Supuestos de la evaluación económica de la fundición refinería.....	45
Cuadro 6	Penalidades por Arsénico en Concentrados.....	46
Cuadro 7	Normas primarias de SO <sub>2</sub> (µg/Nm <sup>3</sup> ).....	53

Cuadro 8	Resumen de clasificaciones GHS para cobre metálico.....	58
Cuadro 9	Insumos alcance tres de GEI para dos operaciones de fundición refinera .....	69

### Gráficos

Gráfico 1	Exportaciones de cobre contenido en concentrados .....	12
Gráfico 2	Variación del contenido promedio de Cu en concentrados .....	19
Gráfico 3	Promedio ponderado global de costos directos de fundición, año 2017 .....	32
Gráfico 4	Producción de chatarra refinada y de fundición directa .....	42
Gráfico 5	Cociente Ebitda/Ventas para una muestra de compañías de diversas industrias, información de años 2019 y 2020 .....	48
Gráfico 6	Cociente Ebit/Ingresos para una muestra de compañías de diversas industrias, información de años 2019 y 2020 .....	49
Gráfico 7	Porcentaje de captura y fijación de azufre en fundiciones de cobre chilenas 1990-2019.....	52
Gráfico 8	Distribución del valor agregado de las 40 mayores mineras globales transadas en bolsa, 2007 y 2018.....	56
Gráfico 9	Distribución del valor agregado de las grandes mineras globales transadas en bolsa, y de otras actividades económicas. Promedio 5 años (2014-2018) .....	56
Gráfico 10	Rangos de emisiones de ciclo de vida de gases de efecto invernadero reportadas para la generación de 1 MWh, de electricidad a partir de diversas tecnologías renovables.....	63
Gráfico 11	Emisiones de gases de efecto invernadero para la generación de 1 MJ de energía térmica, para diversos combustibles de acuerdo con la realidad de Estados Unidos, y nuestra estimación a partir de la fabricación de hidrógeno verde .....	64
Gráfico 12	Emisiones de gases de efecto invernadero por 1 km de transporte de una tonelada de cobre en cátodos o contenida en concentrados .....	65
Gráfico 13	Emisiones de gases de efecto invernadero de fundición y refinación para la producción de una tonelada de cobre en cátodos antes de créditos, para una operación chilena, bajo tres casos .....	66
Gráfico 14	GEI de una fundición refinera ubicada en Mejillones y otra, idéntica en tecnología y capacidad de tratamiento, ubicada en las proximidades de Shanghai en China .....	67
Gráfico 15	GEI procesos fundición y refinera para la producción de una tonelada de cobre en cátodos, para dos operaciones .....	68
Gráfico 16	GEI procesos fundición y refinera para la producción de una tonelada de cobre en cátodos, por alcance, para dos operaciones.....	69

### Diagramas

Diagrama 1	Procesos de tratamiento del cobre de mina. ....	10
Diagrama 2	Ciclo de vida del cobre refinado. ....	14
Diagrama 3	Diagrama de procesos de una fundición de cobre. ....	15
Diagrama 4	Procesos para el tratamiento hidrometalúrgico de concentrados de cobre.....	26
Diagrama 5	Madurez de las tecnologías de lixiviación de concentrados.....	26
Diagrama 6	Ciclo de vida del cobre refinado y de fundición directa.....	40
Diagrama 7	Procesos de recuperación de arsénico en fundición refinera, a partir del arsénico contenido en los concentrados procesados (base 100%).....	46
Diagrama 8	Alcances en emisiones de GEI, fundiciones y refineras de cobre .....	61

## Comité revisor

Víctor Andrés Garzón	Asesor Técnico Programa MINSUS GIZ
Nicolas Maennling	Asesor Principal Programa MINSUS GIZ
Jorge Cantallopts	Director de la Dirección de Estudios y Políticas Públicas de COCHILCO
Pablo Chauvet	Funcionario de la División de Recursos Naturales, CEPAL
Mauricio León	Jefe de Unidad de la División de Recursos Naturales, CEPAL
José Luis Lewinsohn	Funcionario de la División de Recursos Naturales, CEPAL
Orlando Reyes	Funcionario de la División de Recursos Naturales, CEPAL
Oswaldo Urzúa	Director de CESCO
Luis Velazquez	Director de CESCO

预览已结束，完整报告链接和二维码如下：

[https://www.yunbaogao.cn/report/index/report?reportId=5\\_60](https://www.yunbaogao.cn/report/index/report?reportId=5_60)

