

# Innovación y competitividad en las cadenas globales de valor de la minería del cobre

## El caso de los proveedores locales de Perú

Penny Bamber  
Karina Fernandez-Stark

**Sector de Instituciones  
para el Desarrollo**

**División de Competitividad,  
Tecnología e Innovación**

**DOCUMENTO PARA  
DISCUSIÓN N°  
IDB-DP-855**



# Innovación y competitividad en las cadenas globales de valor de la minería del cobre

## El caso de los proveedores locales de Perú

Penny Bamber  
Karina Fernandez-Stark

Diciembre de 2021

<http://www.iadb.org>

Copyright © 2021 Banco Interamericano de Desarrollo. Esta obra se encuentra sujeta a una licencia Creative Commons IGO 3.0 Reconocimiento-NoComercial-SinObrasDerivadas (CC-IGO 3.0 BY-NC-ND) (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/igo/legalcode>) y puede ser reproducida para cualquier uso no comercial otorgando el reconocimiento respectivo al BID. No se permiten obras derivadas.

Cualquier disputa relacionada con el uso de las obras del BID que no pueda resolverse amistosamente se someterá a arbitraje de conformidad con las reglas de la CNUDMI (UNCITRAL). El uso del nombre del BID para cualquier fin distinto al reconocimiento respectivo y el uso del logotipo del BID no están autorizados por esta licencia CC-IGO y requieren de un acuerdo de licencia adicional.

Nótese que el enlace URL incluye términos y condiciones adicionales de esta licencia.

Las opiniones expresadas en esta publicación son de los autores y no necesariamente reflejan el punto de vista del Banco Interamericano de Desarrollo, de su Directorio Ejecutivo ni de los países que representa.



# Innovación y competitividad en las cadenas globales de valor de la minería del cobre: el caso de los proveedores locales de Perú

Penny Bamber  
Karina Fernandez-Stark





# ÍNDICE GENERAL

<b>1. Introducción.....</b>	<b>1</b>
<b>2. La cadena global de valor de la minería del cobre.....</b>	<b>4</b>
2.1. Etapas de la cadena de valor.....	5
2.2. Geografía de la cadena global de valor del cobre.....	9
2.3. Gobernanza y empresas líderes.....	14
2.4. Patrones de adquisiciones de las empresas líderes.....	17
2.5. Métodos para innovar en la CGV de la minería del cobre.....	24
<b>3. Oportunidades para proveedores peruanos en la CGV de la minería del cobre .....</b>	<b>32</b>
3.1. Perú en la CGV de la minería del cobre .....	33
3.2. Marco institucional.....	37
3.3. Adquisiciones en la minería del cobre de Perú .....	38
3.4. Cadena de suministro de la minería en Perú.....	41
3.5. Desarrollo de capacidades en los proveedores peruanos.....	48
3.6. Sistema Nacional de Innovación de Perú .....	52
<b>4. Recomendaciones en materia de políticas.....</b>	<b>61</b>
4.1. Instituciones sólidas y mecanismos de coordinación .....	61
4.2. Acceso de proveedores locales a la CGV .....	63
4.3. Incentivar la innovación y el escalamiento .....	65
<b>5. Apéndice.....</b>	<b>68</b>
5.1. Metodología.....	68
5.2. Bases de datos utilizadas .....	69
5.3. Cuadros y gráficos .....	70
<b>6. Bibliografía .....</b>	<b>78</b>

## Gráficos

Gráfico 1. Cadena global de valor de la minería del cobre.....	6
Gráfico 2. Precios del cobre refinado (1935-2018) y costo de fundición y refinación del cobre (2008-2018) .....	9
Gráfico 3. Comercio mundial de cobre por etapa de la cadena de valor, 2004-2017 .....	10
Gráfico 4. Principales exportadores e importadores de minerales de cobre y sus concentrados .....	11
Gráfico 5. Principales exportadores e importadores de cobre refinado.....	12



Gráfico 6.	Distribución de los países cupríferos según su rol en la cadena de valor, 2018 .....	13
Gráfico 7.	Principales 15 minas cupríferas, según capacidad, 2018 .....	16
Gráfico 8.	Principales insumos intermedios (servicios y productos) de la CGV del cobre.....	18
Gráfico 9.	Curva del costo de la oferta de cobre, 2015.....	22
Gráfico 10.	Valor agregado doméstico por tipo de firma.....	24
Gráfico 11.	Posicionamiento de Perú en la CGV del cobre, 2017 .....	33
Gráfico 12.	Perú en la CGV del cobre, exportaciones por valor, 2004-2017 (en millones de dólares) .....	34
Gráfico 13.	Principales inversiones en el sector minero del cobre en Perú, por etapa de desarrollo de la mina .....	36
Gráfico 14.	Principales regulaciones de la industria minera del cobre, 2005-2015.....	37
Gráfico 15.	Gastos de capital de la minería por segmento de la cadena de valor, 2018 .....	40
Gráfico 16.	Proveedores peruanos en la CGV del cobre.....	44
Gráfico 17.	Síntesis de los principales mecanismos para el desarrollo de capacidades .....	51
Gráfico 18.	Reservas de cobre por país, 2018 .....	70
Gráfico 19.	Evolución de la formación bruta de capital fijo en la minería chilena, precios corrientes, 2008-2017 .....	77

## Cuadros

Cuadro 1.	Principales empresas mineras mundiales .....	14
Cuadro 2.	Demanda de productos y servicios del sector minero del cobre, Chile, 2016.....	19
Cuadro 3.	Principales áreas de innovación de la CGV de la minería del cobre, 2010-2015....	26
Cuadro 4.	Métodos de innovación en la industria minera.....	29
Cuadro 5.	Principales minas cupríferas en Perú .....	35
Cuadro 6.	Gasto del sector minero peruano, 2017 .....	39
Cuadro 7.	Selección de proveedores domésticos de la minería peruana.....	43
Cuadro 8.	Análisis FODA de los proveedores de la minería peruana .....	48
Cuadro 9.	Indicadores de investigación, desarrollo e innovación.....	52
Cuadro 10.	Políticas y programas del sector público y privado .....	55
Cuadro 11.	Síntesis de los principales desafíos para la innovación.....	59
Cuadro 12.	Selección de recomendaciones en materia de políticas .....	67
Cuadro 13.	Comparación entre contratos de ingeniería, adquisiciones y construcción (EPC) y de ingeniería, adquisiciones y gestión de la construcción (EPCM) .....	70
Cuadro 14.	Principales exportadores de minerales de cobre y sus concentrados, por valor, 2005-2017 .....	71
Cuadro 15.	Principales exportadores de ánodos de cobre de cobre fundido, sin refinar, por valor, 2005-2017 .....	72
Cuadro 16.	Principales exportadores de cobre refinado de todas las categorías, por valor, 2005-2017 .....	73
Cuadro 17.	Principales importadores de minerales de cobre y sus concentrados, por valor, 2005-2017 .....	74



Cuadro 18. Principales importadores de ánodos de cobre, por valor, 2005-2017 .....	74
Cuadro 19. Principales importadores de cobre refinado (todas las categorías), por valor 2005-2017 .....	75
Cuadro 20. Distribución de la producción mundial de cobre refinado, por país, 2017.....	76

## **Recuadros**

Recuadro 1. Control y protección de la propiedad intelectual .....	30
Recuadro 2. Los servicios de minería de Proesmin .....	45
Recuadro 3. Historia de escalamiento de Resemin, fabricante de equipos originales peruano .....	47
Recuadro 4. Alta Ley: una visión de futuro de la minería chilena .....	62
Recuadro 5. Asociación Industrial de equipamiento, tecnología y servicios de la minería (Austmine).....	63
Recuadro 6. Planes de participación en Australia .....	64



# RESUMEN

Perú es el segundo mayor productor y exportador de cobre del mundo. No obstante, el sector carece de encadenamientos hacia atrás; en este contexto, la penetración de proveedores innovadores capaces de suministrar productos y servicios de valor agregado es incipiente. Este artículo explora las alternativas para aprovechar el posicionamiento internacional de Perú en la industria minera, con miras a fomentar la innovación y el desarrollo de los proveedores locales. A partir de un análisis de datos y entrevistas a actores de la industria local, la investigación —enmarcada en las cadenas globales de valor— advierte que la integración de un mayor número de proveedores de alto valor agregado a la cadena de valor cuprífera se encuentra restringida por debilidades en el sistema nacional de innovación. Se agrega a esto que la política nacional cuprífera pone escaso énfasis en la necesidad de innovar y agregar valor. A los efectos de generar una masa crítica de proveedores fuertes e innovadores, Perú deberá crear instituciones y mecanismos de coordinación sólidos conducentes al desarrollo del sector; asimismo, deberá favorecer el ingreso de proveedores domésticos en la cadena e incentivarlos a la innovación y el escalamiento. La investigación presenta recomendaciones en estas áreas, así como ejemplos de otros países mineros que han logrado resolver estos desafíos.

**Códigos JEL:** O38 L22, L23, L24, L38, L52, L71, L78

**Palabras clave:** cobre, minería, cadena de valor cuprífera, Perú, encadenamientos, proveedores locales, innovación, cadenas globales de valor, escalamiento.

## Siglas y acrónimos

APRIMIN	Asociación de Proveedores Industriales de la Minería de Perú
BID	Banco Interamericano de Desarrollo
CGV	Cadenas globales de valor
CIF	Costo, seguro y flete (por sus siglas en inglés)
CONCYTEC	Consejo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica de Perú
EPC	Ingeniería, adquisiciones y construcción (por sus siglas en inglés)
EPCM	Ingeniería, adquisiciones y gestión de la construcción (por sus siglas en inglés)
EV	Vehículo eléctrico (por sus siglas en inglés)
FOB	Franco a bordo (por sus siglas en inglés)
I+D	Investigación y desarrollo
ICSG	Grupo de Estudios Internacionales del Cobre (por sus siglas en inglés)
INEI	Instituto Nacional de Estadística e Informática de Perú
IRENA	Agencia Internacional de Energías Renovables (por sus siglas en inglés)
LME	Bolsa de Metales de Londres (por sus siglas en inglés)
MCI	Motor de combustión interna
METS	Equipamiento, tecnología y servicios de la minería (por sus siglas en inglés)
MINCUL	Ministerio de Cultura de Perú
MINEM	Ministerio de Energía y Minería de Perú
OCDE	Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos
OMPI	Organización Mundial de la Propiedad Intelectual
PIB	Producto interno bruto
PRODUCE	Ministerio de la Producción de Perú
SUNAT	Superintendencia Nacional de Aduanas y de Administración Tributaria
SX-EW	Extracción por solventes-electrodeposición (por sus siglas en inglés)
TI	Tecnologías de la información
UNESCO	Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura
USGS	Servicio Geológico de los Estados Unidos (por sus siglas en inglés)

# 1. INTRODUCCIÓN

Perú es el segundo mayor productor y exportador de cobre del mundo. Por consiguiente, el sector cuprífero impulsa en gran medida la economía del país. Este documento explora las posibles alternativas para aprovechar este posicionamiento internacional, con el fin de fomentar las actividades innovadoras y el desarrollo de los proveedores locales. La industria minera cuprífera mundial se concentra en unos pocos países. Las economías latinoamericanas lideran la producción mundial, con Perú en segundo lugar detrás de Chile. La fortaleza del país en el sector cuprífero es consecuencia de sus vastas reservas y sus bajos costos de extracción en comparación con otros lugares del mundo. Como consecuencia de estas ventajas, durante los últimos 15 años la relevancia de Perú en la industria mundial ha crecido, así como la importancia del cobre en la economía local. En 2017, el sector cuprífero representó 50% de las exportaciones mineras, 31% del total de productos exportados y 5% del producto interno bruto (PIB) peruano (MINEM, 2019).

En los próximos años la demanda global de este producto básico continuará en ascenso como resultado de las profundas transformaciones en la industria secundaria, como la creciente demanda de vehículos eléctricos, la electrificación de los suministros nacionales de energía y la rápida urbanización en las economías en desarrollo. Sin perjuicio de las estimaciones al alza, es necesario recordar que los aumentos de la demanda y de los precios de los productos básicos no se traducen necesariamente en beneficios sustanciales para las economías ricas en recursos. De hecho, para estos países —entre ellos Perú— ha sido muy difícil captar el valor de la explotación de estos productos básicos para impulsar el crecimiento y desarrollo de sus economías. En términos generales, gran parte de la industria minera está en manos de empresas extranjeras relativamente aisladas del resto de la economía. El escalamiento funcional hacia actividades de procesamiento dejó de ser un camino atractivo, puesto que ofrece ganancias marginales.<sup>1</sup> En este escenario, los países receptores han explorado vías alternativas para captar el valor del sector. Una estrategia clave ha sido la pro-

---

1 Véase la sección 2.1.

moción de los encadenamientos hacia atrás. Actualmente, varias economías receptoras promueven el desarrollo de proveedores locales que puedan suministrar productos y servicios al sector minero.

No obstante, lo anterior, debe tenerse en cuenta que la actividad de suministro al sector minero es sumamente exigente. Así como el mercado minero cuprífero se concentra en un número reducido de empresas líderes con cadenas globales de suministro maduras, también los insumos más relevantes están dominados por unas pocas empresas estrechamente vinculadas con los compradores. Por su parte, el mercado de insumos de menor valor agregado tiende a ser muy competitivo y requiere de escalas muy significativas. A esto se suma una alta aversión al riesgo. Los compradores muestran una clara preferencia hacia soluciones de eficacia probada y las innovaciones fundamentales se adquieren solo a través de proveedores de confianza.

En esta situación, se tiende a considerar a proveedores nuevos únicamente para las áreas en las que las mineras no han logrado implementar soluciones. Aun así, la introducción de soluciones novedosas se encuentra obstaculizada por razones de asimetría de información y de limitación de oportunidades para probar e instalar las nuevas tecnologías. Aunque las compañías mineras dependen de sus proveedores para la aplicación de innovaciones (por lo general, son poco innovadoras), suelen ser renuentes a divulgar información sobre las áreas en las que se requieren soluciones. A ello se agrega que detener la actividad minera tiene un costo muy alto, lo que limita aún más las posibilidades de poner a prueba nuevas soluciones en minas operativas.

En el marco de un sector dominado por las principales mineras multinacionales, Perú es un fiel reflejo de las anteriores tendencias mundiales. El país cuenta con pocos proveedores innovadores capaces de suministrar productos y servicios de valor agregado. Dicho grupo se encuentra concentrado en empresas de servicios, bienes de consumo, estructuras metálicas y segmentos nicho de bienes de capital. Las ventajas comparativas con las que los proveedores locales cuentan en estos segmentos están vinculadas con la proximidad geográfica, el alto coeficiente volumen/valor de los costos de transporte y la especificidad de las condiciones geológicas. Por el contrario, en otras áreas de suministro muchos potenciales proveedores carecen de las capacidades organizativas, la escala y el alcance para participar de la cadena.

En relación con lo anterior, la integración de una mayor cantidad de proveedores peruanos de mayor valor agregado resulta afectada por las debilidades del sistema nacional de innovación. Los proveedores mineros que han innovado con éxito lo han logrado como resultado de sus iniciativas individuales más que como consecuencia de una única estrategia nacional. Estas firmas se han valido de pequeños grupos de capital humano, han capacitado a sus trabajadores en la empresa y fuera del país e invertido sus limitados fondos en investigación y desarrollo (I+D). Además, han sacado provecho de las bases de conocimiento en universidades y proveedores extranjeros con el objetivo de desarrollar nuevos productos y servicios y acceder efectivamente al mercado minero.

Otro elemento destacable es que la política minera cuprífera en Perú se ha centrado principalmente en la regulación y ha puesto un escaso énfasis en la necesidad de innovar y escalar en términos de valor agregado. En el marco de una baja orientación y compromiso del gobierno con el futuro de la industria, las iniciativas se han desarrollado de manera aislada, con poca coordinación o diálogo sobre aspectos como el aumento de la disponibilidad de capital humano cualificado, la reducción de la burocracia para obtener financiamiento para la I+D y el aumento de la colaboración efectiva entre institutos de investigación, universidades y proveedores. Estos componentes son im-

prescindibles para impulsar las actividades de innovación entre los proveedores peruanos del sector minero, así como para garantizar un acceso significativo a la cadena global de valor cuprífera.

Con el objetivo de desarrollar una masa crítica de encadenamientos hacia atrás y evitar las estructuras que gobiernan la industria y limitan el acceso de los proveedores domésticos, Perú deberá realizar múltiples esfuerzos de corte político. Además, se deberán implementar estrategias para promover un mayor número de proveedores innovadores. Para ello, es necesario desarrollar una estrategia nacional potente y a largo plazo, apoyada por un actor con sólida capacidad para liderar y coordinar al resto de los actores de manera eficiente. También serán fundamentales las iniciativas para facilitar las posibilidades de acceso a la cadena minera, que se puede lograr con el aumento del número de oportunidades para intercambiar información y del apoyo al desarrollo de habilidades organizativas específicas para la industria entre los proveedores del sector. Finalmente, se deberá poner especial atención en el desarrollo de las capacidades de innovación de las empresas locales.

El presente estudio utiliza como marco las cadenas globales de valor (CGV) a fin de garantizar un completo entendimiento de las potenciales oportunidades de los proveedores peruanos en la cadena minera del cobre. El análisis se realiza a partir de distintas fuentes de datos, entre ellas el Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS, por sus siglas en inglés), Comtrade –de la División Estadística de Naciones Unidas– y las matrices de insumo-producto de los principales países productores de cobre (Australia, Canadá, Chile, Perú y Estados Unidos). En concreto, para el análisis de Perú se revisaron datos de producción, inversión y exportaciones a nivel firma, obtenidos del Ministerio de Energía y Minería (MINEM), la Superintendencia Nacional de Aduanas y de Administración Tributaria (SUNAT) y el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI). Esta información cuantitativa de fuentes primarias se complementa con fuentes secundarias, lo que implicó una revisión de la bibliografía académica, comercial y política disponible, así como de los informes corporativos anuales y bases de datos del sector privado. Además, se llevaron a cabo más de veinte entrevistas en Perú con empresas mineras, proveedores del sector, funcionarios gubernamentales e instituciones educativas o centros de investigación.<sup>2</sup>

A continuación, se indica la estructura de este informe. En las primeras secciones se describen las dinámicas de la industria mundial a fin de comprender cómo afectan a Perú las tendencias internacionales. Esto incluye un mapeo de la CGV del cobre, así como un análisis de la geografía de la cadena, con un fuerte énfasis en las estructuras de gobernanza y en cómo estas influyen en las decisiones de adquisiciones en el plano global y local. La sección concluye con un análisis de las oportunidades disponibles para innovar en la industria. A continuación, la atención se desplaza hacia Perú y la evolución de su sector minero y se identifica dónde y cómo están participando e innovando con éxito las empresas locales. De igual forma, se propone comprender el sistema nacional de innovación en lo relativo a la minería del cobre. Para terminar, se proporciona un conjunto de recomendaciones de políticas orientadas a promover un mayor grado de participación e innovación de los proveedores peruanos.

---

2 Véase la metodología detallada en el apéndice.



## 2.

# LA CADENA GLOBAL DE VALOR DE LA MINERÍA DEL COBRE



A pesar de que el cobre ha sido comercializado mundialmente durante siglos, su importancia como insumo fundamental para la industria manufacturera y la construcción ha aumentado en los últimos 30 años. Actualmente, el cobre es el tercer metal industrial más consumido después del hierro y el aluminio (USGS, 2019a) y se encuentra presente en casi todos los aspectos de la vida cotidiana. Se utiliza tanto en la iluminación de los hogares y para poner en marcha los vehículos como para conectar ciudades, e incluso para prevenir la propagación de bacterias, ya que es un metal antimicrobiano. Como resultado de este auge, el metal rojo se ha convertido en una industria esencial en América del Sur. En Chile y Perú, la industria cuprífera contribuye de forma considerable al PIB y a las exportaciones, además de que es un notable motor del crecimiento económico y desarrollo. Representa 10% y 5% del PIB de estas economías, respectivamente (Banco Central de Chile, 2019; MINEM, 2019). América Latina lidera la producción y las exportaciones de cobre en el mundo, y de sus economías, la de Chile y Perú suman cerca de 44% de la producción mundial del mineral.

En línea con lo expuesto anteriormente, se observa que si bien el precio del cobre ha fluctuado considerablemente durante la última década, la demanda ha crecido de manera constante. Durante el período 2004-2012, la combinación de la demanda y el comercio condujo a precios muy elevados no solo del cobre, sino de las materias primas en general. Este fenómeno se conoce como el “superciclo”. En febrero de 2012, los precios de las materias primas cayeron, lo que causó un gran impacto en las perspectivas de la industria y el enfoque hacia un nuevo desarrollo. A esto se han sumado las crecientes presiones para reducir los impactos ambientales y sociales de la industria a consecuencia del aumento de la conciencia mundial sobre el cambio climático, todo lo cual aumenta la complejidad de las operaciones mineras. A la luz de estos acontecimientos, son pocas las empresas que han decidido dedicarse a la exploración y el desarrollo de nuevas minas desde 2012. En cambio, la mayoría de las iniciativas se han centrado en obtener mejoras en la productividad, consolidar los activos de alto valor y desinvertir en proyectos de baja ley. Así, en la actualidad la

exploración y el desarrollo de nuevos proyectos que vayan a iniciar operaciones antes de 2023 se limita a unos pocos.

Aun cuando el precio de las materias primas está sujeto a la incertidumbre económica mundial, hay claras expectativas de crecimiento para la próxima década como resultado de las transformaciones significativas en los principales mercados de destino. En este sentido, es necesario referirse a la constatación de cambios estructurales en la demanda, entre los que destacan la sustitución de los motores de combustión interna (MCI) por los vehículos eléctricos (VE), el aumento de la electrificación y la energía verde y la expansión de la infraestructura pública en respuesta a la urbanización global. En primer lugar, cabe recordar que la cantidad de cobre que requieren los VE es hasta cuatro veces superior a la de los vehículos de MCI. Por otro lado, al menos veinte países han establecido metas para la adopción de vehículos eléctricos, de entre los que destaca el caso de China, que anunció el deseo de eliminar por completo el vehículo MCI tradicional (Thornton, 2019). En segundo lugar, se espera que entre 2020 y 2050 se duplique el porcentaje que la electricidad representa en el consumo total de energía global (IRENA, 2018). Las energías renovables explican una parte sustancial de este fenómeno, lo que afecta al mercado de este metal en virtud de que se estima que estos sistemas utilizan doce veces más cobre que la generación previa, como la energía del carbón (Copper Development Association, 2018). En tercer lugar, se espera que la población urbana mundial aumente en casi 50% entre 2020 y 2050, lo que implicará pasar de 4.300 millones de personas a 6.600 millones (Ritchie y Roser, 2018; Schipper et al., 2018). El desplazamiento de las personas a las ciudades crea la necesidad de nuevas viviendas y ello, a su vez, impulsa el sector de la construcción, sobre todo en las economías emergentes<sup>3</sup>. Se estima que este fenómeno, por sí solo, duplicará la demanda de cobre en los próximos treinta años (Schipper, et al., 2018; Drzik, 2019). Además, a corto plazo, se espera que la iniciativa China's Belt and Road –adoptada para consolidar las relaciones del país con el mundo a través de mejoras en la conectividad, la logística, y la infraestructura vial, ferroviaria y energética en Eurasia y gran parte de África– intensifique la demanda<sup>4</sup>.

Así, la combinación de una contracción de la oferta con un incremento de la demanda sugiere que el cobre entrará en un nuevo ciclo al alza. Para los países productores, como Perú, este fenómeno representa una valiosa oportunidad para desarrollar sectores más robustos que conduzcan a captar mayores beneficios de la industria.

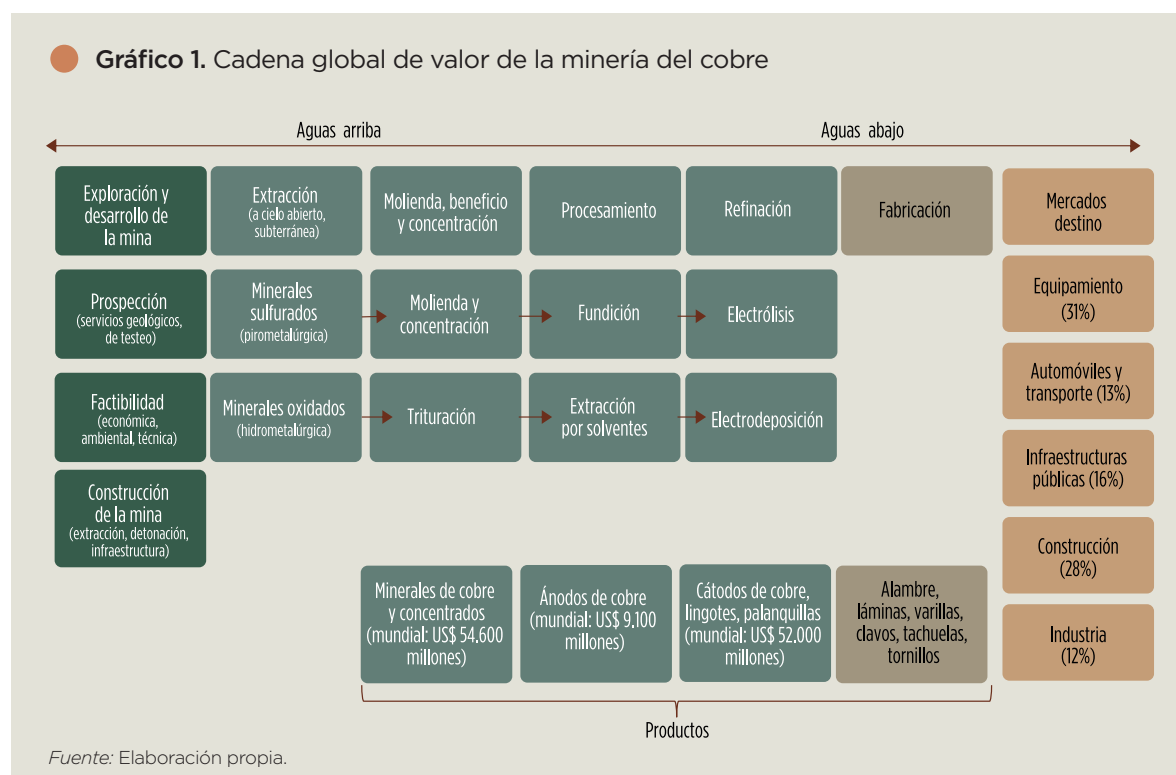
## 2.1 Etapas de la cadena de valor

La CGV de la minería cuprífera se caracteriza por un número de etapas escaso, un bajo grado de fragmentación geográfica y altos niveles de intensidad de capital. La introducción de nuevos activos en el sector requiere períodos prolongados y niveles de inversión considerables. Una vez operativas, las minas pueden mantenerse activas durante más de 80 años. A diferencia de lo que

3 Existe una correlación entre el consumo per cápita de cobre y el crecimiento del PIB per cápita de hasta US\$ 20 millones. Los principales países industrializados consumen la mayor cantidad (Mills, 2015).

4 Este fenómeno ya ha aumentado la demanda del cobre. En los primeros cinco años (2013-2018), la expansión de la energía y la infraestructura ferroviaria en las economías en desarrollo implicó que la China's Belt and Road consumiera cerca de 1,25 millones de toneladas de cobre (equivalente al 4% del volumen refinado considerando el ámbito global) (BHP, 2018). Las estimaciones sugieren que el período 2019-2027 propondrá una demanda interna e indirecta de otros 6,5 millones de toneladas (Lewis, 2018)

sucede en la industria manufacturera –en la que los insumos forman parte del producto final–, los insumos de la cadena minera cuprífera (tanto bienes como servicios) se emplean solo como apoyo de las etapas de extracción y procesamiento. Por su parte, mientras el sector de actividades aguas arriba (*upstream*) está relativamente concentrado, la cadena de valor alimenta a una gran variedad de industrias secundarias, desde la automotriz y la construcción hasta la energía, la salud y la manufactura. El presente análisis se centra en los sectores de actividad aguas arriba (*upstream*) e intermedias (*midstream*).



**Etapas de la cadena global de valor:** Se distinguen cinco etapas de las actividades aguas arriba e intermedias: 1) exploración y desarrollo de la mina, 2) extracción, 3) conminución, concentración y beneficio, 4) procesamiento y 5) refinado. Las **actividades de extracción** son distintas si la mina es a cielo abierto o subterránea, según su ubicación y según las condiciones geológicas de las reservas. Las **actividades de procesamiento** son distintas si el tipo de mineral extraído es sulfurado u oxidado. Los minerales sulfurados se procesan mediante procesos pirometalúrgicos que se consideran tradicionales y son ampliamente conocidas, la conminución y la concentración/beneficio (el producto es el concentrado de cobre, por lo general alrededor de 30% en estado puro), fundición (el producto son ánodos de cobre con 95% de pureza) y refinación electrolítica (el producto son cátodos de cobre con 99,9% de pureza). Aunque en general la concentración se realiza en una planta de procesamiento de minerales situada en el yacimiento minero, estas tres fases pueden realizarse en el mismo sitio o en otro distinto.

Por otra parte, los minerales oxidados de cobre se procesan utilizando un método hidrometalúrgico a través del cual pilas de minerales se humedecen con ácido sulfúrico (extracción por solventes mediante lixiviación), al que sigue un proceso de electrodeposición del sulfato de cobre obtenido para la producción de cátodos de cobre. El proceso de electrodeposición vía extracción por solventes-electrodeposición (SX-EW, por sus siglas en inglés) da como resultado un cobre de grado tan o más alto que el producido a través de los métodos de refinación electrolítica tradicional. La tecnología SX-EW se introdujo durante las décadas de los años ochenta y noventa y permitió explotar eficientemente las reservas de óxido. A menudo, estos dos procesos se consideran complementarios. La fundición produce cantidades significativas de ácido sulfúrico como subproducto y este se puede utilizar luego para la lixiviación. Sin embargo, la tecnología SX-EW también se puede aplicar por separado, que tiene unos bajos requerimientos de capital y escala, y facilita la producción competitiva de cátodos<sup>5</sup>. En definitiva, permite que los lugares que solo disponen de reservas de óxido produzcan cobre refinado de manera competitiva.

**Fragmentación de la cadena:** Las actividades de la CGV son desempeñadas por un pequeño número de actores que operan bajo uno de los siguientes cuatro modelos de negocio:

1. **Solo exploración:** Las empresas dedicadas en exclusiva a actividades de exploración se conocen como *juniors*. Se especializan en actividades de alto riesgo, en concreto en la exploración durante etapas tempranas o búsqueda de nuevas reservas cupríferas.
2. **Exploración y extracción:** Actualmente solo las compañías mineras realizan estas actividades. La mayoría de ellas realizan actividades de exploración con la meta de identificar nuevos activos potenciales,<sup>6</sup> además de desarrollar y operar minas y plantas de beneficio. Las principales mineras dedicadas exclusivamente a estas etapas son First Quantum y Teck Resources.
3. **Integración vertical:** Sin embargo, la mayoría de las mineras también procesan parte de su producción. Por ejemplo, la capacidad de fundición y refinación de Anglo American, BHP,<sup>7</sup> Codelco, Freeport McMoRan, Glencore, Grupo México y Rio Tinto es considerable. No obstante, su cuota en cobre procesado (ánodos y cátodos) es baja en comparación con las empresas procesadoras.
4. **Fundición y refinación:** Las empresas de esta última categoría cuentan con capacidades de fundición y refinación a gran escala. No se dedican a la explotación minera, aunque algunas tienen participaciones minoritarias en minas para asegurarse insumos.<sup>8</sup> Las procesadoras más importantes son Jiangxi Copper Corp (China, 900.000 toneladas), Jinchuan (China, 800.000 toneladas), Hidralco (India, 500.000 toneladas), Sumitomo (Japón, 575.000 toneladas) y Aurbis (Alemania, 450.000 toneladas) (ICSG, 2018). Asimismo, una pequeña parte de procesadoras

5 Sin embargo, la tecnología EW es cinco veces más intensiva en energía (8 MJ/kg) que la refinación electrolítica (1,6 MJ/kg). Por tanto, su competitividad depende de la disponibilidad y del costo de la energía (Dresher, 2001).

6 Los gastos elevados en actividades de exploración son muy volátiles. En general, la exploración se considera reemplazable, por lo que se suele detener durante las contracciones.

7 BHP no tiene capacidad de fundición propia, pero algunas de sus minas más importantes –entre ellas Escondida (Chile) y Olympic Dam (Australia)– cuentan con operaciones SX-EW y producen cátodos de cobre.

8 En Japón, las mayores compañías de fundición han adquirido participaciones en la producción minera para asegurarse insumos. Los fundidores chinos anunciaron recientemente que también seguirán esta práctica, con el objetivo de adquirir participaciones en los principales países mineros, como Chile y Perú. Asimismo, los procesadores asiáticos están comprando participaciones más importantes en los proyectos en los que intervienen. Por ejemplo, Sumitomo aumentó su participación en Morenci a 28%, y en Cerro Verde, a 21%. Recientemente, la firma compró 30% de las acciones de Quebrada Blanca II. Mitsubishi se ha sumado a esta tendencia con participaciones en Antamina (10%), Los Bronces (20%) y Los Pelambres (15%). La compañía también adquirió una participación de 40% en Quellaveco, la nueva mina de Perú.

japonesas se dedica también a la fabricación de componentes de cobre para las industrias transformadoras, entre ellas JX Nippon (JX Nippon Mining & Metals, 2019), Mitsubishi (Mitsubishi Corporation, 2019), Sumitomo y Mitsui (Sumitomo Metal Mining Co, LTD, 2019).

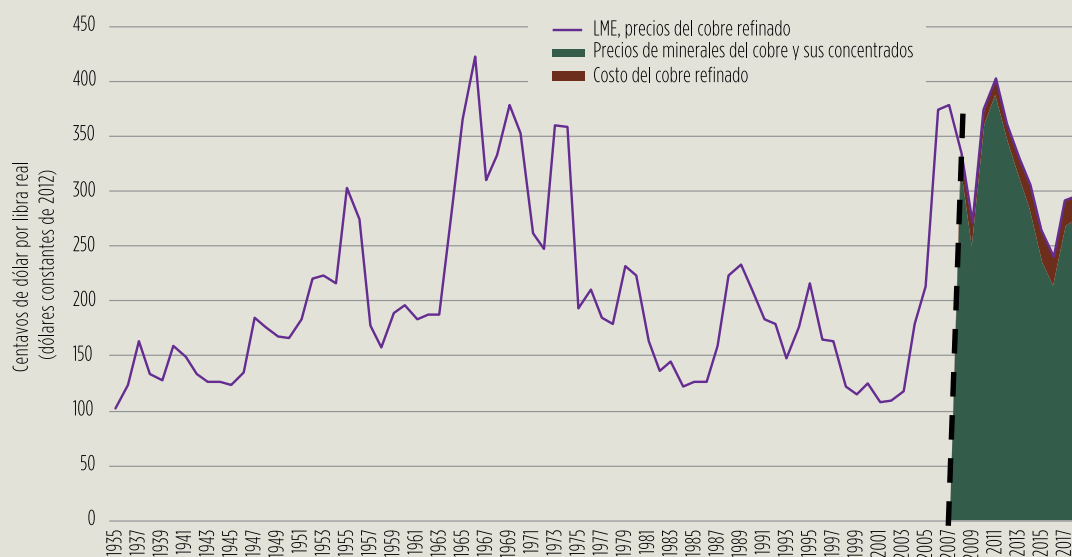
**Valor agregado en la CGV del cobre:** Los concentrados provenientes de las minas pueden venderse directamente a las empresas procesadoras y fundidoras a través de contratos de larga duración (anuales) o en el mercado al contado. Alternativamente, la minera puede conservar la propiedad del producto y cubrir los gastos de tratamiento y de refinación y las tarifas de marketing de las procesadoras aguas abajo (OCDE, 2015). En relación con este punto, los comerciantes (independientes, mineras o procesadoras) tienen un papel clave para facilitar las ventas previas al procesamiento y posteriores a la refinación. Por lo general, los contratos se negocian en función del precio de los cátodos de cobre en la Bolsa de Metales de Londres (LME, por sus siglas en inglés). Normalmente, el cátodo se vende en base costo, seguro, flete (CIF). Los plazos de entrega, los metales pagables, el contenido de concentrado, la presencia de oro o plata, y las multas por materiales nocivos también se incluyen en el precio.<sup>9</sup> El valor del concentrado equivale al precio del cátodo LME menos los cargos de tratamiento y de refinamiento. El transporte y el seguro pueden estar incluidos o no.

Sin embargo, cabe destacar que en las actividades de procesamiento el valor agregado oscila considerablemente, ya que se desprende de la relación entre la oferta de concentrado y la capacidad de fundición disponible, más una posible participación en el precio si el precio del cobre aumentara por encima del umbral negociado.<sup>10</sup> El costo de la fundición y la refinación es, por lo tanto, un porcentaje del costo final del cátodo de cobre (Barr et al., 2005). Desde la década de los años noventa, este costo ha variado considerablemente. Se ha registrado un máximo de alrededor de 25% en 2005 y una disminución de aproximadamente 7% en 2018 (gráfico 2). Esta caída es resultado de un aumento en la capacidad global de fundición durante las últimas dos décadas, especialmente en China, que ha tenido incrementos significativos (ICSG, 2018; Outotec, 2019). A ello se agrega que las fundidoras prefieren operar a capacidad máxima, por lo que están dispuestas a cargar precios más bajos con el fin de asegurarse el concentrado. Estas dinámicas muestran que en la actualidad hay poco valor en capturar del escalamiento funcional y redirigir hacia las etapas de fundición y refinación. Por su parte, existe menos información respecto a los precios entre las etapas de fundición y refinación, ya que las ventas tienden a ocurrir dentro de la corporación o con poca frecuencia (OCDE, 2015).

9 En caso de que la marca de cátodos no tenga acreditación de la LME o del Commodity Exchange Chicago (COMEX), el comprador puede negociar un descuento.

10 Este último permite a la procesadora aumentar los cargos de tratamiento y de refinamiento si el precio agregado del cobre aumenta y supera el umbral negociado antes.

● **Gráfico 2.** Precios del cobre refinado (1935-2018) y costo de fundición y refinación del cobre (2008-2018)



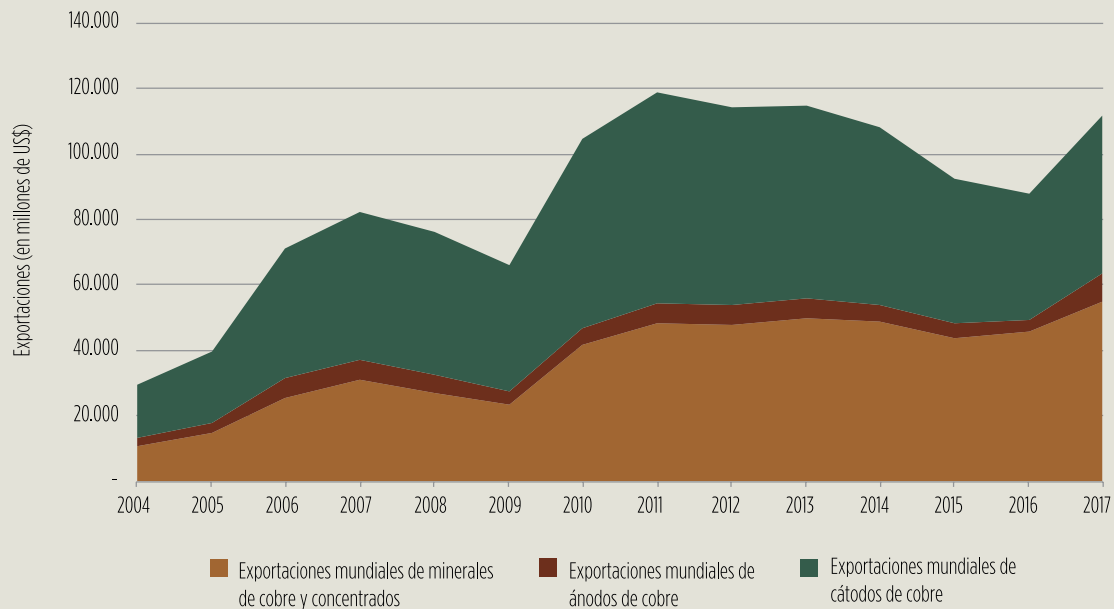
*Fuente:* Elaboración propia. Precios del cobre obtenidos de Cochilco (2017) y costos de tratamiento y refinación obtenidos de S&P Global Intelligence (Outotec, 2019).

## 2.2 Geografía de la cadena global de valor del cobre

La distribución geográfica de la CGV de la minería cuprífera es relativamente limitada en comparación con la de otras industrias. Esto es resultado de varios factores, entre los que destacan las ubicaciones de las reservas, las condiciones geológicas y la intensidad de capital del sector. En las actividades de procesamiento aguas arriba, América Latina (en especial Chile y Perú) domina la industria global, con 44% de la producción cuprífera. En cambio, es Asia quien lidera las actividades de procesamiento aguas abajo, con China y Japón como principales actores. La región importa 75% de los concentrados de cobre comercializados mundialmente y produce 56% del cobre refinado del mundo.<sup>11</sup> Con referencia al comercio de cobre por etapa de la cadena de valor, durante la última década, la cuota de cobre concentrado en el valor total del comercio del cobre aumentó de manera constante como resultado de la disminución de los precios de fundición y refinación. En efecto, dicha cuota pasó de 36% en 2006 a 49% en 2017 (gráfico 3). A su vez, el comercio de ánodos o cobre blíster (fundido, pero no refinado) es mínimo (aproximadamente 15% del valor del comercio de concentrados). En este aspecto, Chile proporciona la oferta exportable más consistente.

<sup>11</sup> Los gráficos de esta sección se basan en los valores de exportación en lugar de volúmenes, en tanto los registros por volúmenes son inconsistentes.

● **Gráfico 3.** Comercio mundial de cobre por etapa de la cadena de valor, 2004-2017



Fuente: UN Comtrade (2019).

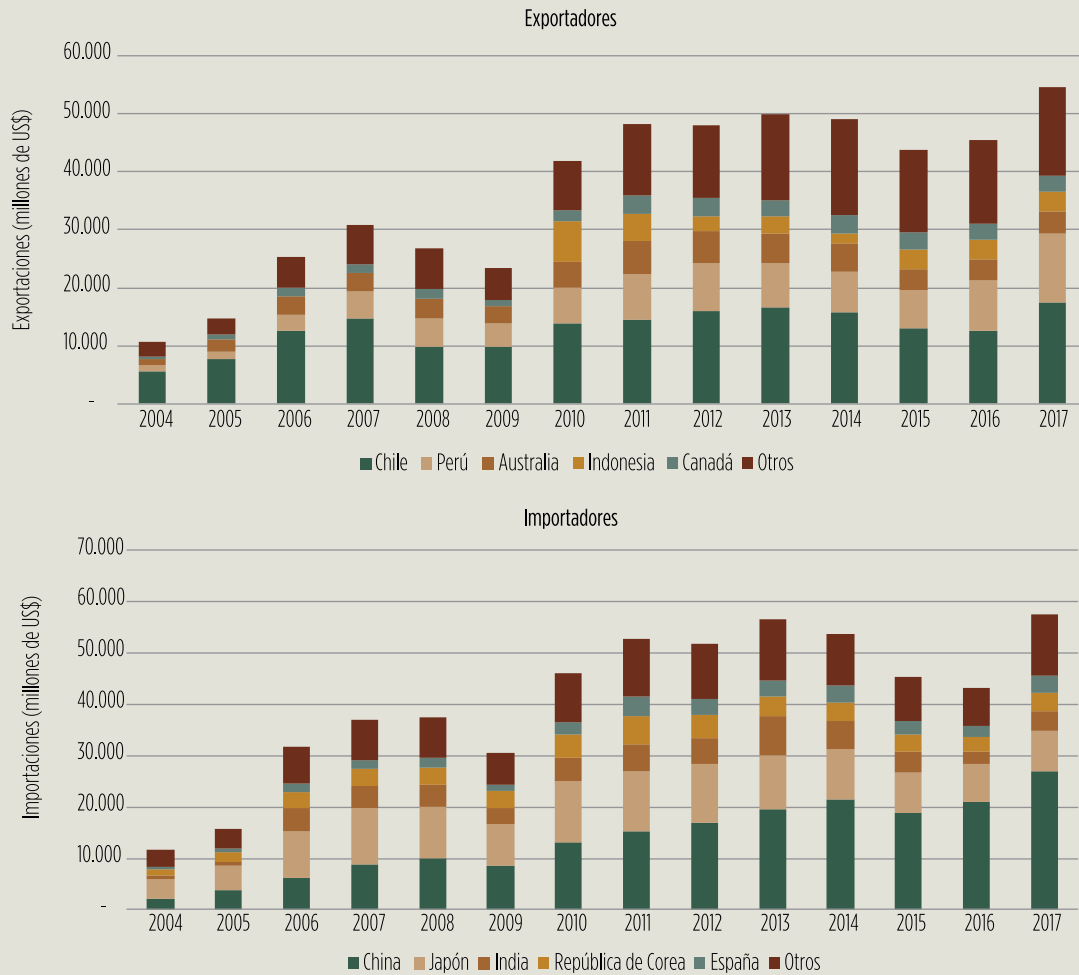
Nota: SH-02 260300 (minerales de cobre y sus concentrados); 7402 (cobre sin refinar; ánodos de cobre para refinación electrolítica) y 740311 (cátodos y secciones de cátodos). Todos los exportadores. Fecha de descarga: 23/05/2019.

**La producción de cobre está altamente concentrada como resultado de la ubicación y viabilidad económica de las reservas.** Cincuenta por ciento de las reservas cupríferas mundiales se localizan en cinco países, con Chile y Perú a la cabeza. Los cinco países que les siguen son responsables de 25% de cuota adicional (USGS, 2018). Sin embargo, la viabilidad económica de estas reservas varía. China, Zambia y la República Democrática del Congo producen volúmenes sustancialmente altos en comparación con sus reservas a consecuencia de los bajos costos. En cambio, Australia, Indonesia y México producen volúmenes mucho menores. La viabilidad económica depende de una combinación de factores técnicos y políticos, entre ellos la ley del mineral, la accesibilidad y la política de gobierno respecto a las regalías. Entre los productores mencionados, los principales exportadores de concentrados son Chile, Perú, Indonesia, Australia y Canadá (gráfico 4, cuadro 14). En 2017, estos países representaron 72% del comercio mundial. La mayor parte de los concentrados se exporta a Asia para su fundición y refinación.

Asia representa aproximadamente la mitad de la capacidad de procesamiento mundial, es decir, fundición y refinación (gráfico 5), con China, Japón, India y República de Corea como cuatro importadores principales de concentrado, que importan alrededor de 75% del concentrado de cobre del mundo. La industria manufacturera emplea la mayor parte del producto refinado, tanto en el mercado doméstico como en el regional. En su condición de “fábrica del mundo”, **China es el actor más importante en las actividades de procesamiento aguas abajo de la CGV cuprífera.** Como tercera economía minera de cobre más grande del mundo (8,5%), consume su propia producción, así como la mayoría del cobre refinado que se comercializa en el mundo. China lidera la producción de cobre



● **Gráfico 4.** Principales exportadores e importadores de minerales de cobre y sus concentrados



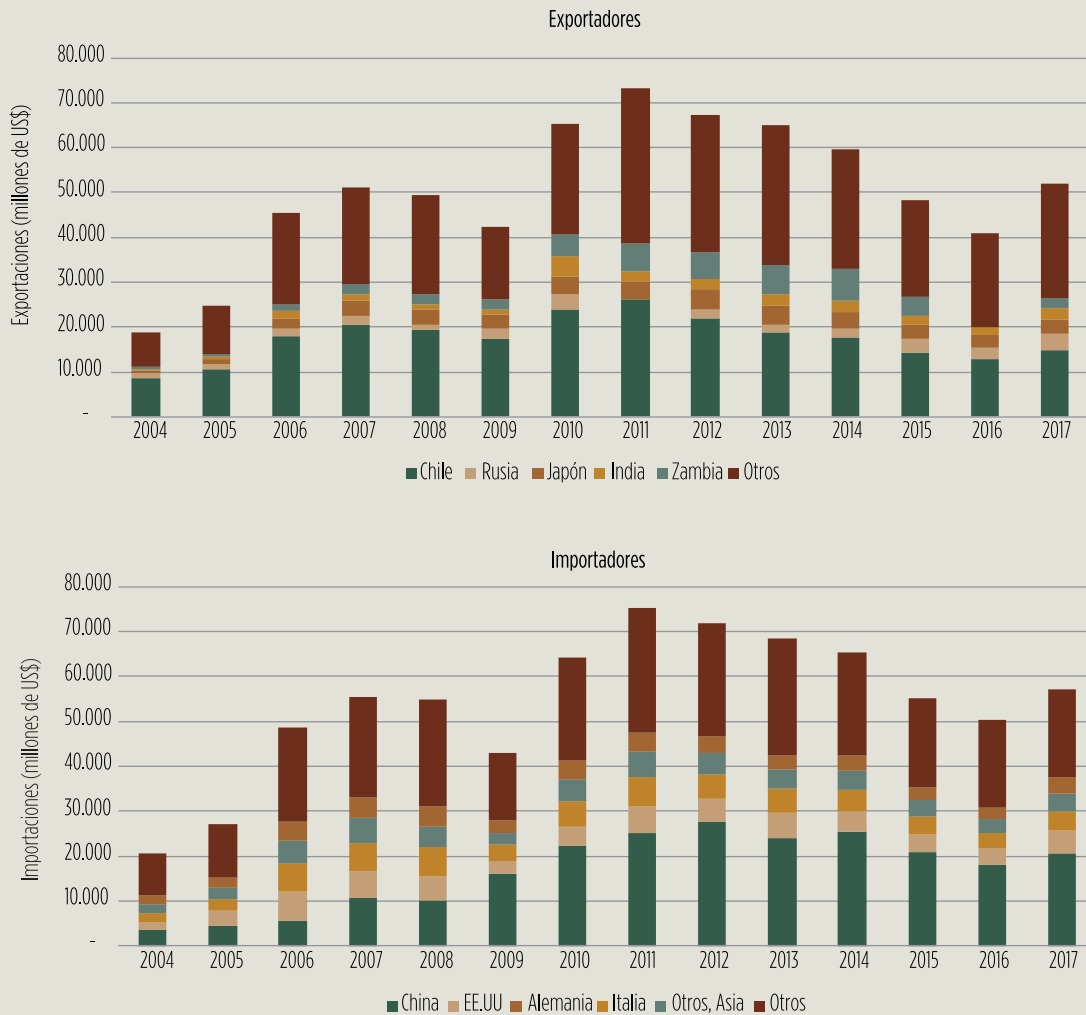
Fuente: UN Comtrade (2019).

Nota: SH-Q2 260300 (minerales de cobre y sus concentrados). Todos los exportadores e importadores. Fecha de descarga: 23/05/2019.

fundido (40%) y refinado (38%) (véase el cuadro 20 en los apéndices).<sup>12</sup> Además, importa la mitad del concentrado (47%, 2017; véase el cuadro 17 en los apéndices) y de los ánodos (48%, 2017; véase el cuadro 18 en los apéndices) comercializados mundialmente y 38% del cobre refinado mundial. Japón tuvo un papel importante en las etapas de procesamiento pero ha perdido participación de forma continua desde 2004, que ha sido captada por China. Conforme la industria manufacturera se ha desplazado a otras localizaciones, Japón ha incrementado su exportación de cobre refinado. Otros importadores de cobre refinado son los principales centros de fabricación en Asia, Europa y Estados Unidos. China, Alemania, Italia, Estados Unidos y Taiwán suman 66% del cobre refinado comercializado en el mundo.

<sup>12</sup> A China le siguen Japón y Chile, con 8% y 7% de la capacidad de fundición, respectivamente (ICSG, 2018).

● **Gráfico 5.** Principales exportadores e importadores de cobre refinado



Fuente: UN Comtrade (2019).

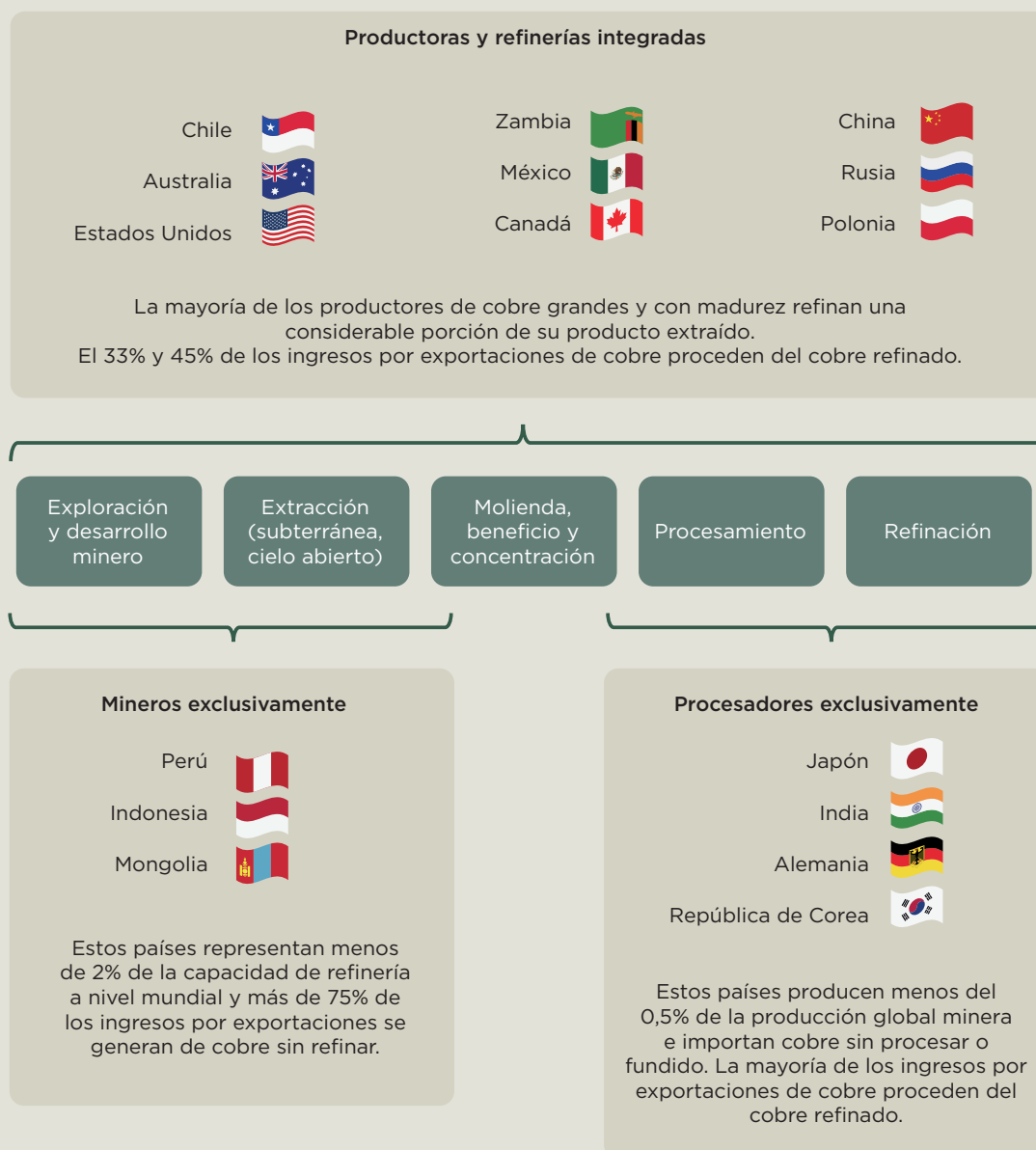
Nota: SH02 7403, cobre refinado. Todos los exportadores e importadores. Fecha de descarga: 23/05/2019.

En función de los flujos comerciales analizados anteriormente, los actores de la CGV cuprífera se pueden categorizar en tres grandes grupos:

1. **Mineras exclusivamente:** producen sobre todo minerales de cobre sin procesar y sus concentrados. Se incluyen en esta categoría los participantes relativamente nuevos. Perú es el actor más importante en este segmento, junto con Indonesia y Mongolia. Los tres países representan menos de 2% de la capacidad de refinería en la escala mundial. Sin embargo, más de 75% de sus ingresos por exportaciones provienen del cobre no refinado.
2. **Procesadoras exclusivamente:** generan menos de 0,5% de la producción global minera e importan cobre no procesado o fundido. Más de 90% de los ingresos por exportaciones corresponden al cobre refinado. Esta categoría incluye a Alemania, India, Japón y República de Corea.

- 3. Productoras y refinadoras integradas:** la mayoría de las productoras grandes y maduras refinan una cuota considerable de lo que ellas mismas extraen. En Australia, Canadá, Chile, Estados Unidos, México y Zambia, entre 33% y 45% de los ingresos por exportación de cobre corresponden al cobre refinado. En general, la capacidad de fundición y refinación de estos países se estableció antes de 2005. China, Polonia y Rusia no exportan cobre sin procesar.

**Gráfico 6.** Distribución de los países cupríferos según su rol en la cadena de valor, 2018



*Fuente:* Elaboración propia.

*Notas:* Capacidad de producción y refinación tomada de USGS (2018) y exportaciones de UN Comtrade (2019).

## 2.3 Gobernanza y empresas líderes

La CGV de la minería cuprífera está dominada por un número relativamente reducido de empresas principales, a saber, mineras, empresas de ingeniería y fabricantes de equipos. Las dinámicas de poder entre estas compañías determinan en gran medida el potencial de participación de las empresas pequeñas. Un dato revelador es que las cinco mineras más grandes del mundo representan 38% de la producción. Algunas de estas grandes compañías han diversificado su oferta en más de tres materias primas (por ejemplo, BHP, Glencore y Grupo México), pero las que se dedicaban al cobre en exclusiva han cobrado mayor relevancia (por ejemplo, Codelco, Freeport McMoRan y First Quantum). Estas empresas poseen minas en los yacimientos más importantes del mundo, con una fuerte presencia en América del Sur, especialmente en Chile y Perú. Sus oficinas centrales están en los principales países mineros. De las diez primeras firmas, dos son de origen australiano y chileno y una, canadiense (cuadro 1). La mayoría de las principales mineras participan en todas las actividades de la cadena pertenecientes a las etapas aguas arriba y de refinación, desde la exploración a la refinación. En cada una de las etapas, las mineras dependen de un importante número de empresas proveedoras de insumos, hasta el punto de que en algunos países la subcontratación alcanza 60%.<sup>13</sup>

Desde el fin del superciclo en 2012, las principales mineras han operado de manera conservadora y se han centrado en consolidar los activos de alto valor, en desinvertir en proyectos de baja ley y en limitar la exploración y el desarrollo de nuevos proyectos. Por tanto, en la actualidad hay muy pocos proyectos que vayan a entrar en operación antes de 2023. Entre las minas nuevas más importantes destacan Chuquibambilla Underground de Codelco (130.000 toneladas, 2019), Cobre Panamá de First Quantum (350.000 toneladas, 2019), Quellaveco de Anglo-American (435.000 toneladas, 2022) y Quebrada Blanca II de Teck Resources (316.000 toneladas, 2022). No obstante, las proyecciones que apuntan a un aumento de la demanda del cobre han promovido la restauración de las actividades de exploración y desarrollo por parte de estas firmas (Jamasmie, 2017). En este sentido, los proyectos previstos en Chile y Perú agregarán 3,5 millones de toneladas y 2,1 millones de toneladas, respectivamente, a la producción cuprífera mundial durante la próxima década (Cochilco, 2018; MINEM, 2018), con una inversión total de US\$ 59.000 millones y de US\$ 58.500 millones, respectivamente.

**Cuadro 1.** Principales empresas mineras mundiales

Denominación	Producción de cobre (Tm)	Ingresos del cobre (EBITDA)	Origen	Principales minas en América Latina	Principales minas en el resto del mundo	Etapas de la cadena de valor
CODELCO	1.806	4,7	Chile	Chuquibambilla (100%, operador) El Teniente (100%, operador) Radomiro Tomic (100%, operador) El Abra (49%) Las Bronces (20%)		Exploración, extracción, fundición, refinación, extracción por solventes-electrodeposición

(continúa en la página siguiente)

<sup>13</sup> La mayoría de las firmas refinan utilizando procesos de extracción por solventes y electrodeposición. Unas pocas, incluyendo Rio Tinto (en la mina Kennecott), Freeport McMoRan (Estados Unidos y España) y Glencore utilizan procesos de fundición y refinación tradicionales.

**Cuadro 1.** Principales empresas mineras mundiales (*continuación*)

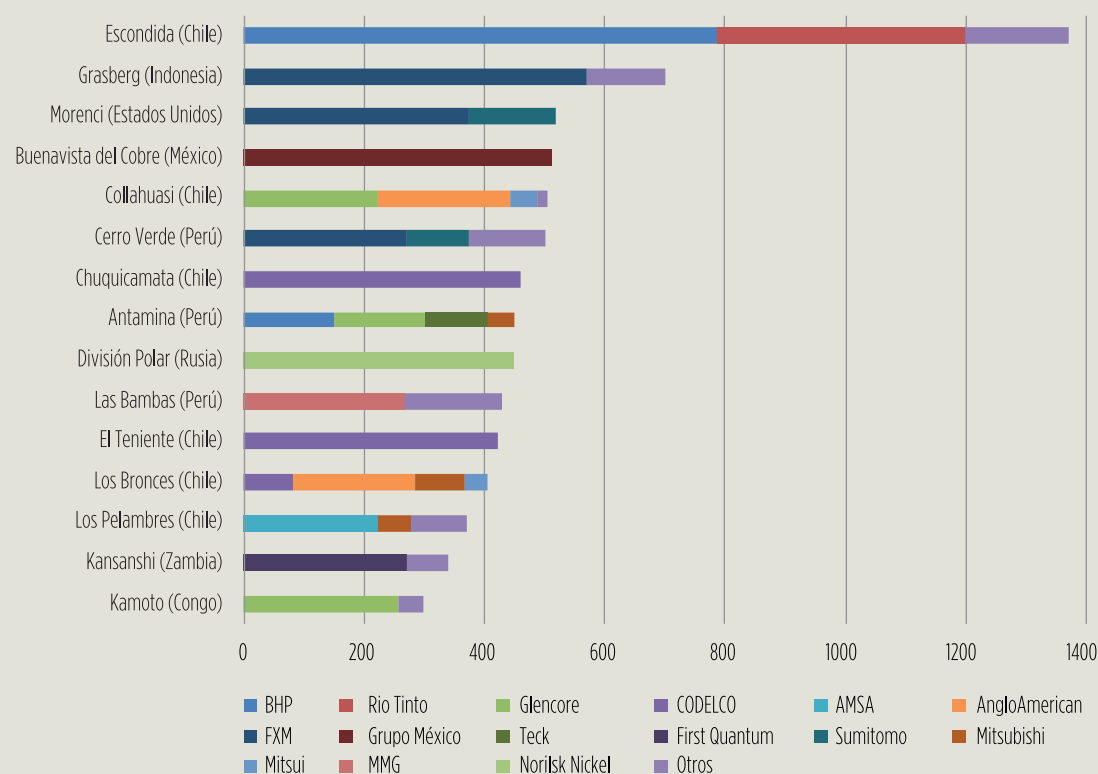
Denominación	Producción de cobre (Tm)	Ingresos del cobre (EBITDA)	Origen	Principales minas en América Latina	Principales minas en el resto del mundo	Etapas de la cadena de valor
BHP	1.753	6,5	Australia	Escondida (57,5%, operador) Antamina (33,75%, control conjunto) Cerro Colorado (100%, operador) Spence (100%, operador)	Olympic Dam (100%, operador)	Exploración, extracción, extracción por solventes-electrodeposición
Freeport McMoran	1.733	6,5 <sup>a</sup>	Estados Unidos	Cerro Verde (53,6%) El Abra (51%)	Grasburg (81,5%, operador) Morenci (78%)	Exploración, extracción, fundición, refinación, extracción por solventes-electrodeposición
Glencore	1.454	4,7	Suiza	Antamina (33,75%, control conjunto) Collahuasi (44%) Antapaccay (100%, operador)	Ernest Henry (70%, operador) Mount Isa Mines (100%, operador) CSA Mine (100%, operador) Katanga (86,3%, operador)	Exploración, extracción, fundición, refinación, extracción por solventes-electrodeposición, comercialización
Grupo México	1.200	2,3 <sup>b</sup>	México	Buenavista del México (100%) Toquepala (100%) Cuajone (100%) Caridad	Mission, Ray & Silver Bell Minería Los Frailes	Exploración, extracción, fundición, refinación, extracción por solventes-electrodeposición
AMSA	725	2,2	Chile	Antucoya (70%) Centinela (70%) Los Pelambres (60%) Zaldívar (50%)		Exploración, extracción, fundición, extracción por solventes-electrodeposición
AngloAmerican	668	1,9	Reino Unido	Los Bronces (50,1%, operador) Collahuasi (44%, control conjunto) El Soldado (51%, operador)		Exploración, extracción, fundición
Rio Tinto	634	2,8	Australia	Escondida (30%, control conjunto)	Oyu Tongi (33,5%, control conjunto) Kennecott (100%, operador)	Exploración, extracción, fundición, refinación
First Quantum	606	1,7	Canadá	Cobre Panamá (90%, operador) Las Cruces (100%, 74.000 toneladas)	Sentinel (100%) Kansanshi (80%) Cayeli (100%)	Exploración, extracción, fundición
Norlisk Nickel	436	6,2	Rusia		Polar division y Kola MMC GRK Bystrinskoye Harjavalta Nkomati	Exploración, extracción, fundición, refinación
Vale	395	1,1	Brasil	Sossego Salobo Sudbury		Extracción
Teck Resources	294	2,8	Canadá	Antamina (22,5%) Andacollo (90%) Quebrada Blanca (90%)	Highland Valley (100%)	Exploración

Fuente: Reportes anuales y webs corporativas.

<sup>a</sup> Todos los ingresos de la minería. <sup>b</sup>Cálculo en base a 65% de participación del cobre en el producto final.

Debido a que los proyectos de la industria minera son dominados por minas grandes, intensivas en capital y de larga duración, es frecuente encontrarse con operaciones dirigidas por consorcios como una estrategia de mitigación de riesgo. De las quince minas cupríferas más grandes del mundo, solo tres pertenecen a una única empresa (gráfico 7). Las estructuras de titularidad tienen distintas configuraciones. Por ejemplo, algunas mineras colaboran entre sí junto a un pequeño porcentaje de procesadoras o consorcios de mineras y procesadoras. Esta segunda estructura ha sido la más común en los proyectos más recientes. En general, en los consorcios de mineras, una de ellas opera el proyecto, aunque se pueden hallar algunas excepciones en las que se han creado nuevas compañías con capital de las participantes del consorcio. Las dos minas más grandes de Perú (Antamina y Cerro Verde) son consorcios de mineras. En los acuerdos más directos entre mineras y procesadoras, quien opera la mina suele ser la primera y las procesadoras se aseguran el acceso a la materia prima. Las configuraciones de propiedad y operación definen cómo adquieren las minas sus insumos. Cuando los proyectos los operan grandes mineras, estas tienden a centralizar su estrategia de adquisiciones tomando un alcance global. En cambio, las compañías que operan la mina cuentan con su propio equipo de adquisiciones. Sin embargo, como el personal proviene de las compañías dueñas de las minas, estas tienden a continuar favoreciendo a sus proveedores. Por su parte, las procesadoras tienen muy poca influencia sobre las adquisiciones en las etapas aguas arriba.

● **Gráfico 7.** Principales 15 minas cupríferas, según capacidad, 2018



Fuente: Elaboración propia en base a International Copper Study Group, *Directory of Copper Mines and Plants* (2018). La participación en la propiedad se ha obtenido de los informes anuales de las respectivas corporaciones.

Es importante tener en cuenta que la configuración de las dinámicas de la industria, así como la determinación de qué proveedores pueden participar en la etapa de desarrollo de la mina, no depende solo de las empresas mineras, sino también de las de ingeniería. Estas participan en todos los aspectos inherentes al desarrollo de la mina, incluida la compra de equipamiento e infraestructura, ya sea bajo contratos de tipo EPC o EPCM (por sus siglas en inglés).<sup>14</sup> Las principales firmas de ingeniería de la industria son Bechtel, Fluor, Hatch, SNC-Lavalin, Ausenco y Worley. Durante el superciclo, estas empresas asumieron un papel especialmente importante y siguieron dominando el desarrollo de las minas. En cambio, en el período siguiente las mineras procuraron ejercer un mayor control sobre este proceso, con la meta de mantener los costos bajos. Como resultado, cada vez es más frecuente que las decisiones de adquisición las tomen las propias mineras (Douglas, 2016).

Cabe destacar también que, entre las empresas proveedoras de la minería, las fabricantes de bienes de capital (maquinaria) ostentan un poder considerable. Este aspecto es producto de las inversiones en innovación que realizan y de sus desarrollos en nuevos equipamientos y sistemas que mejoran la productividad de la mina. La fabricación de equipamientos más grandes, eficientes y productivos —como equipos de extracción continua o taladros autónomos— y el desarrollo de soluciones de sistemas integrados para las distintas etapas de la cadena de valor minera otorgan a los fabricantes originales una posición muy ventajosa frente a los clientes, deseosos de aprovechar cualquier mejora en la productividad (Bamber et al., 2016). Por otro lado, el poder de los fabricantes originales ha aumentado a raíz de la consolidación del sector y el dominio de un número reducido de empresas en la producción de distintas categorías de productos, en particular en el sector de equipamiento para minería a cielo abierto. En este segmento, las primeras diez empresas (entre ellas Caterpillar y Komatsu) representan más de 60% del mercado (Sleight, 2015). En cambio, en el sector de equipamiento para minería subterránea, la consolidación del mercado es bastante menor, por lo que existe un mayor potencial para el ingreso de nuevas firmas (Scott-Kemmis, 2011).

## 2.4 Patrones de adquisiciones de las empresas líderes

Las adquisiciones en el sector minero incluyen tanto los productos como los servicios. El gasto se divide en gastos operativos y de capital. El gasto anual en bienes y servicios es considerable. En 2016, el sector minero de Australia realizó adquisiciones por US\$ 20.200 millones (Australian Bureau of Statistics, 2016), y en Perú el monto alcanzó los US\$ 9.000 millones en 2017 (INEI, 2017a). Asimismo, en Chile, solo las adquisiciones del sector minero cuprífero superaron los US\$ 12.200 millones (Banco Central de Chile, 2019). De estos montos, los servicios representan una cuota relevante, ubicada en poco más de la mitad del valor total.

Por otra parte, los gastos de capital anuales muestran una variación más considerable según se trate de una inversión en una nueva mina o de una expansión<sup>15</sup>. Al tener en cuenta ambos tipos de inversiones, se observa que el desarrollo de la mina representa la mayor proporción de las adquisiciones a la interna de la cadena de valor. Son dos actores clave quienes realizan las ad-

<sup>14</sup> Para conocer las diferencias entre estos tipos de contratos, véase el cuadro 13.

<sup>15</sup> Esto excluye los gastos registrados como formación bruta de capital fijo. Véase el gráfico 19 para el detalle de la formación bruta de capital fijo de Chile entre 2008 y 2017.



quisiciones, las mineras y las empresas de ingeniería. El gráfico 8 desglosa las adquisiciones por etapa de cadena de valor (exploración, extracción, SX-EW y fundición y, finalmente, refinación).

● **Gráfico 8.** Principales insumos intermedios (servicios y productos) de la CGV del cobre

	Exploración	Desarrollo de la mina	Extracción (cielo abierto, subterránea)	Molienda, beneficio y concentración	Procesamiento y refinación
SERVICIOS	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Servicios topográficos, geológicos, geoquímicos y geofísicos.</li> <li>• Servicios financieros.</li> <li>• Reparación y mantenimiento.</li> <li>• Alquiler de equipamiento industrial especializado.</li> <li>• Servicios de transporte.</li> <li>• Construcción y mantenimiento de caminos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Servicios de ingeniería para el diseño, desarrollo e instalación de la planta y el equipamiento.</li> <li>• Análisis de viabilidad técnica, ambiental o social.</li> <li>• Servicios de perforación y voladura.</li> <li>• Movimiento de suelos, construcción de áreas de lixiviación, perforación y procesamiento, y represas de residuos.</li> <li>• Construcción de rutas de acceso e infraestructura.</li> <li>• Servicios legales.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mantenimiento y reparación de equipamiento.</li> <li>• Arrendamiento de equipamiento y maquinaria especializada.</li> <li>• Servicios de voladura y perforación.</li> <li>• Servicios de ingeniería.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Transporte de concentrado al puerto (camión, tren, tubería).</li> <li>• Mantenimiento y reparación de equipos.</li> <li>• Servicios de tecnologías de la información.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Servicios financieros.</li> <li>• Mantenimiento y reparación de equipos.</li> <li>• Contratos básicos y servicios especializados.</li> <li>• Servicios de ingeniería y arquitectura.</li> </ul>
PRODUCTOS	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Equipamiento especializado.</li> <li>• Combustible.</li> <li>• Productos de estructura metálica.</li> <li>• Hierro y acero.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bienes de capital (fijo, por ejemplo, trituradora).</li> <li>• Productos de estructura metálica (por ejemplo, varas, torres, tanques de flotación, tuberías, entre otros).</li> <li>• Cemento y otros productos de construcción.</li> <li>• Combustible.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bienes de capital (móvil) y repuestos.</li> <li>• Explosivos.</li> <li>• Neumáticos.</li> <li>• Lubricantes.</li> <li>• Artículos de consumo (camas de camiones, palas de cavar).</li> <li>• Combustible y energía.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Artículos de consumo (bolas de molinos, revestimiento de molino semiautógeno de molienda, transportadores).</li> <li>• Químicos (reactivos, como colectores o espumantes, y modificadores, como cal).</li> <li>• Agua.</li> <li>• Electricidad.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bienes de capital y repuestos.</li> <li>• Concentrado de cobre y ánodos.</li> <li>• Electricidad.</li> <li>• Químicos.</li> <li>• Agua.</li> <li>• Extracción por solventes y electrodeposición.</li> <li>• Ácido sulfúrico</li> <li>• Oxidantes (como agentes féreos o bacterianos).</li> </ul>

*Fuente:* Elaboración propia en base a matrices de origen-destino de Australia, Chile, Estados Unidos y Perú. Australian Bureau of Statistics (2016); Banco Central de Chile (2019); BEA (2012); INEI (2017).

*Nota:* Códigos Industriales de Australia: SU -082 Non-ferrous metallic minerals, 100 Exploration and Mining Support Services. Códigos Industriales de Chile: 15 Minería de Cobre. Códigos Industriales de Perú: SU 004001 Extracción de minerales metálicos. Códigos Industriales de Estados Unidos: US SU NAICS-212230 Copper, Nickel, Lead and Zinc Mining, 331410 Nonferrous Metal (except Aluminum) Smelting and Refining.

A pesar de la intensidad de capital de la industria, los servicios representan aproximadamente la mitad del gasto operativo en el sector minero del cobre.<sup>16</sup> Por ejemplo, en Chile los servicios representan 54% del valor de las adquisiciones (cuadro 2). Las categorías de servicios más relevantes son las de alto valor agregado. Los servicios de ingeniería componen la categoría de insumos más importantes, con el 20% del gasto de la industria. Le siguen los servicios profesionales y técnicos (8%), que incluyen servicios de TI, financieros y legales, entre otros. Ciertamente, al considerar el segmento minero en un sentido amplio (incluyendo todos los minerales y metales) los servicios representan una parte cada vez mayor del valor agregado de la industria minera, y se puede constatar que su cuota ha aumentado en las principales ubicaciones mineras durante la última década. Hacia 2015, los servicios representaron 23% del valor agregado de las exportaciones mineras del mundo y 21% de las de Chile (OCDE, 2020). Una amplia variedad de empresas proveedoras prestan estos servicios, que se desarrollan principalmente en la economía doméstica, y en algunos casos en sucursales extranjeras. Por su parte, el consumo de productos se concentra en insumos genéricos de electricidad, combustible y agua. En conjunto, representan aproximadamente 25% de los insumos, con variaciones acordes a las fluctuaciones de precios. Por lo general, estos insumos los provee un pequeño grupo de empresas. Aparte de los servicios públicos y el combustible, las categorías de productos más importantes entre los insumos son los químicos y los explosivos, los bienes de capital y los artículos de consumo, que sumados representan 17% del gasto en bienes.

**Cuadro 2.** Demanda de productos y servicios del sector minero del cobre, Chile, 2016<sup>17</sup>

	Participación de los servicios (%)	Participación en el total (%)
<b>Total de servicios</b>		<b>54</b>
Servicios de arquitectura e ingeniería	35	19
Servicios profesionales y técnicos	15	8
Transporte y logística	13	7
Servicios de contratación de mano de obra	11	6

(continúa en la página siguiente)

16 Las cifras de Australia y Perú incluyen todas las actividades de minería no férrea y en Chile es exclusivamente para cobre. Con base en el análisis de la matriz insumo-producto de Australia, Chile, Perú y Estados Unidos (Australian Bureau of Statistics, 2016; BEA, 2012; Banco Central de Chile, 2019; INEI, 2017). Notas: Los códigos industriales australianos son SU 082 (*non-ferrous metallic minerals*), 100 (*exploration and mining support services*). El código industrial chileno es 15 (minería de cobre). El código industrial de Perú es 004001 (extracción de minerales metálicos). Los códigos para Estados Unidos son SU NAICS 212230 (*copper, nickel, lead and zinc mining*), 331410 (*nonferrous Metal, except aluminium, smelting and refining*).

17 Se han utilizado datos procedentes de Chile por múltiples motivos. En primer lugar, la información de suministros de este país se limita al sector minero del cobre, mientras que en otros países (Australia, Canadá y Estados Unidos) estas bases incluyen datos de toda la minería no ferrosa. Asimismo, los datos se presentan con un grado de desagregación elevado, ya que se cubren 181 categorías de productos y servicios (Banco Central de Chile, 2019). En segundo lugar, la industria del cobre de Chile recorre todas las etapas de la cadena de valor, desde la exploración a la refinación, incluidos los procesos de refinación de óxidos y sulfuros. En tercer lugar, puesto que es el mayor país productor del mundo –y segundo en la etapa de refinación–, la información podría considerarse representativa de la industria global. Finalmente, el sector minero del país presenta un alto grado de subcontratación en comparación con otros mercados. En Chile, cerca de 62% de la mano de obra trabaja para los proveedores, en relación con las cifras más bajas de Estados Unidos y Canadá (Fernandez-Stark et al., 2019). Esto último ayuda a comprender mejor las potenciales áreas de suministro, sobre todo en comparación con países que presentan altos grados de integración vertical. Es importante tener en cuenta que el período al que corresponden los datos mostró bajos gastos en las etapas de exploración y desarrollo (2016). Ese año, la ratio entre los gastos de exploración y el ingreso entre los principales productores mineros fue de 1,8%, el menor en 12 años (S&P Global Market Intelligence, 2018).

**Cuadro 2.** Demanda de productos y servicios del sector minero del cobre, Chile, 2016 (*continuación*)

	Participación de los servicios (%)	Participación en el total (%)
Servicios públicos	7	4
Servicios de mantenimiento y reparación	9	5
Arrendamiento de equipos sin operador	6	3
Otros	4	2
<b>Total de productos</b>	<b>Participación de los productos (%)</b>	<b>46</b>
Utilidades	42	19
Químicos y explosivos	15	7
Bienes de capital y repuestos	13	6
Combustibles y lubricantes	12	5
Artículos de consumo	8	4
Productos metálicos y estructuras	5	2
Otros <sup>a</sup>	4	2
Equipamiento de transporte	2	1

Fuente: Banco Central de Chile (2019).

Nota: En base a Matrices de Insumo-Producto (2016). Código industrial: Minería de Cobre (15) precios al usuario. Se excluyen las adquisiciones de productos minerales.

<sup>a</sup>Incluye la cal viva.

En cuanto a los principales compradores, debe tenerse en cuenta que estos varían en función de la etapa de la cadena de valor y el tipo de contrato para el desarrollo y operación de la mina. La mayor parte del gasto se realiza durante las etapas de desarrollo y extracción. En la actividad ulterior, la minera operadora realiza las adquisiciones. En cambio, en la actividad de desarrollo de la mina las adquisiciones pueden realizarlas la minera o a través de firmas de ingeniería en el marco de contratos EPC o EPCM (IQMining, 2015). Los contratos EPC son operaciones de tipo “llave en mano”, mientras que los EPCM se basan en servicios de asesoría. Así, en el marco de un contrato de tipo EPC, las firmas de ingeniería adquieren los insumos directamente de los proveedores, mientras que, si el contrato es de tipo EPCM, las firmas de ingeniería se limitan a proporcionar una lista breve de proveedores. En el último caso, la minera es la responsable directa de las adquisiciones (véase el cuadro 13 en los apéndices). La elección entre un tipo de contrato u otro depende de múltiples factores, entre ellos el grado de riesgo, la dimensión del proyecto y la disponibilidad de competencia técnica (Brahm y Tarziján, 2015). Como resultado de las estructuras mencionadas, tanto las empresas mineras como las de ingeniería controlan e influyen sobre el acceso de los proveedores a la industria. Las empresas de servicios de ingeniería suelen mantener relaciones sólidas con los proveedores líderes, ya que compran grandes cantidades de productos y servicios para una amplia variedad de industrias, no solo para el sector minero. En 2018, las adquisiciones para clientes de la firma Fluor alcanzaron los US\$ 16.000 millones (Fluor, 2019).

Es importante considerar que las prácticas de abastecimiento de estas empresas se sustentan en la credibilidad, la calidad y la seguridad. Las mineras tienden a establecer relaciones estratégicas

de larga duración con sus proveedores de preferencia y confían en que cumplirán estos requisitos. Esto ha contribuido a la consolidación de la oferta en un pequeño número de empresas afianzadas.<sup>18</sup> Debido a los altos costos que pueden causar los fallos operacionales en el flujo de caja y la rentabilidad, las mineras suelen ser muy conservadoras respecto a la contratación de nuevos proveedores, incluso cuando hay disponibilidad de soluciones más innovadoras (Deloitte, 2018). Esto se evidencia especialmente en el segmento de equipamiento de capital, donde el abastecimiento es oligopólico, habitualmente concentrado en dos o tres proveedores que sirven casi 50% del mercado (Comisión Nacional de Productividad, 2017). Durante los últimos 10 años, la mayoría de las compañías mineras ha tratado de gestionar los costos asociados a estos segmentos, y por ello ha optado por prácticas de abastecimiento centralizadas para maximizar las economías de escala y compartir el costo del equipamiento en varias minas. Esta práctica forma parte de la estrategia de reducción de costos, aumento de la productividad y control de la deuda acumulada durante el auge. Desde 2008, Anglo-American, AMSA, BHP, Rio Tinto y Freeport McMoRan, entre otras, han instaurado operaciones de abastecimiento global. Para BHP, este cambio supuso un ahorro de productividad de cerca de US\$ 12.000 millones desde 2012 (BHP, 2018). La combinación de estas prácticas supone que las posibilidades de convertirse en proveedor de equipamientos de capital es extraordinariamente difícil.

Por su parte, las categorías de adquisiciones menos estratégicas son mucho más competitivas, con miles de proveedores en activo. Por ejemplo, Codelco cuenta con cerca de 6.000 proveedores (Codelco, 2016). Recientemente, con el objetivo de gestionar los costos de transacción, se ha incrementado el uso de portales digitales —incluidos los internos—, como el Sistema de Gestión de Contratos Globales de BHP, y los externos, como Ariba (SAP) o Achilles. Para ser registrados en estos portales, los proveedores deben cumplir con requisitos operacionales, de seguridad y medioambientales extraordinariamente exigentes que por lo general incluyen auditorías de precalificación de los procedimientos de gestión de riesgo (por ejemplo, cobertura de seguro válida, controles médicos para el personal y procedimientos de contingencia, entre otros), evaluaciones operativas de cumplimiento de los equipamientos y sistemas, garantías financieras sobre los proyectos y conformidad con la legislación internacional y sus requisitos, como la Ley de Prácticas Corruptas en el Extranjero y reglamentos sobre minerales en zonas de conflicto.

#### **2.4.1. Prácticas de adquisiciones locales**

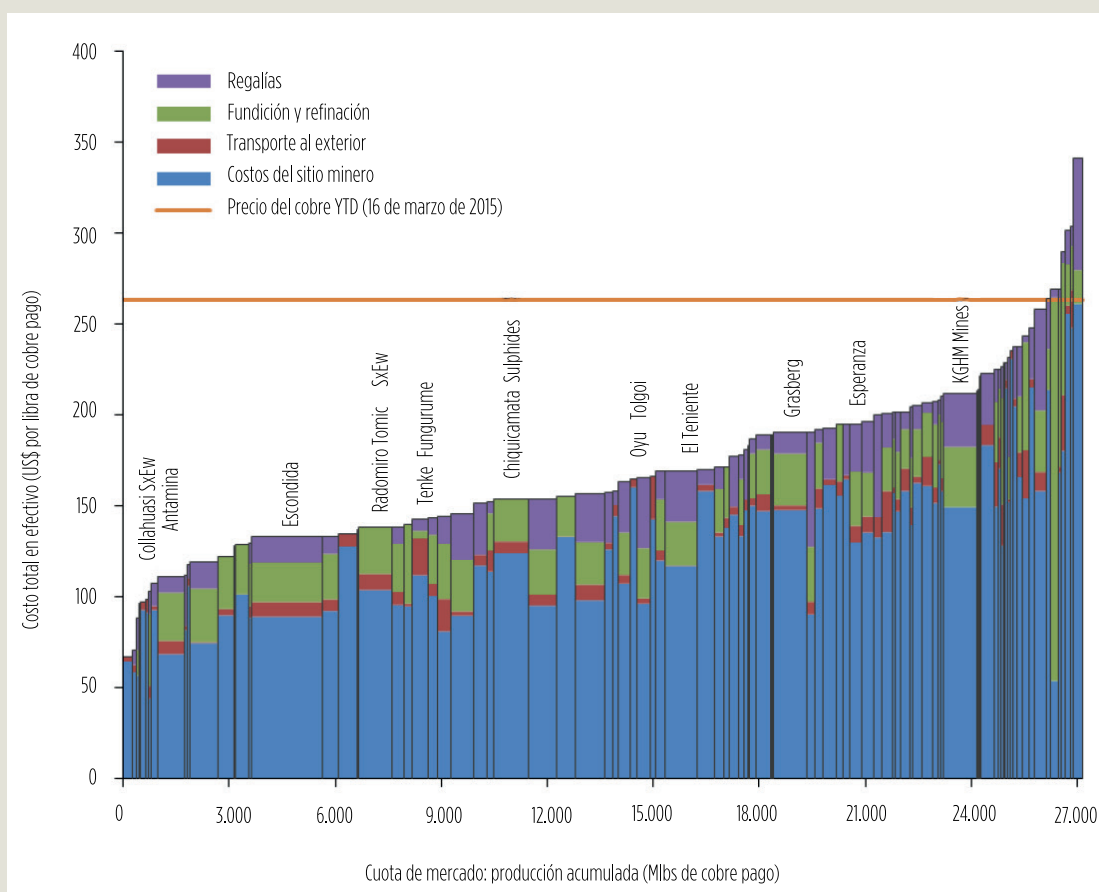
Las mineras internacionales tienden a contratar a los proveedores globales con los que llevan décadas trabajado, y sus esfuerzos para vincularse con proveedores locales (Fessehaie y Morris, 2013; Katz y Pietrobelli, 2018) han sido escasos. En consecuencia, algunos países receptores han puesto un fuerte énfasis en promover la incorporación de proveedores locales a la cadena de valor a través de los encadenamientos hacia atrás.<sup>19</sup> Los costos en los yacimientos mineros representan la mayor

<sup>18</sup> Cochilco identifica seis insumos críticos para la industria minera cuprífera: cal, bolas de molienda, camiones para la extracción, cargadoras de palas, neumáticos todo terreno y floculantes. En todos estos casos, en el mercado chileno, los tres principales proveedores representan más de 75% del mercado (Cochilco, 2016).

<sup>19</sup> Esta práctica forma parte de un amplio conjunto de iniciativas desarrolladas por los países receptores para obtener otros beneficios de los sectores intensivos en recursos naturales. Inicialmente, esto se limitaba a regalías e impuestos. Luego se ejecutaron programas para promover la transformación productiva y para introducirse en las etapas de procesamiento en las distintas cadenas de valor.

parte del gasto en la industria y ofrecen una alternativa lucrativa para las firmas que puedan cumplir con los requerimientos de las empresas mineras y de ingeniería (gráfico 9). El éxito en la promoción del desarrollo y participación de los proveedores domésticos varía según el país. En economías cupríferas más desarrolladas, como Australia y Canadá, las iniciativas realizadas en este sentido han sido bastante exitosas y han tenido como resultado el desarrollo de sectores de equipamiento, tecnología y servicios de la minería (METS por sus siglas en inglés) locales fuertes, con contribuciones relevantes a las exportaciones y operaciones domésticas. En cuanto a Chile, el sector de METS está tomando impulso lentamente. En el resto de economías en desarrollo aún no se han obtenido resultados en este sentido, y la participación de los proveedores locales en varios países de África y América Latina es muy floja.

● **Gráfico 9.** Curva del costo de la oferta de cobre, 2015



Fuente: SNL Metals and Mining, 2015 (Outotec, 2019).

Debido a la naturaleza de las adquisiciones de la industria minera y a las deficiencias del contexto institucional local, los proveedores locales suelen enfrentar múltiples retos para ingresar en las cadenas de valor. La escala e intensidad de capital y la longevidad de las inversiones hacen que

las mineras prefieran comprar a proveedores grandes y establecidos, con amplias capacidades y reputación global, y con quienes ya han desarrollado relaciones de suministro. Esto puede ocurrir incluso en las categorías extraordinariamente competitivas de insumos de bajos costos, en las que las mineras prefieren comprar a proveedores conocidos en sus países de origen (Investigación de Campo, 2019).<sup>20</sup> Por otro lado, los proveedores locales de los países en desarrollo tienden a ser sustancialmente más pequeños, con una menor especialización técnica, una capacidad más limitada para obtener financiamiento y menos dotados de capacidades organizacionales que sus iguales del mercado internacional (Katz y Pietrobelli, 2018). Asimismo, al ser competidores nuevos, no son depositarios de la confianza necesaria para obtener acceso a las minas y poner a pruebas sus tecnologías o servicios (Pietrobelli et al., 2018). Incluso cuando son capaces de proporcionar el producto o servicio requerido, a menudo no consiguen satisfacer las garantías y requisitos previos para convertirse en proveedores preferenciales (Banchile Inversiones, 2016).

Durante la última década se han puesto en práctica numerosas políticas y programas de apoyo a la inserción de proveedores locales con modelos variables, desde ofrecer soporte a través de una mayor difusión de la información hasta establecer políticas estrictas de contenido local (OCDE, 2017b). Las agencias de cooperación y organismos financieros multilaterales como la OCDE, el Banco Mundial y la Agencia Alemana de Cooperación Internacional han patrocinado con dedicación este tipo de iniciativas. Estas organizaciones han desarrollado múltiples guías y herramientas para llevar a la práctica este tipo de estrategias (Ramdoo y Cosbey, 2019). A modo de ejemplo, en Australia, el Plan de Participación exige a las compañías mineras que presenten planificaciones detalladas de cómo identificarán a las empresas domésticas y cómo las incluirán en sus procesos de adquisiciones, para lo que además se debe prever una oportuna difusión de la información a los proveedores locales. Esto se ha complementado con numerosas estrategias para mejorar las capacidades locales, por ejemplo, el desarrollo de iniciativas para fomentar que la academia y el sector privado creen Centros de Excelencia (Australian Government, 2019). En el caso de Ghana, el código minero implantado en 2012 estipula por ley las categorías de productos y servicios que deberán adquirirse localmente. Inicialmente se incluyeron solo ocho categorías, que se ampliaron a diecinueve en 2016 y está previsto que se continúen aumentando. En otros casos, la existencia de políticas restrictivas en el ámbito nacional garantiza contrataciones a proveedores locales en determinados sectores de la economía, como en el caso del sector de servicios de transporte de Argentina (Ramdoo y Cosbey, 2019).

Dichas políticas han tenido distintos grados de éxito. Una respuesta habitual a los requisitos de contenido local ha sido incorporar proveedores locales en insumos y actividades que no pertenecen a la cadena de valor, como compras de ropa o calzado, seguridad, servicios de comidas o alojamiento (Esteves et al., 2013). Por el contrario, la contratación de proveedores locales para el suministro de actividades o bienes que son parte de la cadena de valor (como perforación, tronadura o insumos especializados) ha sido mucho menos frecuente. En términos generales, los esfuerzos para promover la incorporación de proveedores locales al segmento de equipamientos de capital son obstaculizados por proveedores globales con elevada cualificación (Bamber et al., 2016). Por el contrario, las experiencias orientadas a incluir a empresas locales en la adaptación local de los equi-

---

20 Las mineras australianas BHP y Rio Tinto han prestado su apoyo a la internacionalización de proveedores locales (Scott-Kemmis, 2011).

pos extranjeros han sido mucho más exitosas, así como en la producción de bienes de consumo y repuestos (Bamber et al., 2016).

Si bien el objetivo de estas políticas es incrementar el valor agregado doméstico, la mayoría se ha centrado solamente en las firmas locales. Sin embargo, uno de los principios básicos de las CGV es que tanto las empresas locales como las extranjeras pueden generar el valor agregado doméstico, siempre que los bienes y los servicios se desarrollen en la economía local. Como ya se ha mencionado, en el sector minero las prácticas de abastecimiento tienden a favorecer a los grandes proveedores globales. Por lo tanto, su presencia en el mercado local podría contribuir a la incorporación de valor agregado doméstico, así como a la transferencia de conocimiento a través de la rotación del capital humano. El caso de las firmas de servicios de ingeniería chilenas es ilustrativo. Las matrices de insumo-producto de 2016 señalan que 88% de los servicios de ingeniería y arquitectura se desarrollaron localmente (Banco Central de Chile, 2019). Cabe destacar que en América Latina el 78% del valor agregado de los servicios del sector minero es desarrollado en los mercados domésticos (OCDE, s.f.). En Chile, las interacciones entre firmas locales y extranjeras durante las últimas tres décadas han promovido un desarrollo significativo de las capacidades en la ingeniería en el ámbito doméstico. En la cima del auge del cobre en 2010–2011, Santiago de Chile contaba con cinco centros de excelencia para empresas cupríferas extranjeras, que empleaban principalmente capital humano chileno (Fernández-Stark et al., 2010).



## 2.5 Métodos para innovar en la CGV de la minería del cobre

La intensidad del capital, los largos ciclos de inversión y los elevados costos que supone detener las operaciones llevan a las mineras adoptar tecnologías probadas, casi exclusivamente. Asimismo, estos factores favorecen la tendencia a incorporar innovaciones solo durante los ciclos de desarrollo o expansión de las minas (Batterham, 2004; Investigación de Campo, 2019). Probar nuevas alternativas puede ser extraordinariamente costoso y complejo, incluso si son lo suficientemente transformadoras para permitir una reducción de costos a largo plazo. En cambio, las mineras están mucho más dispuestas a adoptar innovaciones que se ocupen de sus dificultades sin resolver (Investigación de Campo, 2019). A pesar de ello, no siempre existen mecanismos para compartir esta



información y, como resultado, durante la última mitad de siglo ha habido muy pocas innovaciones importantes desarrolladas por proveedores nuevos en la industria.

A pesar de que las políticas de abastecimiento de las mineras responden a un criterio conservador, en los años recientes se ha acelerado la adopción de nuevas tecnologías y la incorporación de innovaciones. Sin perjuicio de esto, y a diferencia de lo que ocurre con otras CGV, estas no han sido impulsadas por las empresas mineras líderes, sino por sus grandes proveedores. En general, se trata de corporaciones multinacionales de economías desarrolladas cuya inversión en I+D es significativamente mayor que la de las mineras (OCDE, s.f.). Ello se relaciona con que las firmas locales suelen ser marginadas debido a sus menores capacidades organizacionales, alcance y escala.

Con el objetivo de crear oportunidades para la incorporación de valor, algunos países mineros han adoptado un criterio nuevo orientado a fortalecer la colaboración entre las mineras y los proveedores locales. En este contexto, están apareciendo modelos que han integrado las relaciones entre estos actores en sus sistemas nacionales de innovación, incluyendo a los actores que no pertenecen necesariamente a la cadena, como universidades, centros de investigación, fondos de inversión, incubadoras y agentes regulatorios. En sección siguiente se presentan las principales innovaciones más recientes, seguidas de un análisis de los modelos emergentes.

### **2.5.1 Principales áreas de innovación**

Puesto que el sector minero del cobre produce prácticamente un solo producto, las innovaciones suelen dedicarse a optimizar los procesos de excavación y procesamiento. Esto se traduce en innovaciones que habiliten procesos más productivos, seguros, sostenibles y económicos. En el cuadro 3 se detallan los enfoques más recientes de la industria en términos de investigación y desarrollo, por etapa de la cadena de valor. A las áreas tradicionales de innovación propias de la industria se han sumado las tecnologías digitales y verdes originadas en otros sectores de la economía, que también han reformulado el modo de operar de la industria. Las tecnologías digitales incluyen sistemas de precisión, como sensores, en las palas de excavación, excavadoras y camiones de carga automatizados y equipamientos de realidad virtual o simuladoras para la exploración, desarrollo de la mina y capacitación de los operadores, por ejemplo, Digital Bird Eye's View (Teck, 2018). También se están adoptando soluciones de realidad aumentada para asistir en las operaciones de mantenimiento y reparación. En este marco, puede verse que las actuales plantas de procesamiento nuevas están prácticamente automatizadas o controladas en forma remota. Estas tecnologías permiten a los operadores trabajar a distancia de los yacimientos mineros, mejorando la seguridad y potenciando la eficiencia. Entre 2017 y el primer semestre de 2019, más de la mitad de los eventos internacionales de la industria tuvieron como tema principal la Industria 4.0 y la innovación digital (Fernandez-Stark et al., 2019). Entre las tecnologías limpias o verdes más desarrolladas merecen destacarse los vehículos de excavación eléctricos, que permiten reducir las emisiones, extraer metales de depósitos de minerales sin despojarlos de la roca huésped y eliminar el uso de agua dulce en general o de todo tipo de aguas en algunos casos. Entre ellos destacan Anglo-American's Waterless Technology Project (Leonida, 2019; Anglo American, 2018; Anglo American, 2019).

**Cuadro 3.** Principales áreas de innovación de la CGV de la minería del cobre, 2010-2015

Segmento	Actividad	Patentes (2010-2015)	Principales tendencias tecnológicas	Principales compañías de I+D	Principales universidades
Exploración y desarrollo de la mina	Exploración	315	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Trabajo con rayo láser.</li> <li>• Sismología; prospección o detección sísmica o acústica.</li> <li>• Túneles o galerías.</li> <li>• Métodos o disposiciones para la lectura o el reconocimiento de caracteres impresos o escritos o para reconocer patrones.</li> <li>• Sistemas que utilizan la reflexión o rerradiación de las ondas electromagnéticas que no sean ondas de radio.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Caterpillar INC</li> <li>• Shell Oil CO</li> <li>• Exxonmobil Upstream res CO</li> <li>• Foro energy INC</li> <li>• Tech resources PTY LTD</li> <li>• Sandvik Mining &amp; Constr OY</li> <li>• Halliburton Energy Serv INC</li> <li>• Safemine Ag</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Universidad de Sidney</li> <li>• Instituto de Tecnología de California (Caltech)</li> <li>• Universidad China de Minería y Tecnología</li> <li>• Universidad de Jiangnan</li> <li>• Universidad Católica de Chile</li> <li>• Universidad de Akron</li> <li>• Universidad de Nevada</li> <li>• Southeastern University</li> <li>• Fundación para la Investigación de la Universidad de Utah</li> <li>• Universidad de Western Ontario</li> </ul>
	Planificación	43	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Procedimientos de explotación minera subterránea o de superficie.</li> <li>• Detalles diversos relativos a las máquinas que practican hendiduras o que liberan completamente la materia mineral de la vena.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sandvik Mining &amp; Constr OY</li> <li>• BHP Billiton Innovation PTY</li> <li>• Sandvik Intellectual Property</li> <li>• Atlas Copco Rock Drills Ab</li> <li>• FCI Holdings Delaware INC</li> <li>• Rag Ag</li> <li>• Trimble Navigation LTD</li> <li>• Soletnache Freeyssinet</li> <li>• Sandvik Tamrock OY</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Universidad de Sidney</li> </ul>
Extracción	Operación	212	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Barrenas especialmente adaptadas para modificar la dirección de perforación; con medios para recoger sustancias.</li> <li>• Fabricación de capas compuestas, de piezas u objetos a base de polvos metálicos, por sinterizado con o sin compactado.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Baker Hughes INC Halliburton Energy Serv INC</li> <li>• Kennametal INC. Longyear TM INC. Potter Drilling INC</li> <li>• Schlumberger technology bV</li> <li>• Smith International TDY IND INC</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Universidad China de Minería y Tecnología</li> </ul>
	Relaves	70	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Destrucción o transformación de residuos sólidos.</li> <li>• Mezcladores de flujo.</li> <li>• Tratamiento de lodos.</li> <li>• Dispositivos para los mismos.</li> <li>• Tratamiento de aguas.</li> <li>• Naturaleza del contaminante.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Basf Ag</li> <li>• Suncor Energy INC</li> <li>• Kurita Water IND LTD</li> <li>• Smith &amp; Co AS F L</li> <li>• Changchun gold Res INST</li> <li>• Du Pont</li> <li>• Fort Hills Energy LP</li> <li>• Nippon Sodaco</li> <li>• Total E&amp;P Canadá LTD</li> <li>• Chinanat gold group</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Universidad de Freiberg</li> <li>• Universidad de Nankín</li> </ul>
Molienda y concentración	Molienda	113	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Prensas adaptadas a fines particulares.</li> <li>• Disposición general de separación de la planta.</li> <li>• Sistemas de control adaptados para triturar o desintegrar.</li> <li>• Trabajo del metal.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Smidth &amp; CO AS F L</li> <li>• Unimin Corp</li> <li>• Outotec OYJ</li> <li>• Metso Minerals France SA</li> <li>• Schlumberher Technology bV</li> <li>• Tech Resources PTY LTD</li> <li>• Arter Technology bV</li> <li>• KDH Humboldt Wedag gMBH</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Universidad McGill</li> <li>• Universidad de KwaZulu-Natal</li> <li>• Universidad de Queensland</li> <li>• Universidad de Santiago de Chile</li> <li>• Universidad de Melbourne</li> </ul>
	Chancado	77	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tratamiento preliminar de mineral o chatarra.</li> <li>• Métodos o dispositivos auxiliares o accesorios adaptados para triturar o desintegrar.</li> <li>• Transporte adaptado a las condiciones subterráneas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tech Resources PTY LTD</li> <li>• Takraf gMBH</li> <li>• Unimin Corp</li> <li>• Joy MM Delaware INC</li> <li>• Thyssenkrupp Foerdertechnik</li> <li>• Suncor Energy INC</li> <li>• Arter Teknolodzhi LTD</li> <li>• Harnischfeger Tech INC</li> <li>• Codelco</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Universidad China de Minería y Tecnología</li> <li>• Universidad de Houston</li> <li>• Universidad de Melbourne</li> </ul>

(continúa en la página siguiente)

**Cuadro 3.** Principales áreas de innovación de la CGV de la minería del cobre, 2010-2015  
(continuación)

Segmento	Actividad	Patentes (2010-2015)	Principales tendencias tecnológicas	Principales compañías de I+D	Principales universidades
Molienda y concentración	Flotación	88	<ul style="list-style-type: none"> <li>Efectos previstos producidos por los agentes de flotación.</li> <li>Materiales especificados tratados por los agentes de flotación, aplicaciones especificadas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Barrick gold Corporation</li> <li>Basf Ag</li> <li>BHP Billiton SSM Dev PTY LTD</li> <li>Cytec Tech Corp</li> <li>Evonik Industries Ag</li> <li>Ex Tar Technologies INC</li> <li>Geordia Pacific Chemicals LLC</li> <li>Sumimoto Metal Mining CO</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Universidad Técnica de Aquisgrán</li> <li>Universidad de Manchester</li> <li>Universidad McMaster</li> <li>Universidad de Osaka</li> <li>Fundación para la Investigación de la Universidad de Utah</li> </ul>
	Fundición	119	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mitigación de cambio climático en la producción.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Outotec OYJ</li> <li>Tanaka Precious Metal IND</li> <li>Dowa Metals &amp; Mining CO LTD</li> <li>Jx Nippon Mining &amp; Metals Corp</li> <li>Precious Metals Recovery PTY LTD</li> <li>Mitsubishi Materials Corp</li> <li>Kosaka Smelting &amp; Refining CO</li> <li>Nippon PgM CO LTD</li> <li>Outokumpu OY</li> <li>Umicore Ag &amp; CO Kg</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Central South University, China</li> <li>Instituto Nacional de Tecnología de Japón</li> <li>Universidad de Ciencia y Tecnología de Beijing</li> <li>Universidade Federal do Espírito Santo</li> <li>Universidad de Ciencia y Tecnología de Jiangxi</li> <li>Northeastern University of China</li> <li>Universidad de Tokio</li> <li>Fundación para la Investigación de la Universidad de Utah</li> </ul>
Procesamiento	Lixiviación	291	<ul style="list-style-type: none"> <li>Cambio de iones en el que se forma un complejo o un quelato; utilización de una sustancia como cambiador de iones que forma complejos o quelatos.</li> <li>Tratamiento de una sustancia para mejorar sus propiedades de cambio o de iones que forma complejos o quelatos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Freeport McMoran Corp</li> <li>Jx Nippon Mining &amp; Metals Corp</li> <li>Outotec OYJ</li> <li>Nippon Mining Corp</li> <li>Cognis IP Man gMBH</li> <li>Basf Ag</li> <li>Cytec Tech Corp</li> <li>Outotec Finland OY</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Universidad de la Columbia Británica</li> <li>Universidad de Alberta</li> <li>Universidad Autónoma Metropolitana de México</li> <li>Universidad de Ciudad del Cabo</li> <li>Central South University, China</li> <li>Donghua University</li> <li>Universidad James Cook</li> <li>Universidad de Kingston</li> </ul>
	Extracción por solventes	141	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tecnologías para la gestión de residuos sólidos</li> <li>Obtención de metales de tierras raras.</li> <li>Obtención de metales nobles.</li> <li>Compuestos de metales de tierras raras.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Cognis Ip Man gMBH</li> <li>Commw Scient IND RES ORg</li> <li>Cytec Tech Corp</li> <li>Freeport McMoran Corp</li> <li>Jx Nippon Mining &amp; Metals Corp</li> <li>Nippon Mining CO</li> <li>Outotec OYJ</li> <li>Porcess Res Ortech INC</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Universidad de Nevada</li> <li>Universidad de la Columbia Británica</li> <li>Central South University, China</li> <li>Universidad Cristiana Chung Yuan</li> <li>Universidad de KwaZulu-Natal</li> <li>Universidad Católica de Lovaina</li> <li>Universidad Complutense de Madrid</li> <li>Universidad de Nantes</li> <li>Universidad Northwestern</li> <li>Universidad de Osaka</li> </ul>
Refinación	Refinería	77	<ul style="list-style-type: none"> <li>Obtención de cobre</li> <li>Tecnologías relacionadas con el procesamiento de metales.</li> <li>Tecnologías para la gestión de residuos sólidos.</li> <li>Producción electrolítica.</li> <li>Recuperación y refinación de metales por electrólisis de soluciones.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Jx Nippon Mining &amp; Metals Corp</li> <li>Pan Pacific Copper CO LTDA</li> <li>Nippon Mining CO</li> <li>Phelps Dodge Corp</li> <li>Freeport McMoran Corp</li> <li>Outotec OYJ</li> <li>Xiangguang Copper CO LTDA</li> <li>Sumitomo Metal Mining CO</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Universidad de Chile</li> <li>Universidad Libre de Bruselas</li> <li>Universidad de Osaka</li> <li>Universidad de San Luis</li> <li>Universidad de Santiago de Chile</li> <li>Universidad de la Columbia Británica</li> </ul>
	Proceso de electrodeposición	61	No aplicable	<ul style="list-style-type: none"> <li>Alcan INT LTD</li> <li>Aluminum Of America</li> <li>Aluminum Corp of China LTD</li> <li>BHP Billiton SALTD</li> <li>Elkem AS</li> <li>Green Metals LTD</li> <li>Moltech Invent SA</li> <li>Pechiney Aluminium</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fundación de Desarrollo e Investigación de la Universidad de Seúl</li> <li>Universidad de Alabama</li> <li>Universidad de Boston</li> <li>University of British Colombia</li> <li>Universidad Libre de Bruselas</li> </ul>

Fuente: Elaboración propia en base a Fundación Chile (2015).

### 2.5.2 Rol de los actores de la innovación en la CGV de la minería del cobre

A diferencia de lo que sucede en otras CGV, en el caso de la minería del cobre las principales empresas no son las principales impulsoras de la innovación. Las mineras invierten muy poco en I+D, por lo cual el desarrollo de nuevas tecnologías procede de otros actores de la cadena. Así, la innovaciones son fundamentalmente promovidas por los proveedores (Urzúa, 2013). Desde 2007, el gasto de las mineras en I+D ha sido prácticamente nulo. En cambio, el gasto de los principales proveedores ha sido muy importante. Por ejemplo, en 2017 las compañías Caterpillar, Komatsu, Hitachi y Sandvik gastaron más de 4% de sus ingresos en I+D (Pricewaterhouse, 2018).<sup>21</sup> Ese año, solo Caterpillar gastó US\$ 1.900 millones en I+D (Caterpillar, 2019). De hecho, cuando se consideran las adquisiciones de tecnologías (ratio de I+D en bienes y servicios intermedios en I+D interno y ventas), el sector se muestra como la industria más innovadora (Smith, 2005). Estas son las compañías que desarrollan proyectos experimentales, pilotos, prototipos y modelos optimizados de producción (Katz y Pietrobelli, 2018). Por lo tanto, el desarrollo de la innovación y su posterior adopción por la industria depende, en gran medida, de las relaciones de las mineras con sus proveedores.

A su vez, los proveedores innovadores de METS se localizan sobre todo en economías desarrolladas y no necesariamente mineras. Los países y compañías que destacan en las etapas de extracción son Estados Unidos (Bechtel, Caterpillar), Canadá (Macleam, SNC-Lavalin), Japón (Hitachi) y Alemania (Liebherr, Siemens). En las etapas de procesamiento, los mayores contribuyentes han sido Finlandia (Metso) y Suecia (Atlas Copco). Entre las economías mineras, Australia ha tenido un éxito especial en el desarrollo de un sector de METS innovador y dinámico, que constituye un aporte sustancial para la economía local y los mercados globales. En 2018, el gasto en I+D de las empresas de METS de las economías mencionadas alcanzó los US\$ 2.700 millones (Austmine, 2019). Por su parte, Sudáfrica y Chile han logrado apoyar el desarrollo de un pequeño grupo de proveedores dedicados al mercado local y regional, como el caso de Minnovex. Sin embargo, la mayoría de los países mineros, entre ellos varios de América Latina (Ecuador y Perú), África (República Democrática del Congo y Zambia) y Asia (Indonesia y Mongolia) dependen casi exclusivamente de tecnologías importadas.

En los últimos años, con la meta de facilitar la generación de valor, varios países mineros, entre los que se encuentran Australia y Chile, comenzaron a establecer nuevos centros de innovación, lo que crea oportunidades de desarrollo tecnológico para las firmas domésticas. Estas plataformas han fomentado la interacción entre los actores de la cadena y aquellos que son ajenos a ella, pero están inmersos en los sistemas nacionales de innovación.<sup>22</sup> De esta manera, el conocimiento inherente a las CGV nutre los canales de desarrollo de conocimiento locales, como universidades o asociaciones empresariales (De Marchi, Giuliani y Rabellotti, 2018). Los centros de innovación mencionados han fomentado modelos colaborativos a través de la participación de múltiples jugadores y del alejamiento del modelo de innovación individual a puertas cerradas (Upstill y Hall, 2006; Bryant, 2015; Monitor Deloitte, 2016, 2107; Expande Minería, 2019).

21 Debido a las altas ventas de las mineras, comparar los gastos en I+D sobre los ingresos entre diferentes tipos de empresas puede conducir a resultados incorrectos.

22 "Un sistema de innovación es la suma de todas las redes de actores (en el mercado y fuera del mercado) que fomentan la creación, transferencia, adopción, adaptación y difusión del conocimiento a través de procesos de aprendizaje individuales, colectivos y organizacionales" (Oyelaran-Oyeyinka et al., 2013). Un principio esencial de los sistemas de innovación es que la capacidad de innovación al nivel firma depende de la densidad y calidad de las relaciones entre las compañías y las instituciones de apoyo (Lundvall, 2007).

Los modelos colaborativos para estimular la innovación varían desde los que integran a dos actores (por ejemplo, minera o proveedora y universidad) hasta los altamente colaborativos y abiertos (cuadro 4). En el sector minero se identifican cinco tipos de innovación: mineras exclusivamente; proveedoras exclusivamente; mineras y proveedoras; empresas emergentes, y colaboración entre múltiples actores, con investigadores y empresas emergentes (cuadro 4).

**Cuadro 4.** Métodos de innovación en la industria minera

	Desarrolladores de conocimiento				Descripción	Ejemplos
	Empresa minera	Proveedor	Centro de investigación	Empresas emergentes		
Empresas mineras exclusivamente	X				La empresa minera desarrolla una solución innovadora con capital humano propio. Por lo general, se dedica a áreas en las que los proveedores carecen de incentivos para la I+D. Suele ser de naturaleza incremental.	Nippon JX está desarrollando nuevas tecnologías para la lixiviación aplicables a los recursos de sulfuro de cobre (JX Nippon Mining y Metals, s.f.).
Proveedores exclusivamente		X			El proveedor impulsa el proceso de innovación independientemente de los compradores.	Caterpillar desarrolló un equipo interno de análisis de datos de 120 profesionales para configurar nuevas aplicaciones de datos para el sector. Las innovaciones incluyen gafas de realidad aumentada para los técnicos en el campo, modelos de mantenimiento predictivo y camiones autónomos (Caterpillar, s.f.).
Colaboración entre empresas mineras y proveedoras	X	X			La compañía minera y el proveedor colaboran en el desarrollo de la solución y emplean diferentes recursos (por ejemplo, tiempo, dinero, pruebas de fase piloto, etc.).	Teck Resources se asoció con MineSense para desarrollar la tecnología ShovelSense™ montada en la cubeta. Los sensores sirven para determinar la roca residual a partir del mineral. El primer testeo a gran escala se realizó en 2017 (Teck, 2018).
Empresas emergentes				X	La empresa emergente desarrolla una solución disruptiva. Vende este producto o servicio –o la empresa entera– a una minera o proveedor.	CODELCOTech se incorporó en 2017 para convertirse en la firma pionera mundial en acelerar la integración de la experiencia y conocimiento de la industria con las nuevas capacidades tecnológicas. La firma adquirió numerosas empresas emergentes innovadoras, entre ellas BioSigma e IM2 (Codelco, 2017).
Colaboración entre múltiples actores	X	X	X	X	Las empresas mineras o proveedoras colaboran con centros de investigación para desarrollar nuevos procesos o productos.	El programa multimillonario Mina del Futuro, dirigido por Rio Tinto, incluye alianzas con Komatsu y cinco centros de investigación en Australia, entre ellos la Facultad de Ingeniería y Tecnologías de la Información de la Universidad de Sídney. El programa ha desarrollado excavadoras autónomas, entre otras innovaciones para la minería (The University of Sydney, s.f.).  El instituto australiano Mining3 es un centro de investigación liderado por la industria. Agrupa a compañías mineras e investigadoras de los proveedores, con la meta de desarrollar soluciones nuevas e innovadoras para el sector (Mining3, 2019).

Fuente: Elaboración propia.

Por ejemplo, Rio Tinto instauró su laboratorio de investigación Mine of the Future en la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Sídney, con el fin de utilizar los recursos innovadores de la institución. Así, puede verse que los grandes proveedores han comprendido la importancia de acceder al talento del mundo emprendedor y han mostrado particular interés en las firmas de alta tecnología dedicadas a la robótica y la automatización avanzada. En este sentido, pueden citarse los casos de Caterpillar, que lanzó Cat Ventures para invertir en las fases iniciales de las empresas emergentes innovadoras (US\$ 0,5 millones a US\$ 5 millones) (Caterpillar, s.f.), y de Siemens, que puso en marcha Next47 a los mismos efectos. Otras firmas que suministran servicios de automatización y control, incluidos ABB, GE, Honeywell y Rockwell Automation, han seguido criterios similares a través de la inversión y adquisición de empresas emergentes (Frederick et al., 2018).

Los modelos más colaborativos reúnen a distintos actores entre los que se encuentran empresas mineras, proveedores, asociaciones empresariales e institutos de investigación locales y extranjeros, con empresas emergentes innovadoras e inversores. Por ejemplo, Mining3 en Australia congrega a actores de la industria internacional con instituciones de investigación públicas y privadas con el objetivo de desarrollar soluciones nuevas para la industria. Por su parte, el programa chileno Expande —liderado por Fundación Chile, una organización cuasi pública dedicada al desarrollo de tecnologías— articula una plataforma online en la cual las mineras publican sus principales desafíos tecnológicos y otras firmas ofrecen sus soluciones para que estas sean evaluadas (Fundación Chile, 2019). Paralelamente, dos fondos complementarios de capital de riesgo (Aurus Fund y Chile Global Ventures) ofrecen financiamiento a las empresas emergentes cuyas soluciones hayan sido admitidas (Fundación Chile, 2019; Aurus Capital, 2019). (Véase el gráfico 13.)

#### **Recuadro 1.** Control y protección de la propiedad intelectual

El auge de la innovación colaborativa en el sector minero plantea dificultades sobre el control de la propiedad de las ideas (Miozzo et al., 2016). En un contexto en el que las grandes empresas mineras controlan la relación con sus proveedores, estos (sobre todo los pequeños) tienen un poder de negociación muy reducido. Esta tipo de relación suele desincentivar su interés en desarrollar alianzas con las mineras, pues es de esperar que estas los “atrapen”, lo que priva a los proveedores de la posibilidad de ofrecer sus productos y soluciones a otras organizaciones. Esta situación impone la necesidad de institucionalizar los procesos para la gestión de conflictos y de establecer términos contractuales claros que protejan a cada una de las partes. Las compañías mineras no suelen estar dispuestas a colaborar, en tanto esto implicaría revelar información crítica inherente a su ventaja competitiva y propiedad intelectual (Deloitte, 2018). Resolver esta situación ha sido difícil, sobre todo en los países en desarrollo. De hecho, estos temas continúan causando dificultades en países con sistemas más avanzados como Australia y Chile, donde la solución se gestiona caso por caso (Investigación de Campo, 2019).

Estos países también enfrentan dificultades ante la protección de la propiedad intelectual. A pesar del incremento de las patentes en el sector (Investigación de Campo, 2019; Daly et al., 2019) —en los últimos 5 años se registraron más solicitudes de patentes que

en las últimas tres décadas—,<sup>1</sup> estas han servido como sostén de la internacionalización de los proveedores. El uso de patentes ha sido más importante en mercados con marcos regulatorios de protección de la propiedad intelectual sólidos. Las corporaciones globales hacen un buen uso de estos marcos. Por ejemplo, Caterpillar tiene unas 22.000 patentes otorgadas o pendientes en el mundo (Caterpillar, s.f.). No obstante, en muchos países mineros —particularmente en las economías en desarrollo— persisten marcos de protección de la propiedad intelectual frágiles. En este contexto, y en el marco de los procesos de adquisiciones, las mineras tienden a ignorar las patentes. Así, las firmas que podrían ofrecer innovaciones pierden todo incentivo para registrar patentes. A la luz de la situación actual, han aparecido formas alternativas de proteger las innovaciones, como acuerdos de confidencialidad o de no divulgación (Miozzo et al., 2016).

---

<sup>1</sup> En el pasado, la mayoría de las patentes en la industria minera se registraban a nombre de empresas. En años recientes ha aumentado la actividad de las universidades (Daly, Valachi y Raffo, 2019). Esto ilustra cómo la innovación proviene fundamentalmente de actores externos a la cadena de valor.

# 3.

## OPORTUNIDADES PARA PROVEEDORES PERUANOS EN LA CGV DE LA MINERÍA DEL COBRE



Perú es el segundo productor de cobre más importante del mundo. Posee abundantes reservas sin explotar y una cartera robusta de potenciales inversores en nuevas minas. El crecimiento de la industria de las últimas dos décadas ha promovido la aparición de una cadena de suministro local. Sin embargo, esta se encuentra dominada por empresas extranjeras, con escasa participación de proveedores peruanos en el suministro de insumos de valor agregado. La poca presencia relativa de proveedores locales en la industria refleja la dinámica global del sector, al tiempo que muestra el desarrollo insuficiente de las capacidades de las firmas locales. Las oportunidades para la inserción de estas en la cadena se limitan a las áreas que requieren nuevas soluciones, lo que se traduce en una fuerte demanda de capacidades de innovación. Aun así, el todavía endeble sistema de innovación peruano limita el desarrollo de estos proveedores.

Según lo expuesto, en Perú es inminente un ciclo de inversión renovado a la luz de las proyecciones al alza de la demanda del cobre y es posible que este conduzca al aumento de las adquisiciones. En 2017, las adquisiciones del sector minero alcanzaron los US\$ 9.000 millones, excluyendo las categorías de oferta oligopólica (por ejemplo, combustible, servicios públicos), el mercado de la industria minera peruana se aproxima a los US\$ 2.300 millones en el caso de los bienes y US\$ 4.400 millones en el caso de los servicios. La industria tiende a adquirir los servicios del mercado local, muchas veces de filiales extranjeras (OCDE, s.f.). Así, el desarrollo de nuevas minas supondría un importante empuje en la demanda de un amplio rango de servicios, desde factibilidad a ingeniería y construcción. Este contexto representa una oportunidad sustancial para Perú. No obstante, el entramado de proveedores locales e instituciones nacionales no está preparado para sacar provecho de este escenario.

Por ello, se requieren políticas para mejorar la posición del país a efectos de fortalecer los encadenamientos hacia atrás. Con referencia al ámbito institucional, Perú deberá desarrollar una estrategia nacional de largo plazo apoyada en un actor con fuerte capacidad de liderazgo y coordinación. La política actual del gobierno se concentra sobre todo en regulaciones sociales y medioambientales,



sin foco en las áreas de innovación y escalamiento. Ante todo, hacen falta iniciativas para fortalecer el acceso a la cadena a través del incremento de las oportunidades de intercambio de información y el apoyo al desarrollo de capacidades organizacionales específicas para los proveedores de la minería. Perú no cuenta con direcciones de contenido local o de adquisiciones aplicables a la industria de la minería (OCDE, 2017b) y, si bien existe consenso entre las mineras respecto a priorizar a los proveedores locales e informar sobre su desempeño, prevalecen las dinámicas de la industria global y la tendencia a favorecer a los proveedores extranjeros sobre los domésticos. Esta situación se debe, por un lado, a la falta de información respecto a los proveedores domésticos y, por otro, a la idoneidad inconsistente de las firmas domésticas. Estos hallazgos sugieren la necesidad de atender muy especialmente el desarrollo de las capacidades de innovación de las empresas locales.

### 3.1 Perú en la CGV de la minería del cobre

Perú es un actor destacado en las actividades aguas arriba de la CGV cuprífera, con una participación importante en las etapas de exploración y extracción y con presencia en las etapas iniciales de procesamiento del mineral. El país es el segundo exportador mundial de mineral y concentrado de cobre y el metal rojo representa un tercio de las exportaciones totales de Perú (UN Comtrade, 2019). Las fortalezas del país en la minería del cobre consisten en sus vastas reservas cupríferas y bajos costos de producción. Con un volumen de 81 millones de toneladas, el país posee la tercera reserva de cobre más grande del mundo, solo por detrás de Chile y Australia (USGS, 2019a). La explotación de estas reservas tiene bajos costos relativos. En el ámbito nacional, los costos de producción se encuentran entre los más bajos del mundo, de cerca de US\$ 1,1/lb, en comparación con US\$ 1,48/lb en Chile, Australia y Canadá y con US\$ 1,42/lb de promedio global (BBVA Research, 2019). En su condición de destino económico asequible con abundantes recursos, y en un contexto global de aumentos en la demanda, Perú vive una aceleración del desarrollo de la industria.

● **Gráfico 11.** Posicionamiento de Perú en la CGV del cobre, 2017



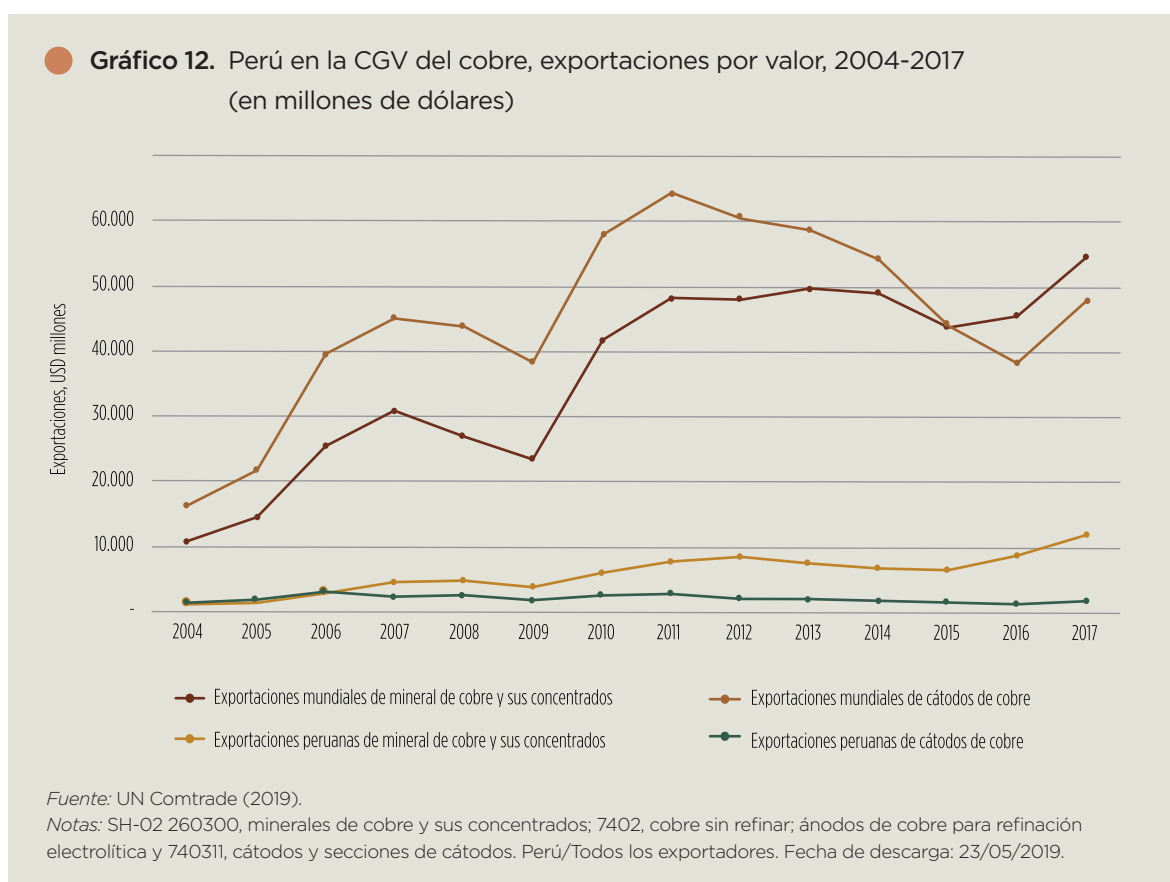
Fuente: Elaboración propia en base a UN Comtrade (2019).

La producción de cobre de Perú ha aumentado significativamente, de 1,28 millones de toneladas en 2008 a 2,44 millones de toneladas en 2018, lo que ha promovido la consolidación de su posicionamiento como el segundo productor de cobre del mundo, por detrás de Chile.<sup>23</sup> La cuota de Perú en la producción mundial, de 12%, se asemeja a su participación en las reservas cupríferas globales,

<sup>23</sup> A pesar de este crecimiento, su producción aún es de menos de la mitad que la del líder global del metal rojo. En 2018, Chile tuvo una producción de 5,8 millones de toneladas métricas.

situada en 11%. Los bajos costos de producción le permitieron acelerar su crecimiento, al tiempo que en otros países mineros la producción se mantuvo estable.

La mayor parte de los minerales y concentrados producidos en Perú es exportada. Solamente una pequeña porción se destina a la única refinería operativa del país en Ilo. Asimismo, la mayoría de las reservas explotadas en Perú corresponde a minerales sulfurados, que requieren flotación para producir concentrados. Solo en unas pocas minas, como Cerro Verde y Toquepala, se extraen minerales oxidados que pueden procesarse directamente con extracción por solventes y electrodeposición para producir cátodos. En efecto, el país se encuentra sobrerrepresentado en las actividades aguas arriba, como muestra el hecho de que representó 22% de las exportaciones mundiales de cobre concentrado en 2017. Según datos de 2018, la mayoría de las exportaciones se destinó a Asia (82%). Las fundidoras chinas absorben la mayor parte (64%), seguidas de las japonesas (9%) y de las surcoreanas (6%) (UN Comtrade, 2019).



La producción cuprífera se concentra en un pequeño grupo de compañías mineras medianas (45.000-200.000 toneladas) y grandes (>200.000). Las diez principales minas del país producen 96% del cobre total. Asimismo, las tres más grandes son minas de clase mundial<sup>24</sup> y pertenecen a un consorcio de empresas extranjeras operadas por compañías locales específicamente creadas a tales efectos: Cerro Verde (Estados Unidos, Japón y Perú), Las Bambas (China) y Antamina (Austra-

24 Principales diez en el ámbito global.

lia, Suiza, Canadá y Japón). En cuanto a las operadoras de minas conformadas por una única compañía, Southern Perú Copper (México y Estados Unidos) es la más grande del país. Buenaventura es la única compañía peruana que mantiene un notorio posicionamiento en el sector minero cuprífero de Perú. Posee 20% de Cerro Verde y opera El Brocal, de tamaño medio, que representa 2% de la producción cuprífera nacional. Setenta por ciento de la producción cuprífera del país se concentra en la región del sur (MINEM, 2019).

**Cuadro 5.** Principales minas cupríferas en Perú

Minas	Titular	Procesos	Producto (MT)	
			2017	Porcentaje
Cerro Verde	Freeport-McMoran, Sumitomo, Buenaventura	Extracción por solventes-electrodeposición	501.815	21
Las Bambas	MMG, Guoxin, CITIC Metal Co.	Flotación	452.950	19
Antamina	BHP, Teck Resources, Glencore, Mitsubishi	Flotación	439.248	18
Southern Peru Copper	Grupo México	Fundición; refinación; extracción por solventes-electrodeposición	306.153	13
Antapaccay	Glencore	Flotación	206.493	8
Toromocho	Chinalco	Flotación	194.704	8
Constancia	Hudbay	Flotación	121.782	5
Milpo	Nexa Resources	Flotación	46.691	2
Marcapunta-Norte/El Brocal	Buenaventura	Flotación	45.778	2
Cerro Corona/La Cima	Gold Fields	Flotación	31.460	1
Otras minas			98.510	4
<b>Total</b>			<b>2.445.584</b>	<b>100</b>

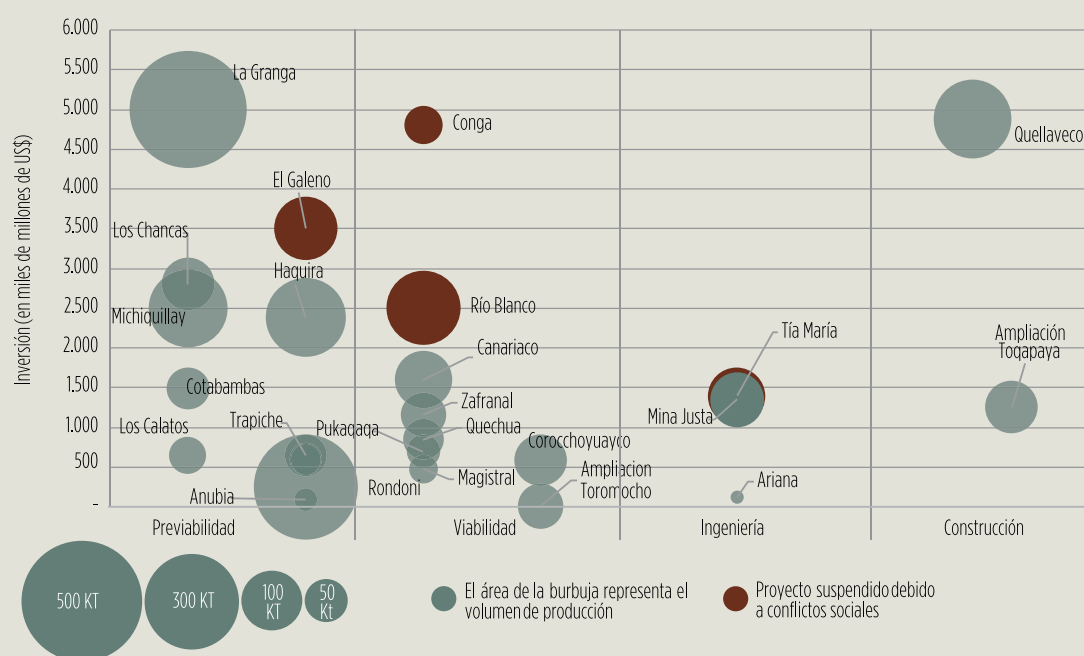
Fuente: MINEM (2019).

Es preciso señalar que la abundancia de reservas ha atraído un volumen considerable de actividades de exploración. En 2017, Perú atrajo 7% de los gastos globales en exploración de metales no ferrosos (S&P Global Market Intelligence, 2018). En cifras acumuladas, de 2008 a la fecha, el gasto en exploración alcanzó los US\$ 5.600 millones, aproximadamente. A pesar del descenso del gasto que siguió a la caída de los precios del cobre a principios de la década de 2010, este se ha reactivado. De un mínimo de US\$ 377 millones en 2016 pasó a un máximo de US\$ 412 millones en 2018 (MINEM, 2019). Junto a los juniors, las principales compañías mineras del país han seguido buscando nuevas minas.

Las actividades de factibilidad y desarrollo de la mina, las realizan principalmente empresas extranjeras. De hecho, de los 26 proyectos en la carpeta cuprífera, solo tres pertenecen a propietarias

peruanas: Trapiche (Buenaventura, 65.000 Mt), Mina Justa (Marcobre, 110.000 Mt) y Anubia (Aru-tani, 20.000 Mt). El resto de los proyectos son propiedad de grandes compañías. Por su parte, los proyectos que pertenecen a Southern Perú Copper representan 17% de la proyección de producción nueva. En línea con la escasa cantidad de proyectos nuevos en la cartera global hacia los próximos cinco años, en Perú solo se encuentran en construcción dos proyectos. El más grande es Quellaveco, que es propiedad conjunta de Anglo-American y Mitsubishi. Se estima que, a capacidad plena, este proyecto 225.000 Mt en 2022. Si bien existen otros dos proyectos (Tía María y Mina Justa) que se hallan en las fases finales de diseño de ingeniería, Tía María se suspendió debido a un clima social desfavorable y a la espera de que se levante la suspensión de la licencia de construcción (BBVA Research, 2019).

**Gráfico 13.** Principales inversiones en el sector minero del cobre en Perú, por etapa de desarrollo de la mina



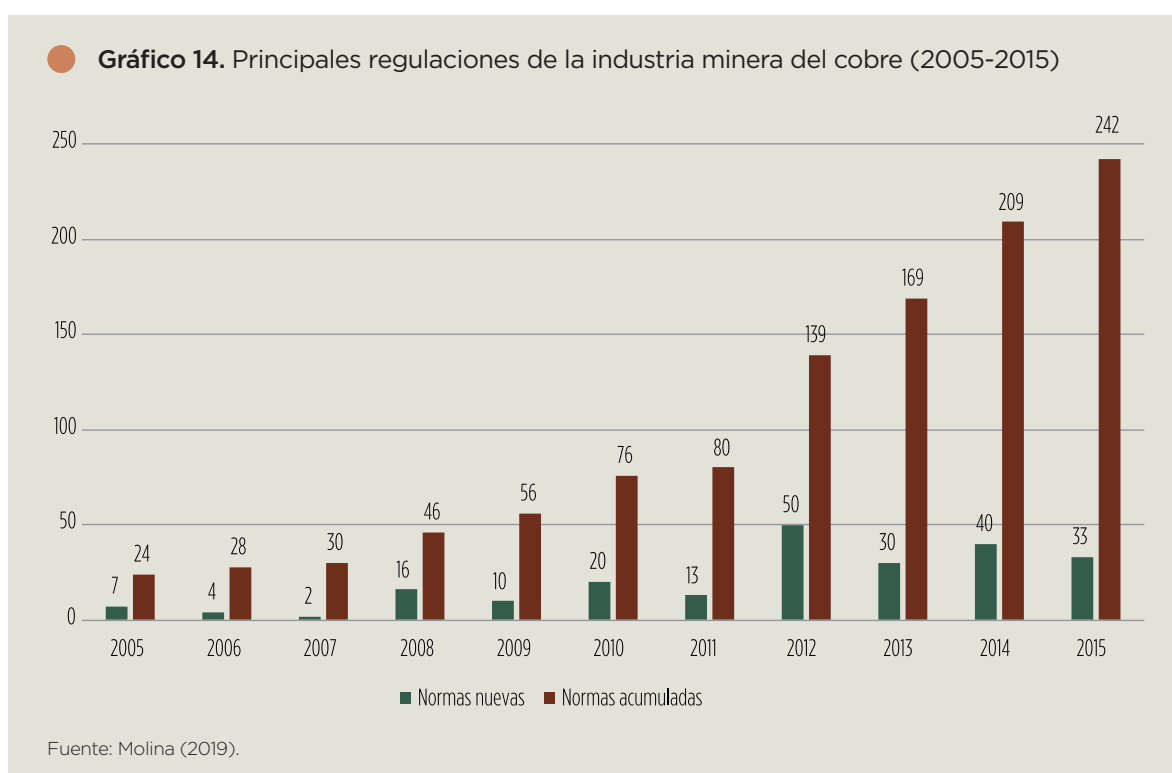
Fuente: Elaboración propia en base a MINEM (2019).

Por su parte, los nuevos proyectos de inversión incluyen una nueva planta de fundición-refinería en Ilo, propiedad de Southern Perú, que podría duplicar la capacidad de fundición del país. El valor de la inversión se estima en US\$ 1.350 millones. Actualmente la planta aguarda el permiso de producción. Otros nuevos proyectos para la producción de cátodos por tecnología de SX-EW, incluida Tía María, producirían 120.000 toneladas de cátodos de cobre.

### 3.2 Marco institucional

El marco institucional de la actividad minera de Perú adolece de falta de organización, lo que repercute negativamente en la competitividad del sector. Tiempo atrás, el organismo supervisor de la minería peruana era el Ministerio de Energía y Minería (MINEM). Desde el año 2007 este control se le asignó a otras dos entidades: el Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental y el Ministerio de Trabajo. Debido a los solapamientos en las regulaciones que rigen a los actores gubernamentales, la industria carece de liderazgo y además padece los efectos de un exceso de burocracia y de la duplicación funcional (Investigación de Campo, 2019).

Rápidamente, los cambios institucionales mencionados dieron lugar a una regulación excesiva de la industria. Entre 2005 y 2015, el número de normas se multiplicó por más de 10, es decir, se pasó de 24 normas a 242 normas (gráfico 14). Simultáneamente, aumentó la cantidad y la complejidad de los trámites necesarios para obtener los permisos para operar. Estos procesos requieren además de la participación de múltiples organizaciones, entre ellas la Dirección General de Minería, la Dirección General de Promoción y Sostenibilidad Minera, el MINEM, el Ministerio de Agricultura y el Ministerio de Cultura (Tras100d, 2017).



Los cambios regulatorios han sido particularmente rigurosos sobre los impactos ambientales y sociales, y esto ha dado lugar a grados crecientes de incertidumbre en la industria. De hecho, las demoras en las aprobaciones ambientales obligaron al MINEM a establecer normativas temporales, entre ellas una que habilita a las mineras a iniciar sus actividades incluso en ausencia de un certificado de aprobación ambiental y a extender la validez de las certificaciones de uno a tres años.

Durante este tiempo, en lugar de fiscalizar, se espera que el sector privado se autorregule (BBVA Research, 2019).

Otro factor que provocó un aumento de la carga regulatoria fue el aumento de los conflictos sociales en las áreas mineras de Perú. Aunque el gobierno ha intentado resolver las diferencias en múltiples ocasiones, la mayoría de las soluciones que se ejecutaron tuvieron una duración corta. La aprobación de la Ley de Derecho a la Consulta Previa en 2011 fue la reforma institucional más importante. La norma exige que todo proyecto de infraestructura —en especial de minería y energía— que vaya a desarrollarse en las zonas indígenas se consulte con las comunidades residentes antes de ejecutarlo.<sup>25</sup> Desde entonces, obtener un permiso de carácter social ha sido una de las dificultades más importantes para la industria minera de Perú (EY, 2018). A este respecto, es importante destacar que, según la Defensoría del Pueblo, en 2018 se identificaron 199 conflictos sociales abiertos, de los que 83 tienen relación directa con el sector minero (Defensoría del Pueblo, 2018).

Sin lugar a duda, las controversias sociales, sobre todo en las zonas mineras, afectan a los costos empresariales y a la toma de decisiones. En Perú, los conflictos sociales con comunidades locales detuvieron tres proyectos mineros valorados en aproximadamente US\$ 2.800 millones que habrían contribuido enormemente a la producción minera agregada. El MINEM estima que la producción anual de estos proyectos se aproximaría a los 374.000 toneladas de cobre, 680.000 onzas de oro y 3.000 toneladas de molibdeno (MINEM, 2019).

### 3.3 Adquisiciones en la minería del cobre de Perú

En su condición de productor de múltiples minerales, entre ellos el cobre, el gasto de la industria minera peruana es considerablemente elevado. En 2017 los gastos de todo el sector en bienes y servicios fueron de US\$ 9.000 millones.<sup>26</sup> Los bienes registraron un gasto apenas mayor que los servicios y la mayor parte del gasto se destinó a combustible y servicios públicos, seguidos de químicos y explosivos, y equipamiento de capital. La suma de estos componentes consiste en el 80% del gasto. El gasto en servicios se destinó mayoritariamente a transporte y logística, servicios técnicos y profesionales y contratación de mano de obra (82%). Con la excepción de las categorías de oferta monopolística (por ejemplo, combustibles y servicios públicos), la dimensión aproximada del mercado peruano minero alcanza los US\$ 2.300 millones al año en bienes y US\$ 4.400 millones en servicios. En el supuesto de que la minería cuprífera captura casi la mitad del producto del país y es desarrollada por mineras globales intensivas en capital, se estima que el cobre representa casi la mitad de este gasto, lo que presenta un mercado importante para las empresas proveedoras. El cuadro 6 detalla los bienes y servicios adquiridos por la minería de Perú.

25 Ley n.º 29.785, llamada *Ley del derecho a la consulta previa a los pueblos indígenas u originarios*. La norma, reconocida en el Convenio n.º 169 de la Organización Internacional del Trabajo, crea el procedimiento del derecho a la consulta previa a los pueblos indígenas u originarios respecto a las medidas legislativas o administrativas que les afecten directamente.

26 Incluye todo gasto en componentes de la minería oficialmente registrado en la cuenta corriente nacional, excepto los pertenecientes a la formación bruta de capital. Este valor es comparable al gasto en Chile (US\$ 12.000 millones en 2016) y Australia (US\$ 20.000 millones en 2016).

**Cuadro 6.** Gasto del sector minero peruano, 2017

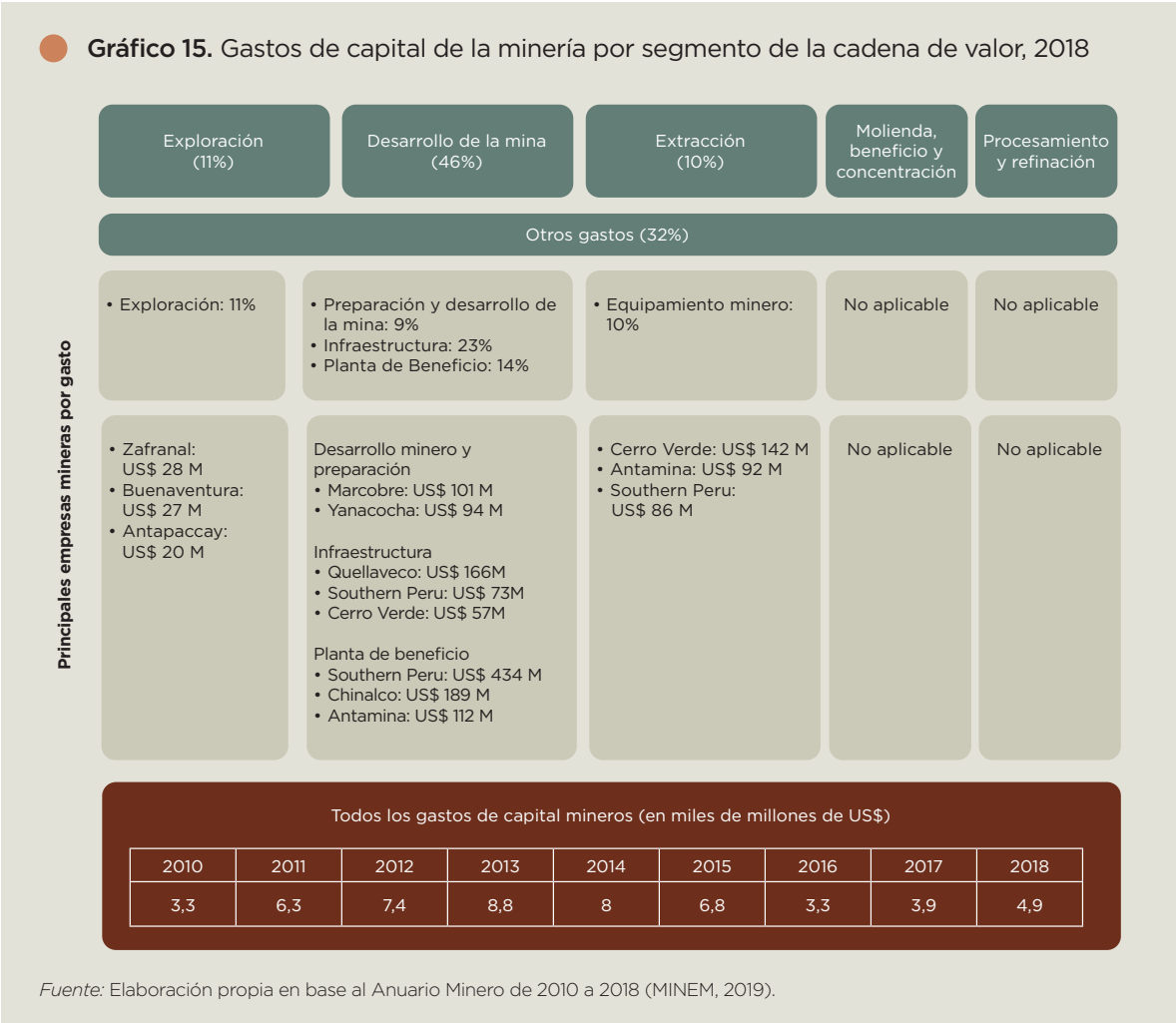
	Millones de US\$	Cuota en el total (%)	Cuota de productos (%)
Adquisiciones totales	8.991	100	-
<b>Bienes totales</b>	<b>4.504</b>	<b>50</b>	<b>100</b>
Utilidades	913	10	20
Químicos y explosivos	934	10	21
Bienes de capital y repuestos	464	5	10
Combustibles y lubricantes	1.257	14	28
Artículos de consumo	182	2	4
Productos metálicos, estructurales	326	4	7
Otros	424	5	9
Equipamiento de transporte	3	0	0
<b>Servicios totales</b>	<b>4.487</b>	<b>50</b>	<b>Cuota de servicios (%)</b>
Servicios de arquitectura e ingeniería	217	2	5
Servicios profesionales y técnicos	1.178	13	26
Transporte y logística	1.620	18	36
Servicios públicos	57	1	1
Servicios de mantenimiento y reparación	138	2	3
Servicios de contratación de mano de obra	862	10	19
Arrendamiento de equipamiento, sin operador	267	3	6
Otros	149	2	3

Fuente: Elaboración propia en base a matriz origen-destino de Perú, INEI (2017).

Por supuesto, las adquisiciones varían según la etapa de la cadena de valor y están motivadas principalmente por las variaciones en el gasto de capital. Estas son más importantes durante las etapas de desarrollo o expansión de la mina (46% del costo total de las adquisiciones). Un ejemplo de ello es que, en 2018, la construcción de la infraestructura minera y las plantas de procesamiento de minerales representaron 37% del gasto de capital. Asimismo, en los preparativos para la extracción se gasta un 10% adicional para adquirir equipos móviles como perforadoras, palas y camiones de carga. Así, el gasto de capital anual varía en función del desarrollo de nuevas minas. Por ejemplo, la expansión de Cerro Verde en 2015, que duplicó su producción, supuso US\$ 4.600 millones en adquisiciones (MINEM, 2019).<sup>27</sup> Por su parte, el desarrollo de Las Bambas (2015) representó una inversión de US\$ 10.000 millones y, finalmente, Southern Peru Copper invirtió US\$ 1.200 millones en una gran expansión en Toquepala, que se encuentra actualmente en proceso (Gestión, 2017).

<sup>27</sup> Las importaciones directas de bienes de capital y materiales de construcción realizadas por Cerro Verde representan casi un cuarto de este gasto, excluyendo las adquiridas por las subsidiarias en Perú (Aduanas-SUNAT, 2017).

La inversión en nuevos proyectos mineros y expansiones se estima en US\$ 21.000 millones para el período 2018-2021 y la proyección para 2028 es de US\$ 58.500 millones (Millan Lombrana y Qui-gley, 2018). Estas sumas ofrecen potencial para más adquisiciones, si bien las inversiones en nuevas minas dependen de un precio estable del cobre. El gráfico 15 ilustra los gastos del sector minero en adquisiciones para 2018 realizados por los principales compradores, según la etapa de la cadena de valor.



Puesto que la industria minera de Perú está dominada por grandes corporaciones multinacionales, los patrones de procuración reflejan los de la industria global y, antes de 2019, hubo una escasa colaboración entre las mineras para fomentar el desarrollo de proveedores locales en el país. Las adquisiciones de las mineras se sustentan en los principios de calidad, seguridad y confiabilidad. Asimismo, la conformidad con los estándares ambientales es cada vez más importante. En general, la preferencia hacia un proveedor se basa en una evaluación de costo-beneficio. El riesgo está determinado por la naturaleza crítica del producto y la complejidad de su obtención. Por una parte, los insumos de alto riesgo y alto costo se adquieren a través de estrategias de compra de largo



plazo (3-5 años) para mantener los costos fijos y garantizar el suministro. Estos insumos suelen obtenerse de proveedores globales, confiables y de experiencia probada. Por otra parte, la oferta de insumos de bajo riesgo y bajo costo es muy competitiva. En estos casos, las mineras procuran reducir los costos de transacción y limitar los contratos a uno o dos años. Además, prefieren los productos verificados y de bajo costo. En ambos casos, y a los efectos de participar en las licitaciones (Investigación de Campo, 2019). Las decisiones sobre las adquisiciones son responsabilidad de equipos especializados de las oficinas corporativas (Lima) o el extranjero. Según las mineras, los proveedores locales les resultan más atractivos conforme muestran una mayor disposición a adaptar las soluciones a las necesidades de la industria. Por último, a fin de mantener el permiso social para operar, es frecuente que las mineras cuenten con programas específicos de adquisiciones de contenido local en las áreas cercanas a las minas, generalmente para la contratación de mano de obra y mantenimiento, entre otros.

En cuanto a la adquisición de productos nuevos e innovadores, está determinada por la demanda. Es decir, que las soluciones que no han sido explícitamente solicitadas no se evalúan. Es más, una vez que las minas adoptan una tecnología o proceso, las innovaciones se desalientan (Investigación de Campo, 2019). El costo de detener las operaciones para introducir un proceso nuevo es casi siempre prohibitivo. Por tanto, la compra de soluciones innovadoras se limita a las actividades secundarias y no esenciales. A su vez, las innovaciones de corto plazo necesarias para cumplir con la misión crítica de la operación se encargan a grandes proveedores extranjeros de confianza. Por otro lado, las mineras están dispuestas a considerar innovaciones en la medida en que presenten soluciones a problemas aún no resueltos. Es en este punto en el que se descubre la mayor oportunidad para nuevos proveedores. Aun así, las mineras suelen ser reticentes a revelar las áreas en las que tienen dificultades, lo que genera asimetrías de información (Investigación de Campo, 2019).

### 3.4 Cadena de suministro de la minería en Perú<sup>28</sup>

Si bien la cadena de suministro de la minería cuprífera siempre estuvo bajo el control de empresas extranjeras desde sus sedes centrales, en la actualidad se advierte el crecimiento de una cadena de suministro local y relativamente robusta (Investigación de Campo, 2019). En 2017, las diez mineras principales importaron bienes y servicios por valor de US\$ 446 millones (Aduanas-SUNAT, 2017).<sup>29</sup> Muchas de estas compañías indican que 90% de las compras se realizaron a proveedores locales

28 Los hallazgos de esta sección proceden de la investigación de campo realizada por los autores de este trabajo, en particular de las entrevistas a mineras, proveedores y expertos de la industria en Perú y Chile. Los resultados fueron triangulados para mayor veracidad.

29 Este valor incluye gastos de capital y operativos. En 2017, la partida principal de las importaciones correspondió al código arancelario 8474 (15%, máquinas y aparatos de clasificar, cribar, separar, lavar, quebrantar, triturar, pulverizar, mezclar, amasar o sobar, tierra, piedra u otra materia mineral sólida, incluidos el polvo y la pasta; máquinas de aglomerar, formar o moldear combustibles minerales sólidos, pastas cerámicas, cemento, yeso o demás materias minerales en polvo o pasta; máquinas de hacer moldes de arena para fundición); 8704 (12%, vehículos automóviles para el transporte de mercancías); 4011 (9%, neumáticos nuevos de caucho), 8431 (7%, partes identificables como destinadas, exclusiva o principalmente, a las máquinas o aparatos de las partidas 84.25 a 84.30); y 8429 (5%, equipamiento para la extracción) (Aduanas - SUNAT, 2017). A modo de comparación, en 2012, solamente 8 de estas minas importaron el doble, esto es, US\$ 906 millones (Aduanas-SUNAT, 2012).

(Investigación de Campo, 2019).<sup>30</sup> La cadena de suministro local se compone de tres tipos de proveedores, a saber, subsidiarias de proveedores globales, subsidiarias de proveedores chilenos y proveedores peruanos. Entre los proveedores globales con operaciones en Perú destaca una importante presencia de los de equipamiento y de las firmas de ingeniería. Los principales proveedores mundiales —como Atlas Copco, Bechtel, FLSmidth, Fluor, Hatch, Komatsu-Joy Global, Metso, Outotec y Sandvik— están presentes en el sur de Perú, sobre todo en Lima y Arequipa.<sup>31</sup> Estas compañías —con la excepción de unas pocas, como Molycop y Austen Engineering— son distribuidoras y no producen en Perú. Por otra parte, entre los proveedores chilenos se incluyen firmas de servicios de ingeniería, como JR Ingenieros, la empresa de metales mecánicos Corporación Aceros de Pacífico y firmas de tratamiento de aguas como Disal, entre otras. Perú captura 45% de las exportaciones de los proveedores chilenos (Corporación Nacional Alta Ley, 2017). Finalmente, después de dos décadas de desarrollo de la industria minera cuprífera, se advierte un volumen creciente de proveedores peruanos. El resto del presente informe se concentrará en estas firmas y en su papel en la industria.

### 3.4.1 Proveedores mineros peruanos

Los proveedores peruanos domésticos están presentes en una amplia variedad de actividades de las etapas de exploración, desarrollo y operación de la CGV cuprífera. En efecto, contribuyen a la generación de bienes y servicios de toda la industria. Sin embargo, en términos agregados, su participación es limitada y no han aparecido áreas que los nucleen. La mayor presencia de los proveedores domésticos se encuentra en la categoría de servicios, estructuras metálicas, consumibles y bienes de capital de nicho. La oferta local presenta una ventaja comparativa en estos segmentos debido a la proximidad geográfica, la buena relación volumen-costos logísticos y la especificidad de las condiciones geológicas. En general, los proveedores peruanos son relativamente pequeños, y generalmente son tercerizados de proveedores más grandes contratados directamente por la mina. Solo unos pocos han logrado internacionalizarse (Bamber et al., 2016). Por su parte, las empresas medianas se han diversificado en otros mercados, incluidos los sectores del gas y del combustible (en Perú) y la infraestructura, lo que les ha permitido reducir su exposición a la volatilidad de los bienes básicos. Generalmente, a los proveedores domésticos les resulta muy difícil ingresar en las CGV de la minería debido a su falta de escala y alcance, así como del bajo acceso al crédito. La estructura organizacional relativamente frágil también ha jugado en su contra. El cuadro 7 detalla los hallazgos del análisis de una selección de proveedores realizada en este informe.

30 Por ejemplo, el informe anual de Hudbay para el año 2017 señala: “En Perú, nuestras 50 principales proveedoras representan el 84% del gasto en adquisiciones, al tiempo que el 95% del gasto total tuvo como destino proveedoras basadas en Perú” (Hudbay, 2017).

31 Caterpillar también tiene una fuerte presencia en el país, aunque a través de su comercializador local Ferreryos.

**Cuadro 7.** Selección de proveedores domésticos de la minería peruana

Compañía	Productos y servicios	Actividades, productos, servicios y cambios	Etapas de la CGV
Exsa	Fabricante de explosivos y servicios de explosivos	Exsa tiene más de 60 años. Ha cambiado su modelo de negocios, de solo fabricar explosivos a suministrar soluciones de extracción. También sirve al mercado chileno.	Extracción
Famesa	Fabricante de explosivos	La compañía se fundó hace 64 años y fabrica y comercializa explosivos, accesorios de detonación y agentes para la extracción. Exporta a todos los continentes.	Extracción
GyM	Servicios mineros integrales	Es una compañía de ingeniería grande y diversificada con buena presencia en el mercado de América Latina.	Exploración y desarrollo de la mina (EPC/EPCM)
LinkMiners	Servicios de marketing a proveedores mineros	Conecta proveedores con compañías mineras a través de una plataforma en línea donde las minas presentan sus necesidades para que los proveedores ofrezcan sus soluciones.	Todas
Mepsa	Fabricante de repuestos de minería	Se creó en 1964 y suministra artículos de consumo para el equipamiento minero, como bolas de molienda de acero. La mayoría de sus exportaciones tiene por destino Chile.	Extracción, molienda, beneficio y concentración
Mimco	Fabricante e instalador de estructuras metálicas	Mimco es una compañía peruana creada hace 14 años. Sirve a múltiples mercados y en los últimos años se ha introducido en el sector minero con una oferta de instalación y venta de salas eléctricas.	Exploración y desarrollo de la mina
Minconsulting	Servicios de ingeniería para la minería	Se fundó en 2014 para hacer estudios de factibilidad. Ven- de en alianza con una compañía extranjera de programas informáticos.	Exploración y desarrollo de la mina
NDT Innovations	Servicios de ensayos no destructivos y servicios de equipamiento y activos	Inició su actividad en 1996 y comenzó a exportar sus servicios en 2004. Ofrece ensayos no destructivos para detectar defectos en el equipamiento antes del daño.	Extracción, molienda, beneficio, concentración
Proesmin	Servicios mineros relacionados con problemas ambientales	Es una de las tres compañías peruanas de servicios que ofrece servicios en todas las etapas de la cadena de valor.	Exploración y desarrollo de la mina
Qaira	Servicios de drones	Nació como empresa emergente a partir de la idea de un estudiante de la Universidad Católica de Perú. Ofrece monitoreo de la calidad del aire de las minas con drones.	Extracción
Resemin	Fabricante de jumbos de perforación para la minería subterránea	Trabaja para el sector minero desde 1979 y exporta su producción a todas las regiones.	Extracción
SRK Consulting	Servicios de ingeniería	Se estableció en 2011 a través de la fusión de una compañía peruana (70%, SBS Ingenieros, creada en 1985) con una compañía internacional (30%, SRK Global).	Todas las etapas
Stracon	Servicios de minería y construcción	Stracon fue parte de Graña y Montero hasta 2018. Suministra servicios mineros a múltiples países de las Américas, incluyendo Canadá y México.	Exploración, desarrollo de la mina y extracción
Tecsup	Servicios de ingeniería	Tecsup es un instituto de tecnicaturas. Además cuentan con un centro de consultoría y un laboratorio que ofrece servicios para la minería. También sirve al mercado chileno.	Exploración y desarrollo de la mina, extracción y molienda, beneficio y concentración
Tumi	Fabricante de elevadores de equipos pesados	Se fundó en 1982 y desarrolló una máquina que redujo mucho el tiempo y el costo de la perforación (SBM 400 SR). Exporta a 22 países.	Extracción

Fuente: Elaboración propia.

*Nota:* El equipo de investigación entrevistó a todos los proveedores, excepto a Stracon y GyM. El criterio de selección de los entrevistados fue incluir la mayor variedad posible de proveedores, tanto de bienes como de servicios. Se elaboró una base de datos de empresas inicial a partir de la experiencia previa del equipo de investigación en el sector. Esta lista se complementó con una base de datos proporcionada por la oficina del Banco Interamericano de Desarrollo en Perú, utilizando la técnica de la bola de nieve (los entrevistados identificaron a proveedores o iguales).

Stracon fue adquirida por Ashere Group.

La mayoría de los proveedores domésticos producen bienes y servicios estandarizados. Así, su contribución al valor agregado de la industria es limitado, pues estos se centran en los sectores del transporte, la gastronomía y la seguridad. En estos segmentos aislados de la competencia extranjera es frecuente la preferencia por los proveedores locales. No obstante, aproximadamente un tercio de los proveedores locales del sector cuprífero a gran escala señala que ha debido incursionar en actividades innovadoras y sofisticar sus productos y servicios para poder competir (INEI, 2017b). Un pequeño número de firmas de este grupo aporta a la generación de actividades innovadoras, lo que da como resultado una contribución al valor agregado doméstico. Las innovaciones más exitosas han sido las que han respondido directamente a las necesidades actuales de la industria, mientras que las soluciones promovidas solo desde la oferta han tenido un menor grado de penetración en las mineras.

● **Gráfico 16.** Proveedores peruanos en la CGV del cobre



### 3.4.1.1. Servicios

Según las empresas mineras, los servicios capturan el mayor número de proveedores domésticos. Sin embargo, la mayoría de estos corresponde a actividades auxiliares que no agregan mayor valor, como servicios de restauración, hostelería y seguridad. En el sector minero de Perú, los servicios captan 15% del valor agregado, en comparación con 21% en Chile y el 26% en Australia (OCDE, s.f.). Como se señala en el cuadro 6, en 2017, las adquisiciones de servicios de la industria minera representaron 50% del gasto total. Esta cifra está en concordancia con la experiencia de la industria chilena, en la que los servicios representaron 54% de los gastos mineros. En cuanto a las actividades con valor agregado, las compañías locales suministran servicios de previabilidad y viabilidad en las etapas de exploración y desarrollo. En particular, estos se concentran en las áreas ambientales, el impacto social y la evaluación geotécnica, en las que el conocimiento local es un activo fundamental. Algunos ejemplos de esta categoría son Proesmin, MinConsulting, y SRK Consulting, entre

otras. Con el transcurso del tiempo, estas empresas han ido expandiendo su cartera de servicios, y han incluido, por ejemplo, servicios de licenciamiento y de adaptación de programas informáticos extranjeros. A efectos ilustrativos, SRK Consulting comenzó ofreciendo servicios ambientales y ahora presta servicios de auditoría durante la exploración de la mina. Otras firmas de ingeniería y construcción operan en el desarrollo de la mina, entre ellas Graña y Montero (GyM) y Stracon, que incluso se han internacionalizado con éxito. Por ejemplo, la filial de GyM Vial y Vives ha sido subcontratada por Bechtel para construir de la planta de procesamiento de Quebrada Blanca II. Por su parte, Stracon fue uno de los principales socios en el desarrollo de Cobre Panamá para First Quantum. Esta última fue el primer proyecto cuprífero desarrollado en Panamá y para la firma supuso el desarrollo de la fuerza de trabajo local para completar el proyecto (Vizcarra Valencia, 2018).

## **Recuadro 2.** Los servicios de minería de Proesmin

Proesmin es una compañía peruana fundada a principios de la década del 2000. Proporciona soluciones de ingeniería al sector minero del cobre, sobre todo para la etapa de exploración, lo que incluye servicios de viabilidad, previabilidad, y planeamiento. La compañía ha desarrollado un sistema único de información geográfica que detalla todos los proyectos mineros en Perú actuales y potenciales. Esta información le ha permitido especializarse en servicios de asesoramiento en la gestión preventiva del impacto ambiental y social durante las primeras etapas de desarrollo, así como en la identificación de nuevas oportunidades de explotación minera. La empresa tiene 140 empleados, de los que la mayoría cuenta con título universitario y 15%, con una maestría. Una porción importante de los empleados trabaja en el área de investigación, desarrollo e innovación (I+D+i), en la que cada año se invierte cerca de una cuarta parte de los ingresos corporativos. Todas las actividades de I+D se realizan en la empresa por completo. Inicialmente, Proesmin atendía a clientes del sector minero de manera exclusiva. Durante la última década, la firma se ha diversificado a otras industrias. Opera en Perú (donde ha realizado alrededor de 500 proyectos) y en el extranjero (en este caso, 50-60 proyectos sobre todo en América Latina y Asia). Asimismo, participa en dos empresas conjuntas para la provisión de actividades vinculadas llamadas PowerCem (con un socio holandés, de recuperación ambiental) y UniVergi (dedicada a la energía solar, el agua y los efluentes).

Fuente: Investigación de Campo (2019).

En el segmento operativo de la cadena, además de los servicios estandarizados como la contratación de mano de obra y mantenimiento de equipos se puede identificar a múltiples proveedores innovadores que han sido capaces de introducir nuevos servicios en la cadena para mejorar la productividad. Algunos de ellos accedieron al sector ofreciendo soluciones completamente innovadoras. Otros lo hicieron a través de servicios convencionales y, con el tiempo, consiguieron la credibilidad necesaria entre los clientes y sofisticaron su oferta. Por ejemplo, la empresa Renova desarrolló un servicio de recauchutado que contribuyó a reducir el consumo de neumáticos nuevos en 18% en la mina Antamina (Antamina, 2017). Por su parte, NDT Innovation presentó una solución innovadora para el mercado consistente en una tecnología no destructiva aplicable a los servicios de

mantenimiento preventivo. A medida que más empresas han comenzado a trabajar en operaciones, han pasado del análisis de productos a base de acero a la detección de fallas en los plásticos, una técnica única en el mercado global. Muchos de los proveedores peruanos han accedido a mercados internacionales e industriales. Por ejemplo, NDT y Proesmin tienen proyectos en los principales yacimientos de minería cuprífera del mundo, así como en una amplia variedad de industrias. La diversificación de los mercados externos permitió a estas firmas ampliar su conocimiento en términos de cómo personalizar sus servicios a contextos específicos y obtener reputación en el mercado local.

Cabe mencionar que el fenómeno global de la servicificación en la industria minera están dando lugar a un segundo grupo de proveedores de servicios. Son empresas fabricantes que realizan distintas actividades y que han adoptado un modelo de negocio en el que proporcionan equipos como servicios. Un ejemplo es Exsa, firma peruana de explosivos que optó por un modelo de servicios integrales a través del que no solo produce los explosivos, sino que además gestiona su almacenamiento y supervisa la detonación en la mina. Otro caso es el de Qaira, que fabrica drones para monitorizar las operaciones mineras, y provee a las mineras el servicio de seguimiento y control. Al desarrollo de modelos de negocios innovadores se suma el de nuevos productos. En 2015, Exsa lanzó un nuevo producto llamado Quantex, que contribuye a reducir los costos de detonación hasta 20%. Por su parte, Qaira desarrolló una estación en la que los drones se detienen para cargar y regresan en forma autónoma a su hangar (Investigación de Campo, 2019).

### **3.4.1.2. Productos**

La presencia de proveedores peruanos en la oferta de productos se concentra en el segmento de estructuras metálicas, artículos de consumo y equipamiento de capital de nicho. En tal sentido, las firmas proveedoras de estructuras metálicas suministran insumos para las plantas de procesamiento, como celdas de flotación, molinos de bolas y barras, clasificadores y vibradores, entre otros. Algunos ejemplos son Andes Peru, Fabertek, Fima, Haug y Mimco. Estas empresas también sirven a otros sectores, entre ellos el de la construcción, la infraestructura, el petróleo y el gas, y son también proveedoras de los fabricantes de equipos originales (Bamber et al., 2016). Los proveedores de bienes de consumo suministran bienes que se reemplazan habitualmente, como neumáticos de goma, tolvas para camiones, correas transportadoras, bolas metálicas de molienda y revestimientos para molino semiautógenos. Estos bienes suelen ser de bajo valor agregado y requieren contar con existencias disponibles. Por lo general captan US\$ 150 millones a US\$ 200 millones del total de gastos operacionales. Un importante número de fundiciones (Fundición Ventanillas y Funcal, MEPSA y Sider, entre otras) suministran bolas de acero para la molienda, así como revestimientos para molinos semiautógenos. Otras, como Infasa, Rosetti y Suminco, producen una amplia variedad de bienes de consumo, entre ellos correas transportadoras y tolvas de camiones. Al tratarse de productos estándar para equipamientos ya existentes, la innovación en este grupo de proveedores es limitada. Por lo tanto, el escalamiento en estos bienes ha consistido mayoritariamente en mejoras en la calidad del producto, de los procesos de fabricación y de la expansión a mercados regionales. En conjunto, las fundiciones más importantes exportaron cerca de US\$ 45 millones en 2017 a Argentina, Bolivia y Chile, entre otros (BID, 2018).

A su vez, el área de equipamiento de capital de nicho ha crecido como resultado del conocimiento técnico y geológico local. Hay muy pocos proveedores domésticos en este segmento, que han aparecido en respuesta a necesidades específicas de la industria local, que se derivan del tipo de minería que ejerce la industria. En concreto, fabricantes de equipamiento subterráneo como Resemin y Tumi Boring han sido muy exitosos. Las dos firmas no han dejado de aumentar el número de productos y exportan a múltiples lugares del mundo. Hoy día, la mayoría de los ingresos de Resemin provienen de las exportaciones. La firma es una de las pocas empresas del país que ha patentado sus innovaciones en mercados globales. Resemin comenzó sus operaciones como un proveedor de repuestos, y fue introduciendo de forma constante nuevos productos y equipamientos en el mercado. De forma similar, Tumi desarrolló sus propios productos y se ha convertido en una de las pocas firmas activas a escala global en un nicho tan específico. Resemin y Tumi continúan vendiendo sus productos, aunque han ido desplazándose hacia el modelo de negocio de equipo como servicio (Investigación de Campo, 2019).

**Recuadro 3.** Historia de escalamiento de Resemin, fabricante de equipos originales peruano

Resemin se fundó en 1989 como fabricante y distribuidora de repuestos. Actualmente, es uno de los principales proveedores de equipos de perforación del sector de equipamiento para la minería subterránea, con unas ventas globales de más de US\$ 65 millones en el 2012, lo que la convirtió en la tercera compañía del segmento en el mundo. Sirve al mercado local e internacional, con clientes en más de 12 países. Cuenta con 220 máquinas operativas en el mundo y ha abierto oficinas de venta y centros de servicios en las principales ubicaciones mineras, entre ellas Argentina, Chile, India, México y Zambia. Su expansión internacional fue resultado de la demanda de sus principales clientes: ejecutivos reubicados en mineras de todo el mundo, que antes estaban en Perú. Además de sus ventas directas (sobre todo a países de América Latina), presta servicios tercerizados de perforación subterránea. Resemin es una de las pocas compañías peruanas que diseña, fabrica y ensambla los equipos en el país. Asimismo, presta servicios de posventa a todos los mercados clave. Importa los principales insumos para la producción, como los motores, de fabricantes globales de segunda línea. En un principio, la empresa tercerizaba la fabricación de partes. Sin embargo, con el tiempo, esta producción se integró a la interna de la empresa a los efectos de mejorar la calidad. Hacia 2001, Resemin había adquirido suficiente experiencia para producir maquinaria final y presentó su primer equipamiento propio. Aunque es relativamente poco sofisticada, la primera plataforma de perforación diseñada y producida por la compañía se benefició de la ingeniería inversa y de las adaptaciones de máquinas ya disponibles en el mercado. Desde entonces, ha virado hacia el diseño original y su maquinaria se ha sofisticado significativamente, aunque bajo el concepto de fabricación resistente, fácil y segura de usar, adecuada para entornos de operación remotos. En 2014, lanzó Muki, una plataforma de perforación potente e innovadora para operar en vetas subterráneas pequeñas (<1,8 m). Muki reduce los costos de producción, optimiza la productividad y mejora la seguridad de la minería subterránea. Hacia 2017, la plataforma se utilizaba en casi todos los principales países mineros de América. En 2015, Resemin empleaba a unas 500 personas en Perú y a otras 1.500 en el resto del mundo.

Fuentes: International Mining (2015), Roca (2013) y Semana Económica (2017).



El cuadro 8 señala las principales fortalezas y debilidades de los proveedores domésticos en la CGV cuprífera. La ventaja comparativa de estas empresas se sustenta en un sólido conocimiento del mercado local, la proximidad con los clientes y compromiso con la adaptación a las necesidades del cliente. En este sentido, los grandes proveedores extranjeros suelen ser muy reticentes a la personalización, ya que sus modelos de negocios se basan en la escala. Las debilidades responden sobre todo a la falta de escala, las escasas capacidades de organización, el cumplimiento de estándares deficiente y una baja inversión en innovación. Distintas dificultades institucionales debilitan futuro del crecimiento del sector, entre ellos los problemas de acceso a capital humano cualificado y la falta de mecanismos de apoyo coordinados.

**Cuadro 8.** Análisis FODA de los proveedores de la minería peruana

Fortalezas	Debilidades
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conocimiento institucional, geológico y cultural local robusto</li> <li>• Flexibilidad</li> <li>• Proximidad a los clientes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Escala</li> <li>• Mala capacidad de gestión empresarial</li> <li>• Dificultades para cumplir con los estándares de la industria</li> <li>• Ausencia de reputación o de contactos en el sector</li> <li>• Inversión baja en innovación</li> <li>• Escasez de capital humano cualificado</li> <li>• Reducida coordinación y colaboración</li> <li>• Ausencia de una política industrial de apoyo para el desarrollo de los proveedores locales</li> </ul>
Oportunidades	Amenazas
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mercado doméstico de la minería cuprífera establecido y en expansión, con de una creciente demanda de cobre de alcance global</li> <li>• Expansión a mercados internacionales</li> <li>• Personalización para el mercado local</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Competencia extranjera</li> <li>• Normativas ambientales y sociales</li> <li>• Incremento de las adquisiciones centralizadas</li> <li>• Conflictos sociales</li> <li>• Comercio internacional en un contexto inestable</li> </ul>

*Fuente:* Elaboración propia.

### 3.5 Desarrollo de capacidades en los proveedores peruanos<sup>32</sup>

En Perú, los proveedores utilizan distintas estrategias para desarrollar sus capacidades y suministrar productos y servicios al sector minero, que pueden dividirse en dos categorías:

1. Desarrollo interno de capacidades a través de la contratación de personal y desarrollo del capital humano o departamentos propios de I+D.
2. Aprovechamiento de los conocimientos de universidades locales o extranjeras, proveedores extranjeros o los que se obtienen en las relaciones con los clientes.

La tendencia es concentrarse en aplicar una de estas estrategias, pero es frecuente combinarlas. Por ejemplo, una empresa puede contar con un buen departamento de I+D pero, para algunos proyec-

<sup>32</sup> Esta sección se basa en las entrevistas de los autores a los proveedores y en fuentes secundarias. Los resultados de las entrevistas fueron triangulados para mayor veracidad.



tos, puede formar alianzas con universidades extranjeras que le permitirán adquirir nuevos conocimientos. El uso de estas estrategias entre los proveedores domésticos se explica a continuación.

### **Estrategias internas de desarrollo de capacidades**

A fin de impulsar la innovación y la renovación, los proveedores innovadores tienden a sacar provecho del capital humano con una alta cualificación. Los empleados de numerosas empresas cuentan con títulos en ingeniería, maestrías y doctorados de Perú y el extranjero. Esto ocurre sobre todo en las empresas de servicios —Proesmin emplea sobre todo ingenieros con maestrías—, pero también se ha extendido a las compañías de manufacturas. Por ejemplo, casi 15% a 20% del personal de Resemin son ingenieros. La mayoría de los empleados de estos proveedores son peruanos titulados en universidades locales o extranjeras y luego capacitados en la empresa o enviados al extranjero para ampliar y desarrollar sus competencias. Por ejemplo, SRK Consulting envía a los nuevos empleados a operaciones en Australia o Estados Unidos durante períodos de hasta dos años. Asimismo, los empleados suelen cursar estudios de grado durante este tiempo con el apoyo financiero de la compañía. Exsa también financia formaciones en el extranjero. El desarrollo de conocimientos y experiencia gerenciales también ha sido una herramienta potente. Empresas como Minconsulting y Exsa destacan la importancia de los estudios en gestión empresarial con el fin de apoyar la innovación.

En general, los fundadores de las empresas o gerentes tienen experiencia en la industria, a resultas de trabajar en compañías mineras o proveedoras. La experiencia es particularmente útil para identificar oportunidades de desarrollo de soluciones innovadoras. Es el caso de Tecsup, que fue fundada por ejecutivos de la minería con el objetivo de desarrollar programas de formación específica y prestar servicios de consultoría y de laboratorio locales. El fundador de Resemin trabajó una compañía de fabricación de equipamiento extranjera antes de establecer su propia empresa. Por su parte, la empresa LinkMiners fue constituida por el consultor responsable del programa de desarrollo de proveedores de excelencia de la compañía Antamina.

### **Departamentos propios de I+D**

Algunos de los proveedores peruanos más grandes de la industria minera han creado centros de I+D muy desarrollados. Entre ellos, los más conocidos del sector son Exsa, Resemin y Tumi. Estas firmas concentran las patentes en el país. Por ejemplo, Exsa invierte cerca de US\$ 2,2 millones anuales en su departamento de I+D, emplea a nueve trabajadores con alta cualificación en su planta de Lurin y es titular de al menos tres patentes. Famesa Explosivos gasta 0,75% de sus ingresos en I+D y tiene la mayor cantidad de patentes otorgadas en Perú (CARMAR, 2018). La compañía diseña su equipamiento con equipos propios, en forma parecida a la de Tumi, en cuyo taller ha creado un sofisticado equipo de minería subterránea.

Algunos de los proveedores de servicios también invierten montos significativos en sus departamentos de I+D. Proesmin cuenta con un robusto departamento de I+D, habiendo invertido más de US\$ 5 millones en su desarrollo. La firma NDT también tiene su propio departamento de investigación y desarrollo, habiendo realizado inversiones de más de US\$ 2 millones en innovación durante los últimos dos años. Green Mining, por su parte, ha obtenido varias patentes fuera de Perú. En general, las empresas de servicios señalan que han preferido innovar permanentemente a patentar;

en efecto, el número de patentes no presenta una fuerte correlación con el grado de innovación en los proveedores domésticos.

### **Estrategias externas de desarrollo de la capacidad del personal**

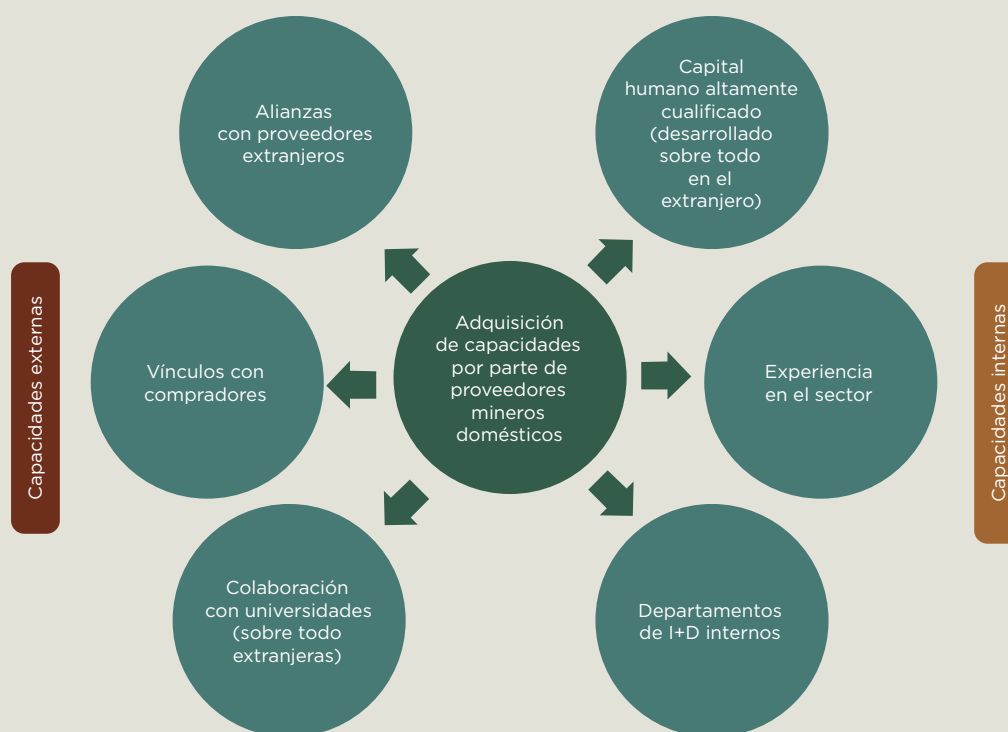
Tal como se ha explicado, las firmas innovadoras han procurado establecer acuerdos de colaboración con las universidades. En general, los proveedores locales de minería indican que las universidades peruanas no ofrecen servicios de investigación estratégica y aplicada que pueda contribuir a su crecimiento. No obstante, existen unas pocas excepciones. NDT y Qaira han establecido relaciones próximas con algunos centros, entre ellos la Universidad Católica y la Universidad de Ingeniería y Tecnología (UTEC). Aun así, es más frecuente que el sector privado se asocie con universidades extranjeras, en especial las australianas, como la Universidad de Queensland, y de Estados Unidos, como el Instituto de Tecnología de Massachusetts o la Universidad de Houston. La colaboración con centros universitarios es uno de los modelos a los que recurren las firmas para acceder a los fondos de innovación nacionales e internacionales. Es el caso de Qaira, que recibió un capital inicial para innovación del Instituto de Tecnología de Massachusetts para desarrollar la compañía.

Las vinculaciones con proveedores extranjeros se consideran imprescindibles para acceder a los mercados, tanto en Perú como en el extranjero, así como para desarrollar más capacidades. Estas alianzas ayudan a aumentar la credibilidad de los proveedores locales ante los clientes, además de que proporcionan oportunidades de aprendizaje entre empresas y de innovación incremental para adaptar las tecnologías extranjeras al mercado local. Por ejemplo, Minconsulting se convirtió en suministrador autorizado de programas informáticos para dos proveedores extranjeros. Como distribuidor local e integrador de sistemas, Minconsulting tuvo la posibilidad de desarrollar aún más sus capacidades y hoy es responsable de todas las adaptaciones de sus programas informáticos en el país. Por otra parte, las relaciones de Exsa con la compañía estadounidense Nelson Brothers le ha otorgado una potente base de tecnología química sobre la que desarrollar adaptaciones para el mercado local. En este sentido, la interacción en el proceso de establecer qué químicos son adecuados para el entorno peruano es considerable, dadas las particulares condiciones de elevada altitud y bajas temperaturas. Esto ha facilitado que la empresa desarrolle nuevos conocimientos específicos para fabricar explosivos destinados a una amplia variedad de localizaciones. Por otra parte, SRK solo pudo incrementar su visibilidad en Perú y otros lugares y acceder a los mercados internacionales tras su adquisición por una empresa extranjera. Asimismo, el intercambio internacional entre el personal internacional y doméstico contribuyó a mejorar no solo la calidad del servicio, sino también su posicionamiento. Por último, trabajar con firmas extranjeras ha conducido a mejorar la oferta de servicios y a ampliar la capacidad de cumplir con los estándares mundiales. Esto, a su vez, ha impulsado el potencial de expansión internacional. A modo de ilustración, la compañía MIMCO recibió asesoramiento para optimizar la calidad y los procesos de sus servicios través de su alianza con la proveedora global ABB, y esto le permitió acceder a la industria minera peruana.

En términos generales, las relaciones entre proveedores y compradores consisten en interacciones limitadas en las que los segundos informan a los primeros de las especificaciones y los estándares y los proveedores desarrollan las soluciones que cumplan con lo solicitado. Esto es así sobre todo en el caso de los proveedores de manufacturas. El suministro de servicios es relativamente más continuo, por lo que las compañías en este segmento suelen mantener un mayor grado de in-

teracción durante el desarrollo de sus soluciones, como en el caso de Minconsulting, que mantuvo reuniones semanales con sus compradores. Los proveedores de manufacturas también destacan la importancia del trabajo habitual en las minas, ya que a través del trabajo conjunto acceden a mayores conocimientos sobre las necesidades de los clientes, lo que contribuye al desarrollo de nuevas soluciones (es el caso de Proesmin, Resemin, Tumi y Exsa, entre otros). Aunque el testeo o desarrollo de pilotos de nuevos productos o servicios es relativamente más limitado, las mineras y los proveedores coinciden en que, aunque limitadas, hay algunas posibilidades para el suministro de testeos de innovaciones cuando existe una relación de confianza (tal y como indica Exsa) o si el testeo es no intrusivo (por ejemplo, Qaira). En general, las iniciativas para desarrollar conjuntamente de productos innovadores que impliquen una transferencia de conocimiento significativa entre las mineras y sus proveedores son escasas. En el país hubo un solo Programa de Desarrollo de Proveedores que puso en marcha Antamina hasta hace poco tiempo, con el objetivo era apoyar el desarrollo de capacidades de los proveedores domésticos. Pero, en lugar de aportar conocimiento técnico, el programa ponía el foco en señalar las áreas en las que las innovaciones serían bienvenidas y en proporcionar facilidades para su testeo (Investigación de Campo, 2019). La nueva plataforma LinkMiners procura resolver la asimetría de información entre mineras y proveedores, pero no se especializa aún en el desarrollo de capacidades.

● **Gráfico 17.** Síntesis de los principales mecanismos para el desarrollo de capacidades



Fuente: Elaboración propia.

Debe destacarse que el desarrollo de capacidades como resultado de la interacción entre proveedores domésticos es prácticamente inviable ya que suelen trabajar de forma aislada. Además, no cuentan con asociaciones industriales que las representen, a excepción de una que integra firmas de metales mecánicos<sup>33</sup> y el nuevo Departamento de Proveedores de la Sociedad Nacional de Minería, Petróleo y Energía, aunque representa principalmente los intereses de las mineras y no de la industria en general. La mayoría de las empresas considera que participar en organizaciones profesionales o asociaciones no tiene incidencia alguna en el desarrollo del negocio. La ausencia de un sistema de innovación eficiente y coordinado en el ámbito nacional ha restringido el desarrollo de capacidades entre los proveedores locales. La siguiente sección analiza este sistema.

### 3.6 Sistema Nacional de Innovación de Perú

La escasa innovación entre las empresas del sector es, en parte, resultado de un sistema nacional de innovación poco desarrollado. La política nacional de innovación de Perú es relativamente incipiente y el desempeño nacional en los principales indicadores de innovación globales sigue siendo relativamente débil (véase el cuadro 9). CONCYTEC es la principal institución responsable de la ciencia y tecnología y el sistema de innovación, que se estableció recientemente, en 2006 (CONCYTEC, 2019). Aunque los distintos actores coinciden en que, durante los últimos años, se ha progresado notablemente en el establecimiento de un ecosistema innovador más congruente (Investigación de Campo, 2019), para impulsar su eficiencia es necesario atender las brechas que aún persisten, y que hacen que el gasto nacional en I+D se mantenga bajo. Entre 2015 y 2017, el aumento nacional en inversión en I+D como porcentaje del PIB fue de solo 0,004%. Asimismo, el desempeño nacional es bajo comparado con el de otros países de la región y con los promedios mundiales. En 2017, Perú destinó 0,12% del PIB a la I+D, en comparación con 0,36% en Chile, 0,76% en América Latina y 2,2% en el mundo (Banco Mundial, 2019). (Véase el cuadro 9.)

**Cuadro 9.** Indicadores de investigación, desarrollo e innovación

Indicador	Perú	Chile	Promedio global o total	Países próximos en la clasificación	Fuente
Gasto en I+D (% del PIB)	0,12% (2017)	0,36% (2016)	Promedio: 2,2% (2016)	Camboya, San Vicente y las Granadinas, Tayikistán, Venezuela	UNESCO
Número de solicitudes de patentes, residentes	100 (2017)	425 (2017)	Total: 2.161.000 (2017)	Armenia, Letonia, Líbano, Siria, Venezuela	Banco Mundial, OMPI

(continúa en la página siguiente)

<sup>33</sup> La Asociación de Empresas Privadas Metalmeccánicas de Perú se fundó en 2013 y en la actualidad cuenta con 25 miembros (AEPME, 2019).

**Cuadro 9.** Indicadores de investigación, desarrollo e innovación (*continuación*)

Indicador		Perú	Chile	Promedio global o total	Países próximos en la clasificación	Fuente
Citas en artículos científicos y técnicos		1.008 (2016)	6.746 (2016)	Total en América Latina y el Caribe: 96.586 (2016)	Cuba, Ghana, Kenia, Sri Lanka	Banco Mundial, Fundación Nacional para la Ciencia, Indicadores de Ciencia y Tecnología; OMPI
Artículos científicos y técnicos		114/129 (2018)	39/129 (2018)			
Investigadores en I+D (número por millón de habitantes)		47,4 (2017)	793 (2016)	Promedio: 1.500 (2015)	Burkina Faso, Cabo Verde, Chad, Etiopía	UNESCO
Investigadores en I+D por sector de empleo (número por millón de habitantes)	Sector empresarial	2,4	25	No disponible	No disponible	UNESCO
	Gobierno	7	12			
	Educación superior	71,1	58			
	Privado sin fines de lucro	4,5	5			
	Sin especificar	15	-			
Colaboración investigadora entre industria y universidad (clasificación entre 129 países, 2019)		98	55		Benín, Kuwait, Túnez	OMPI
Índice Mundial de Innovación (clasificación entre 129 países, 2019)		69	51		Arabia Saudita, Brunéi, Colombia, Túnez	OMPI
Índice Internacional sobre Derechos de Propiedad (puntuación/ clasificación entre 125 países, 2018)		5,2/69	6,9/29		Grecia, Sri Lanka, Filipinas, Tanzania	Alianza de Derechos de Propiedad
Índice de Competitividad Global (índice de progreso sobre 100, 2018) Pilares: habilidades y capacidad de innovación (2018)		83 89	42 53		Habilidades: Kirguistán, Panamá, México, Sudáfrica Capacidad de innovación: Albania, Ecuador, Guinea, Kazakstán	Foro Económico Mundial

Fuente: Banco Mundial (2019); UNESCO (2019); Alianza de Derechos de Propiedad (2019); Cornell University, INSEAD y OMPI (2018).

<sup>a</sup> Organización Mundial de la Propiedad Intelectual (OMPI). Informe de la OMPI sobre patentes: Estadísticas sobre las actividades en materia de patentes a escala mundial. Ginebra: OMPI; 2007.

En esta área, los principales desafíos son la escasez de capital humano cualificado y de instituciones de investigación con preparación para desarrollar, gestionar e incentivar la innovación. Además, hay una limitada institucionalización y coordinación entre los actores a efectos de maximizar sus contribuciones (Investigación de Campo, 2019; BBVA Research, 2019; CONCYTEC, 2017). A pesar del alto número de graduados en profesiones relacionadas con la ciencia, la tecnología, la ingeniería y las matemáticas, y del aumento reciente en su número,<sup>34</sup> la participación de personal cualificado en instituciones públicas y privadas aún es limitada como resultado de la baja calidad

<sup>34</sup> Según datos de la UNESCO, 29,6% de los 241.000 estudiantes del nivel terciario de Perú se gradúan en disciplinas de ciencias, tecnología, ingeniería o matemáticas (UNESCO, 2019), en comparación con 32% en India, 29,3% en República de Corea, 26% en Reino Unido y 20% en Chile.

de los programas educativos y la distribución ineficiente de graduados en los campos apropiados (British Council, 2016). El auge de las nuevas universidades privadas de bajo costo ha favorecido un aumento acusado de las matriculaciones (Yamada y Oviedo, 2016). Pero hasta 2014, estos establecimientos estaban poco regulados y solo entonces el gobierno introdujo reformas a fin de mejorar la calidad de la educación universitaria. Ni siquiera entre las universidades más consolidadas del país hay alguna de primer nivel mundial, y cerca de un tercio carecen de centros de investigación (British Council, 2016).<sup>35</sup> El establecimiento de los Centros de Innovación y Tecnología (CITE) es una iniciativa reciente para crear nuevos centros de investigación e innovación. No obstante, se ha criticado a los CITE por su ausencia de foco en el mercado, su infraestructura insuficiente y su mala gestión (Lampadia, 2017). Por otro lado, con menos de una década de experiencia en políticas de innovación, muy pocos políticos son capaces aún de diseñar y gestionar estrategias e incentivos para la innovación (Seclén, 2017).

El desempeño de las áreas públicas, privadas y académicas ha funcionado de manera aislada sobre todo debido a que el ecosistema de la innovación ha aparecido poco a poco, con escasa coordinación entre los actores y sin aprovechar las posibilidades de sinergias e investigación aplicada. Solo 26% de los centros de investigación tienen vinculaciones con el sector privado y solo 37% se relaciona con el gobierno local, regional o nacional (Belapatiño y Perea, 2018). Perú ocupa el lugar 98 entre 129 economías (2018) en el indicador de colaboración entre el sector privado y las universidades del Índice de Innovación Global (Universidad de Cornell, INSEAD, OMPI, 2018). Incluso dentro del sector público se observa una falta de coordinación sobre las iniciativas y una escasa sensibilización, pues múltiples ministerios promueven sus propios programas de innovación. Por ejemplo, en 2018, solo 30% del sector privado involucrado en actividades innovadoras conocía los incentivos fiscales establecidos en 2015 (Gestión, 2019). La mayoría de las iniciativas de este tipo aún no se han institucionalizado y, por tanto, aún están sujetas a la voluntad política del gobierno en el poder.

### 3.6.1 Sistema de innovación en la minería de Perú<sup>36</sup>

En el contexto analizado, el ecosistema de innovación que sustenta al sector minero es relativamente nuevo y está fragmentado. Su origen coincide con las iniciativas nacionales hacia la transformación productiva y el desplazamiento de la economía hacia actividades de mayor valor agregado. En efecto, el sector minero está significativamente infrarrepresentado en las nuevas iniciativas nacionales de innovación en comparación con su importancia en la economía del país. En ausencia de un líder institucional, la industria carece de una estrategia nacional efectiva. La política pública se ha centrado en la regulación de los aspectos medioambientales y sociales del sector en lugar de elaborar una estrategia de innovación y de transformación productiva a largo plazo. A pesar de los distintas iniciativas en curso, persiste la desarticulación, con iniciativas impulsadas por instituciones distintas, de manera individual y aislada del resto, así como con duplicaciones frecuentes. Entre otras, destacan un grupo de trabajo del Ministerio de Economía y Finanzas a cargo de mejorar la

35 Según la Clasificación mundial de universidades QS, ninguna universidad peruana se encuentra entre las mejores 400 universidades del mundo.

36 La información de esta sección se ha obtenido de fuentes primarias y secundarias. Los resultados de las entrevistas se triangularon para mayor veracidad.

productividad (Gestión, 2018); una iniciativa similar en el Ministerio de Producción (PRODUCE), orientada al desarrollo de una hoja de ruta tecnológica para el sector minero y la Visión Minería 2030, desarrollada por el Ministerio de Economía y Finanzas. Claro está que en estos proyectos participa una amplia variedad de actores, pero no necesariamente están los principales agentes estratégicos de la industria. Las dificultades para aunar y articular esfuerzos por parte del Estado han tenido como resultado una muy baja contribución de este en la innovación del sector minero en general y de los proveedores mineros en particular.

Aunque el gobierno ha puesto en marcha distintas políticas y programas transversales para fomentar la innovación entre los proveedores de la minería (cuadro 10), su impacto en la industria ha sido escaso. Entre los programas más relevantes se incluyen Innóvate Perú, crédito fiscal para I+D (2015) y el programa acelerado de patentes. Hasta la fecha, solo un pequeño número de proveedores domésticos del sector se han beneficiado de estas iniciativas. Paralelamente, solo 51% de los proveedores innovadores de las industrias de recursos naturales del país estaba al tanto de estos programas (INEI, 2017b). Y aquellos en conocimiento de las políticas se muestran renuentes a postularse debido a los altos niveles de burocracia. El único programa que los entrevistados destacan y valoran es Innóvate Perú. Entre las empresas emergentes de alta tecnología que lo han utilizado se encuentra la proveedora Qaira. Por su parte, el crédito para actividades de I+D ha tenido muy poco impacto debido a su escaso conocimiento público (Gestión, 2018). En tres años de funcionamiento, en todo el país apenas se aprobaron 49 proyectos, incluidos también el resto de sectores de la economía, y no solo el minero. A efectos de la comparación, en 2012 Chile introdujo una herramienta similar, que en 2018 otorgó exclusivamente al sector minero la misma suma que todos los créditos que Perú ha proporcionado para su economía nacional en general (US\$ 10 millones) (Gestión, 2018). En el caso de estudio, para acceder a los créditos se requiere que las firmas presenten una solicitud ante la autoridad de recaudación impositiva (Superintendencia Nacional de Aduanas y de Administración Tributaria, SUNAT), que desincentiva a las empresas. La SUNAT tiene reputación de ser excesivamente exigente y detallista, y los proveedores creen que las aplicaciones les exponen al riesgo de auditorías recurrentes. Además del alto grado de burocracia, otro inconveniente es que la experiencia y el conocimiento que las autoridades del sector público poseen en términos de diseño y gestión de políticas de innovación son limitadas.

**Cuadro 10.** Políticas y programas del sector público y privado

Programa o política	Descripción	Institución responsable	Mecanismo	Efectividad
<b>Emprendedores (apoyo a la creación de nuevas empresas o de empresas emergentes)</b>				
Start-up Perú: Emprendedores dinámicos	Cofinanciamiento de hasta US\$ 41.000 (S./140.000) para emprendimientos que ofrezcan soluciones tecnológicas innovadoras en la fase de comercialización.	Innóvate Perú (PRODUCE)	Para ser elegibles, las empresas deben superar los US\$ 36.000 en ventas (S./120.000). El soporte está destinado a mejoras en programas informáticos, registro de la propiedad intelectual, estrategias de marketing y sofisticación de los productos.	No disponible

*(continúa en la página siguiente)*



**Cuadro 10.** Políticas y programas del sector público y privado (*continuación*)

Programa o política	Descripción	Institución responsable	Mecanismo	Efectividad
Start-up Perú: Emprendedores innovadores	Cofinanciamiento de hasta US\$ 15.000 (S./50.000) para equipos de 2 a 4 personas que ofrezcan soluciones, productos o modelos de negocios innovadores.	Innovate Perú (PRODUCE)	El financiamiento incluye estudios de mercado, grupos de discusión para validar la factibilidad del modelo de negocio, desarrollo y mejora de prototipos, eventos de networking, entre otros.	No disponible
<b>Innovación (desarrollo de productos y servicios nuevos e innovadores)</b>				
Innovate Perú (Programa Nacional de Innovación para la Competitividad y Productividad)	Creado a través del Decreto Supremo N.º 003-2014-PRODUCE, tiene por objetivo incrementar la innovación y facilitar la adopción de nuevas tecnologías en empresas.	PRODUCE	El programa gestiona cuatro fondos distintos asignados a través de concursos nacionales. Los fondos se distribuyen entre el Fondo para la Innovación, la Ciencia y Tecnología (FINCYT), el Fondo de Investigación y Desarrollo para la Competitividad (FIDECOM), el Fondo Marco para la Innovación, Ciencia y Tecnología (FOMITEC), y a los Proyectos MIPYME.	En 2018, el programa había cofinanciado más de 3.000 proyectos de I+D y emprendimientos.
Ley Marco de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica (Ley N.º 28303)	Acuerdo de cooperación a 15 años (2006-2021) entre los gobiernos regionales, las instituciones gubernamentales, las escuelas privadas y las empresas. Su meta principal es facilitar el desarrollo de productos y procesos innovadores.	CONCYTEC	El plan cuenta con diferentes estrategias, como la promoción de procesos altamente innovadores, garantías para financiamiento desde el extranjero, difusión de prácticas innovadoras, asistencia directa a las empresas en temas de innovación y facilitación de la cooperación entre agentes privados.	No disponible
Crédito fiscal para I+D	La Ley 30.309, que promueve la Investigación Científica, Desarrollo Tecnológico e Innovación, Tecnológica es un incentivo fiscal para fomentar la inversión en I+D en el sector privado. Entró en vigor en 2016 y estará vigente hasta 2022. En 2019 se modificó para optimizar su uso por parte de las pymes.	CONCYTEC	Deducción impositiva del 100% sobre los gastos de I+D a todas las firmas. Además, las que cuentan con aprobación de CONCYTEC pueden solicitar un 75% de reducción adicional, con un límite anual de US\$ 1,5 millones.	Durante los primeros tres años del proyecto, 49 proyectos recibieron este crédito, por un total de US\$ 30 millones (S./108 millones). Las encuestas señalan que solo el 30% de las compañías conocían este beneficio en 2019.
<b>Participación local (regulaciones y mecanismos que promuevan la contratación de firmas locales)</b>				
Compromiso con el Aprovechamiento Sostenible de los Recursos Naturales (Decreto Supremo N.º 042-2003-EM)	En 2003, este Decreto introdujo en la legislación peruana disposiciones de contenido local por primera vez. La normativa incluye una lista de compromisos que las compañías mineras deben adoptar durante la exploración minera.	MINEM	Las firmas mineras y los terceros contratados se comprometen a contratar preferencialmente mano de obra local y a proporcionarles capacitación. Además, deberán adquirir preferencialmente bienes y servicios locales y regionales, y apoyar a los emprendedores para promover la diversificación.	No disponible

(continúa en la página siguiente)



**Cuadro 10.** Políticas y programas del sector público y privado (*continuación*)

Programa o política	Descripción	Institución responsable	Mecanismo	Efectividad
			El Decreto requiere a las firmas que remitan al MINEM una Declaración Anual Consolidada (DAC) de estos compromisos. Los requerimientos de contenido local integran los planes de Evaluación Ambiental del Impacto Minero de las compañías. Asimismo, las cláusulas de contenido local en el Decreto se incluyeron en los acuerdos de privatización entre las firmas mineras y el gobierno.	
<b>Promoción de exportaciones (orientada a ayudar a los proveedores locales a exportar a clientes regionales y globales)</b>				
Ruta exportadora	La Comisión de Promoción del Perú para la Exportación y el Turismo (PROMPERU) ofrece asesoramiento especializado a pymes a fin de introducir las en el mercado global y conectarlas con potenciales clientes.	PROMPERU	La evaluación consiste en distintos pasos que incluyen programas de capacitación virtual, seminarios de alcance nacional y convenciones internacionales, entre otros.	No disponible
<b>Iniciativas del sector privado</b>				
Antamina	En 2012, Antamina (el mayor productor de cobre y zinc de Perú) lanzó el programa Desarrollo de Proveedores de Excelencia para la Industria Minera de Perú. Los objetivos eran mejorar la productividad de la compañía y desarrollar la capacidad de los proveedores para prestar servicios más complejos, no solo a la industria minera sino a toda la economía.	Antamina	Los proveedores locales debían identificar y desarrollar soluciones innovadoras y estrategias para resolver los desafíos de alto valor que enfrentaba la compañía (problemas, ineficiencias o anomalías operativas). Antamina ofrecía a los proveedores la oportunidad de diseñar estas soluciones de manera conjunta, en aras de desarrollar relaciones de cooperación. Tras un proceso de selección estratégica, y antes de suscribir el contrato, los departamentos de operaciones y logística ofrecían a los proveedores elegidos la oportunidad de testear las soluciones seleccionadas.	El programa ya no está operativo.

Fuente: Elaboración propia.

Hay un grupo emergente de centros de investigación orientados al sector minero, aunque son iniciativas nuevas y relativamente nuevas. La mayoría de estos centros están dirigidos por universidades privadas. De los 47 institutos de investigación público-privados establecidos en el marco del programa CITE (2018), solo uno —establecido con el sector privado— se dedica en exclusiva al sector minero. En general, este CITE trata desafíos ambientales asociados a los cierres de las minas

(Instituto Tecnológico de la Producción, 2019; Universidad del Pacífico, 2019). Las principales universidades privadas, entre ellas la Universidad Católica de Perú, la Universidad Pacífica y la Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, así como la Universidad de Ingeniería y Tecnología (UTEC) están llevando a cabo iniciativas de investigación para asistir a la industria, aunque financiadas con restricciones, al igual que limitada es su aplicación directa en la industria. Por otra parte, las universidades públicas de las principales localidades mineras reciben financiamiento para la innovación a través del canon minero:<sup>37</sup> en 2018, estas instituciones recibieron US\$ 48 millones para la investigación científica en cualquier área. El sector privado es reticente a recurrir a investigar las innovaciones con las universidades locales, ya que creen que su agenda de investigación está demasiado orientado a problemas teóricos de escasa aplicabilidad en la industria. La mayoría de las empresas entrevistadas que han cooperado con la academia lo han hecho en alianza con universidades extranjeras, no locales.

El principal desafío que subyace a esta situación son las brechas en capital humano. Concretamente, la cantidad de personas empleables en iniciativas de investigación e innovación para el sector minero cuprífero es muy limitada. Esto ocurre tanto en los programas universitarios como en los centros de investigación independientes y las propias empresas. En primer lugar, los ingenieros que se gradúan en los programas universitarios cuentan con un set de habilidades básico o general, en lugar de con conocimientos específicos para la industria minera. A pesar de los esfuerzos para resolverlo, esta problemática sigue existiendo. A su vez, en los casos que se han abordado, las iniciativas se han orientado a incorporar habilidades operacionales más que aptitudes para la innovación. Los ejemplos más notorios incluyen la creación de la Universidad de Ingeniería y Tecnología (UTEC) en 2011, una universidad dedicada a formar ingenieros con alta cualificación y con habilidades de gestión; el Instituto de Educación Superior (TECSUP), fundado en 1984 para dotar a los trabajadores de habilidades técnicas y conocimientos específicos para la industria, como mantenimiento, gestión de riesgo, problemas ambientales, y el Centro Tecnológico Minero (CETEMIN), dedicado también a formar técnicos para la industria. Cerca de 80% de los graduados de TECSUP son empleados por la industria y su personal docente consulta al sector privado con frecuencia a fin de mantener la formación actualizada y adaptada a los requerimientos de la industria.

Así, la falta de capital humano cualificado, sumado a los problemas para acceder al crédito limitan las posibilidades de investigar de los actores privados. La incertidumbre respecto a la posibilidad de comercializar sus innovaciones en el mercado agrava esta situación. La disponibilidad de capital humano idóneo para las actividades internas de innovación es un desafío generalizado. En general, los entrevistados señalan dificultades para encontrar personal con las habilidades que la industria requiere, lo que obliga a las empresas a capacitarlo o a enviarlo al extranjero. A su vez, los responsables políticos tienen la creencia establecida de que la industria minera dispone de suficientes recursos financieros para desarrollar actividades de I+D. Esta idea muestra que se desconocen los roles de los distintos actores de la cadena de valor. En general y a escala global, las mineras grandes y con una capacidad financiera sólida no llevan a cabo actividades de innovación, sino que este aspecto se concentra en los proveedores del sector. En Perú, la falta de recursos financieros en este grupo de empresas —en especial entre las pymes— ha influido en el escaso uso del crédito fiscal para la

<sup>37</sup> El canon minero se basa en los ingresos del gobierno derivados de la minería. En 2018, la mayoría de estos fondos (70%) se destinará a la investigación, el desarrollo y la innovación.

I+D ofrecido por el gobierno.<sup>38</sup> Finalmente, como ya se ha mencionado, los proveedores domésticos tienen una presencia muy limitada en el sector minero de Perú y las multinacionales líderes de la industria consideran que su calidad es insuficiente. Como resultado de los débiles encadenamientos existentes, las empresas locales tienen muy pocas oportunidades de probar soluciones innovadoras en condiciones reales. Estas pruebas son imprescindibles para poder mejorar sus productos y servicios, no solo en términos de calidad, sino también de aplicabilidad. A lo anterior se suma la falta de certezas sobre las posibilidades de comercializar sus innovaciones.

Por último, los mecanismos para promover los vínculos del sector privado con otros agentes son insuficientes. Uno de los problemas principales de los proveedores del sector es la falta de una asociación que las represente y que pueda comunicar sus intereses a otros actores. En general, hay muy pocas vías para que los proveedores domésticos comprendan los desafíos que enfrentan las compañías mineras. Esta asimetría de información dificulta mucho desarrollar innovaciones adecuadas al sector. En 2012, Antamina puso en marcha un Programa de Desarrollo de Proveedores de Excelencia con el objetivo de cerrar esta brecha, pero que ya tocó a su fin.<sup>39</sup> Se diseñó en base al programa que BHP desarrolló en Chile bajo el nombre World Class Supplier, y consistía en mostrar a los proveedores locales los desafíos para que procuraran soluciones innovadoras e identificaran estrategias para resolver los desafíos de alto valor, es decir, problemas operacionales, ineficiencias o anomalías en las operaciones mineras. No obstante, la institucionalización del programa no alcanzó el del programa chileno (recuadro 2), por lo cual continúa siendo un esfuerzo de una firma individual. A pesar de esto, la iniciativa inspiró la creación de una plataforma privada denominada LinkMiners, desarrollada para que las mineras publiquen sus desafíos y los potenciales proveedores puedan licitar sobre ellos. Desde su lanzamiento en 2017 hasta la fecha, la LinkMiners ha dado a conocer 50 desafíos y son 450 los proveedores registrados (Investigación de Campo, 2019).

#### Cuadro 11. Síntesis de los principales desafíos para la innovación

Técnicos	Comerciales	Institucionales
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Escasez de capital humano.</li> <li>• Insuficiente calidad del capital humano.</li> <li>• Universidades demasiado teóricas, sin orientación a la investigación aplicada.</li> <li>• Ausencia de centros de investigación especializados en la industria minera.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Asimetría de información en las oportunidades para la innovación.</li> <li>• Poca coordinación y colaboración entre los actores de la cadena de valor.</li> <li>• Acceso limitado al financiamiento para la innovación.</li> <li>• Falta de personal gerencial con experiencia en innovación.</li> <li>• Naturaleza cíclica de la industria.</li> <li>• Riesgo de la innovación.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nula dirección estratégica por parte del gobierno.</li> <li>• Altos grado de burocracia en los mecanismos de apoyo.</li> <li>• Políticos sin experiencia en instrumentos de innovación.</li> <li>• Protección deficiente de la propiedad intelectual.</li> <li>• Sin coordinación entre los actores de la industria.</li> </ul>

Fuente: Elaboración propia.

38 Para recibir el crédito fiscal para I+D, las compañías deben obtener ganancias y estar contribuyendo con montos considerables en impuestos.

39 Buenaventura, Nexa Resources and Goldfields y la Sociedad Nacional de Minería, Petróleo y Energía pusieron en marcha un nuevo proyecto llamado Mining Innovation Hub a finales de 2019 para apoyar las actividades de innovación, con la meta de acelerar las soluciones que pudieran mejorar la eficiencia productiva de la minería peruana (Hub Innovación Minera del Perú, 2019).

Puede observarse claramente que los desafíos de coordinación se presentan en todo el ecosistema de innovación para la industria minera. Por un lado, las universidades no suelen estar adaptadas al sector privado, ni el gobierno se coordina con las compañías y las instituciones educativas. A pesar de los esfuerzos para superar estas dificultades (por ejemplo, la hoja de ruta tecnológica de PRODUCE), a la fecha existe muy poca evidencia de su éxito. Como resultado, el ecosistema de innovación de la industria minera se mantiene fragmentado, con múltiples actores trabajando separadamente y desarrollado sus propias intervenciones de forma aislada. En última instancia, esto significa que la creación de valor en Perú a través de la innovación en la industria minera del cobre sigue estando muy limitada.

Con el fin de desarrollar proveedores de la minería fuertes e innovadores, Perú necesita poner énfasis, en primer lugar, en la creación de instituciones sólidas y mecanismos de coordinación (gobernanza) capaces de apoyar el desarrollo del sector. En segundo lugar, deberá asistir y facilitar el ingreso de los proveedores domésticos en la CGV minera. En tercer lugar, será imprescindible incentivar la innovación y el escalamiento de los proveedores locales. A continuación, se presentan una serie de recomendaciones en estas áreas. Paralelamente, se señalan ejemplos de otros países mineros que han logrado resolver estos desafíos.

## 4. RECOMENDACIONES EN MATERIA DE POLÍTICAS

### 4.1 Instituciones sólidas y mecanismos de coordinación

En primera instancia, es fundamental establecer una estrategia contundente y priorizada para la participación futura de Perú en la industria minera. Hasta ahora, las políticas públicas de la minería cuprífera se han concentrado en los problemas ambientales y sociales, y en cambio se ha dedicado muy poca atención a las posibilidades de escalamiento en la CGV de la minería del cobre. También ha sido insuficiente la atención a las formas de apalancamiento del sector minero como motor de la economía. A fin de desarrollar esta visión, el gobierno deberá identificar y conferir poderes al ministerio nacional más adecuado para liderar y coordinar el desarrollo del sector y garantizar, además, que el organismo disponga de capital humano cualificado para gestionar iniciativas de innovación. Actualmente, los abordajes en curso se superponen y requieren la participación de distintos actores, desde las iniciativas del Ministerio de Economía y Finanzas, del Ministerio de Producción (MEF), el Ministerio de la Producción (PRODUCE) y del Ministerio de Energía y Minas (MINEM) hasta el Banco de Desarrollo de América Latina, con su apoyo al Clúster Minero de Arequipa. La dispersión en las iniciativas conduce a resultados ineficientes o desiguales y a una fuerte percepción de incertidumbre entre los inversores.

La creación de un consejo formado por las múltiples partes interesadas, encabezado por la parte líder, y conformado por los principales actores del sector público, privado, educacional y de la sociedad civil debería ejercer de institución dominante para definir las metas hacia el futuro crecimiento de la industria. Este consejo necesitará formalizarse de modo que perdure más allá de los ciclos políticos, a fin de garantizar un planteamiento a largo plazo de la estrategia sectorial que permita alcanzar las metas explícitas.

#### Recuadro 4. Alta Ley: una visión de futuro de la minería chilena

El Programa Nacional de Minería Alta Ley (en adelante, el Programa) promueve una minería innovadora, con el objetivo de mejorar la competitividad y productividad del sector. A la vez, el Programa trabaja a fin de crear las condiciones necesarias para el desarrollo un ecosistema de I+D con capacidades y conocimiento local.

El Programa se creó como resultado del documento Minería y Desarrollo Sostenible de Chile: Hacia una Visión Compartida, elaborado en octubre de 2015 por el antiguo presidente chileno Ricardo Lagos y un grupo de expertos. El propósito del documento fue reunir a todos los actores de la industria y crear consensos para trabajar colectivamente para favorecer una mayor calidad en la industria.

Los objetivos centrales del Programa son aumentar la productividad, promover la innovación, mejorar la seguridad, proteger el medio ambiente, desarrollar proveedores domésticos e incrementar las exportaciones de productos y servicios asociados a la minería. Para alcanzar estas metas, varios actores del sector chileno aunaron esfuerzos, entre ellos las compañías mineras y sus proveedores, la academia, los centros de I+D y el propio Estado chileno. El trabajo colectivo condujo a la elaboración de una hoja de ruta tecnológica con metas para el año 2035. El proceso para formular los objetivos recorrió cuatro fases: crear y validar la visión, identificar los desafíos tecnológicos y priorizar los desafíos centrales, organizar talleres para elaborar la hoja de ruta y validarla. Las metas específicas se indican a continuación.

#### Situación de referencia en 2015 y objetivos para 2035

	Situación de referencia	Objetivos para 2035
	En promedio, 5,5 millones de toneladas métricas de cobre producidas durante la última década.	En promedio, 7,5 millones de toneladas métricas de cobre producidas anualmente en los próximos 20 años.
	40% de producción en primeros cuartiles de costos de la industria en el ámbito global.	80% de producción en primeros cuartiles de costos de la industria en el ámbito global.
	65 empresas proveedoras de primera categoría.	250 empresas proveedoras de primera categoría.
	US\$ 537 millones en exportaciones de bienes y servicios relacionados con la minería.	US\$ 4.000 millones en exportaciones de bienes y servicios relacionados con la minería.

Fuentes: Corporación Nacional Alta Ley (s.f.; 2014) y Fundación Chile (2015).

Al mismo tiempo, se deberá apoyar la formación de una asociación industrial que represente a los proveedores de la minería (en el recuadro 5 se describe la asociación industrial australiana). Estas empresas carecen aún de una figura que las represente adecuadamente ante el ámbito político del país, lo que dificulta el trabajo colectivo para identificar las principales barreras a su participa-

ción en la industria y la innovación. Un órgano colectivo facilitará las iniciativas de las mineras para trabajar junto a los proveedores locales y creará una plataforma de colaboración potencial entre proveedores para que logren mayor escala. Finalmente, la asociación serviría para canalizar las distintas iniciativas para la internacionalización. La Comisión de Promoción del Perú (PromPerú), por ejemplo, podría trabajar con la asociación industrial para promocionar sus capacidades en mercados regionales y globales.

#### **Recuadro 5.** Asociación Industrial de equipamiento, tecnología y servicios de la minería (Austmine)

Austmine es una de las más antiguas asociaciones industriales de proveedores mineros, que representa a más de 500 miembros. Se estableció hace 30 años y ha contribuido a elevar el perfil de las empresas de equipamiento, tecnología y servicios de la minería (METS por sus siglas en inglés) de Australia, tanto en el mercado local como en el internacional. Sus principales iniciativas incluyen las encuestas anuales para medir las dimensiones de la industria y su impacto económico, la representación de proveedores australianos en ferias comerciales internacionales, la organización de misiones comerciales en las principales ubicaciones mineras y la representación del sector ante el gobierno. Estas iniciativas han conducido a la priorización del sector METS entre los primeros cinco sectores de mayor crecimiento, así como a crear un centro público-privado (Industry Growth Center) orientado exclusivamente a mejorar la capacidad innovadora de Australia en el sector. Para 2019, el sector METS australiano había exportado más de US\$ 10.100 millones en bienes y servicios a todos los rincones del mundo y había invertido US\$ 2.700 millones en I+D. En Chile, existen dos organizaciones industriales de proveedores: Asociación de Proveedores Industriales de la Minería (APRIMIN) y Minnovex. La primera representa a grandes proveedores —con frecuencia extranjeros— en el segmento de bienes de capital. Por su parte, Minnovex agrupa proveedores locales con un alto grado de innovación. En Canadá, los proveedores domésticos están representados por MSTA o SAMSSA, y esta última se dedica exclusivamente a los mercados de exportación.

Fuentes: APRIMIN (2019); Austmine (2019); Minnovex (2019); MSTA Canada (2019) y SAMSSA (2020).

## **4.2 Acceso de proveedores locales a la CGV**

Para mejorar las capacidades organizacionales y técnicas de los proveedores locales, así como para reducir la asimetría de información entre este grupo y las mineras son necesarias políticas. Pese a que la pauta habitual de adquisiciones de las mineras del país dificulta el acceso y la participación de las empresas domésticas, existen oportunidades para las que son técnicamente capaces. Las políticas en este sentido tendrían los efectos que se indican a continuación. En primer lugar, se estimularía la capacitación de los proveedores a través de formaciones específicas en los requerimientos organizacionales y técnicos de las mineras —como certificaciones globales de calidad, salud y seguridad; procesos de adquisiciones; trámites de exportaciones, entre otros—, así como en

temas de gestión empresarial más transversales, por ejemplo, a través de centros de desarrollo de pequeñas empresas.

En la misma línea, un segundo conjunto de iniciativas debería aspirar a reducir las asimetrías de información y garantizar a las compañías domésticas una participación plena y justa. La implementación de legislación de desarrollo sostenible en Perú –que entró en vigor por primera vez en 2003– ha permitido avanzar en la reglamentación del contenido local en los sectores extractivos, al requerir que las compañías mineras se comprometan a priorizar a los proveedores locales. Esta estrategia tiene el potencial de proporcionar información relevante al gobierno sobre las oportunidades de adquisiciones. No obstante, los requerimientos actuales son demasiado genéricos y carecen de obligatoriedad. Además, la complejidad institucional de Perú debilita el análisis y la difusión de este tipo de información entre las partes interesadas. Por tanto, deben adoptarse iniciativas que con capacidad de imponer a las mineras una mayor transparencia de sus necesidades, mejorar la disponibilidad de información sobre las capacidades de los proveedores y crear las oportunidades para vincularlos. Un ejemplo de estas medidas pueden ser plataformas públicas de adquisiciones o de vinculación con proveedores. A fin de apoyar a las compañías mineras en el cumplimiento de sus obligaciones públicas y compromisos internos de responsabilidad social empresarial, las bases de datos de proveedores pueden organizarse en función del grupo étnico, sexo y ubicación geográfica, entre otras características. Por su parte, las herramientas de precualificación también podrían ayudar al gobierno a identificar las principales necesidades de los proveedores a efectos de llevar adelante programas de desarrollo, por ejemplo, la falta de certificaciones). El recuadro 6 detalla cómo Australia facilitó un mercado para los proveedores locales sin implementar requerimientos de contenido local.

#### **Recuadro 6.** Planes de participación en Australia

En 2000, en el marco de la iniciativa *Enhance Project By-Law Scheme*, Australia lanzó los Planes de Participación del país. Estos obligan a las empresas participantes a presentar planes de compras detallados, indicando las potenciales oportunidades para proveedores de bienes y servicios, así como el método mediante el que se los identificará, ya que la difusión de la información se ha de realizar oportunamente. El Gobierno australiano facilita a las empresas solicitantes los modelos para presentar la planificación y el reporte de cumplimiento. Las compañías que presentaron esta información cumplían los requisitos para obtener una reducción arancelaria en los equipamientos importados. En 2013, el Plan de Participación pasó a ser obligatorio para todo proyecto que superara los US\$ 375 millones, pues la liberalización del comercio comenzaba a socavar el incentivo otorgado por la reducción arancelaria.

Paralelamente, la iniciativa Red de Capacidades Industriales, financiada por el gobierno, ofrece a los proveedores la posibilidad de cumplir los requerimientos de las empresas contratantes. Esta red asiste a las compañías de industrias extractivas a identificar sus necesidades de compras y las vincula con potenciales proveedores domésticos. Este servicio es gratuito para los usuarios. La iniciativa, que se inició en 1985, se compone de más de 80.000 proveedores.

Fuente: Department of Industry Innovation (2013).



### 4.3 Incentivar la innovación y el escalamiento

En esta área, la promoción de los proveedores domésticos innovadores requiere un apoyo sustancialmente mayor. Puesto que las mineras no adquieren innovaciones de tipo llave en mano a los proveedores locales pequeños, se deberán crear oportunidades desde cero para que estas informen de sus principales desafíos a los potenciales proveedores. Estos podrán apoyarse en dicho modelo para desarrollar soluciones innovadoras. Linkminers está procurando resolver esta necesidad. Tal modelo podría constituir la base de un programa nacional, similar a lo ocurrido en Chile.

Para desarrollar las capacidades de innovación será imprescindible crear iniciativas en las áreas con capital humano, infraestructura para la I+D y comercialización de la innovación.

En primer lugar, es necesario subsanar la escasez de capital humano cualificado en las áreas que requieren conocimientos especializados en minería. Aunque existen algunas iniciativas en este sentido en la Universidad de Ingeniería y Tecnología (UTEC) y en el Instituto de Educación Superior (Tecsup), pueden generarse recursos adicionales, por ejemplo, becas para estudiar en el extranjero en las áreas relevantes. Los programas de grado en Escuela de Minas de la Universidad de Colorado y en la Universidad de Queensland son alternativas para un desarrollo adecuado de las habilidades científicas, tecnológicas, de ingeniería y matemáticas (STEM por sus siglas en inglés). Asimismo, estos centros ofrecen oportunidades laborales en centros de investigación aplicada.

En segundo lugar, debe darse un impulso significativo a la infraestructura para la I+D especializada en la minería cuprífera. Los proveedores domésticos subrayan que las universidades locales no están adecuadamente preparadas para desarrollar investigación aplicada a la industria, ya que la mayoría de los centros de investigación trabajan desde un enfoque excesivamente teórico. En el mediano y el largo plazo, la formación del personal I+D en universidades extranjeras podría servir para cambiar el énfasis en la teoría a enfoques de investigación aplicada.<sup>40</sup> En el corto a mediano plazo, esto puede subsanarse aplicando un enfoque dual. Primero, a través de la creación de un centro de I+D público-privado en una de las principales regiones mineras, como Arequipa.<sup>41</sup> Dicho centro emplearía a investigadores extranjeros con experiencia y a investigadores locales jóvenes. Segundo, concediendo incentivos a las empresas para fomentar su participación actividades de I+D en alianza con universidades extranjeras. Un ejemplo de este tipo de articulación es Mining3, una organización de investigación especializada en la industria minera cuyo objetivo es desarrollar soluciones que conduzcan a crecimientos incrementales y elevados en la productividad, así como reparar los principales desafíos de la industria minera. A tales efectos, la organización se asocia con miembros de la industria (por términos de 8 años), universidades y proveedores. El programa de investigación se vincula directamente a los desafíos de la minera señalados por las mineras miembro y un plan de transferencia tecnológica garantiza que estas soluciones se implementen en el sector (Mining3, 2019).

En cuanto a la falta de infraestructura para la I+D, debe atenderse la falta de instalaciones de ensayo adecuadas para el testeo a escala de nuevas tecnologías y servicios. En general, las compañías mineras son renuentes a abrir sus minas para ensayar innovaciones y, sin embargo, no contemplan

40 Asimismo, se pueden introducir “facilitadores de investigación” que ayuden a las pymes a vincularse con los centros de investigación adecuados. Esta fue la función de la Agenda Nacional de Innovación y Ciencia de Australia para ayudar a crear vínculos entre las universidades y el sector privado (OCDE, 2017a).

41 El sur de Perú concentra 70% de la producción cuprífera y 50% de los futuros proyectos mineros.

la posibilidad de adquirir tecnologías que se hayan sometido a ensayo previo. Dado que, en Perú, la minería cuprífera está dominada por grandes compañías, las oportunidades para el testeo de soluciones se limitan a las pequeñas operaciones. El gobierno peruano podría participar en la creación de una instalación de ensayo para estas innovaciones, como en el caso de Chile y el proyecto Alta Ley. El Centro Nacional de Pilotaje y Validación Tecnológica para la Minería (M2TC), cofinanciado por la Corporación de Fomento de la Producción (CORFO) junto a cuatro universidades chilenas y Minnovex, la asociación industrial de proveedores mineros. Este centro ofrece a los proveedores la posibilidad de probar sus tecnologías a la misma escala que en el sector minero y presta asesoría experta para ampliar las soluciones y la aplicación de estándares globales. Las tecnologías exitosas reciben certificaciones reconocidas por la industria (Centro Nacional de Pilotaje de Tecnologías para la Minería, 2019). En el lapso de 12 meses de operación, se ensayaron 50 prototipos.

En tercer lugar, los proveedores locales deben tener capacidad de comercializar sus innovaciones, lo que requiere alternativas para el financiamiento de la I+D, métodos de protección de la propiedad intelectual y gestión de proyectos de innovación. El financiamiento de la I+D incluye los incentivos fiscales para la I+D y el canon minero, entre otros. Si bien es necesario aumentar el grado de sensibilización y conocimiento sobre estos incentivos, y quizás reestructurar la forma de distribución del canon, los esfuerzos se deberán centrar en informar adecuadamente a actores privados y públicos de las distintas oportunidades alternativas, desde las aceleradoras (como UP Emprende) a los fondos ángeles y de capital de riesgo. Asimismo, se deberá elevar el perfil de los proveedores mineros entre los operadores del capital de riesgo (Expande Minería, 2019). Igualmente, se necesitan capacitaciones en protección y titularidad de la propiedad intelectual en el sector minero. Sin perjuicio de que distintos actores ofrezcan cursos de registro de patentes, las mineras de la región tienen reputación de no respetar las patentes, al tiempo que las empresas no están bien posicionadas para defenderse ante una violación de patentes. Uno de los sectores en el que los proveedores locales tienen un papel importante es el de los servicios, en el que el desarrollo de patentes es irrelevante. En estas actividades, las ventajas en términos de propiedad intelectual se pueden mantener a través de la innovación constante e incremental y la ubicación preferida. Por último, debido a que la innovación y la I+D son relativamente recientes en Perú, se constata la escasez de gerentes cualificados en temas de innovación y con experiencia en I+D en la industria. Visto que muchas empresas podrían ser muy pequeñas para un cargo tan específico (gerente de innovación), se deberían desarrollar formaciones específicas para los mandos intermedios.

**Cuadro 12.** Selección de recomendaciones en materia de políticas

Institucionales	Participación (acceso a la CGV)	Innovación y escalamiento
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desarrollar una estrategia nacional a largo plazo para el sector de la minería cuprífera.</li> <li>• Identificar un organismo líder en el ámbito nacional.</li> <li>• Apoyar el desarrollo de una asociación industrial de proveedores.</li> <li>• Establecer un consejo compuesto por múltiples partes interesadas para apoyar los planes a largo plazo; incluir a la agencia de promoción de exportaciones (PromPerú) para una mayor coordinación de las iniciativas de internacionalización de las empresas innovadoras.</li> <li>• Fortalecer los conocimientos de los políticos en el diseño, desarrollo y gestión de las políticas de innovación.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Intensificar las iniciativas de apoyo a los proveedores de servicios mineros.</li> <li>• Desarrollar instrumentos para fortalecer las capacidades de los proveedores: <ul style="list-style-type: none"> <li>– Capacidades empresariales y organizacionales.</li> <li>– Cumplimiento de estándares globales</li> </ul> </li> <li>• Trámites de registro y licitación en proyectos mineros.</li> <li>• Facilitar la armonización de los requerimientos de acceso a las minas, evitando duplicar los esfuerzos.</li> <li>• Brindar asistencia para la obtención de certificaciones.</li> <li>• Reducir la asimetría de información entre compradores y proveedores domésticos: <ul style="list-style-type: none"> <li>– Exigir requerimientos de transparencia respecto a las oportunidades de adquisiciones.</li> <li>– Apoyar el desarrollo de un portal en línea para relacionar a proveedores y compradores.</li> <li>– Impulsar foros de emparejamiento de mineras y proveedores.</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Establecer y fortalecer los mecanismos de apoyo a la innovación impulsada por la demanda (por ejemplo, portales, eventos, estudios).</li> <li>• Aumentar la disponibilidad de capital humano en las áreas esenciales a través de becas de estudio en el extranjero.</li> <li>• Apoyar una estrategia a corto plazo para que los proveedores domésticos se asocien con universidades extranjeras para la I+D, hasta que las universidades locales desarrollen las capacidades necesarias.</li> <li>• Crear un centro de I+D exclusivamente orientado a la investigación aplicada para la industria de la minería cuprífera</li> <li>• Apoyar el establecimiento de una instalación de ensayo.</li> <li>• Aumentar la sensibilización sobre los créditos de I+D y reducir los requerimientos burocráticos para solicitarlos.</li> <li>• Fortalecer las capacidades para comercializar la innovación a través de programas de formación en el financiamiento de la innovación, la protección de la propiedad intelectual y la gestión de programas de innovación.</li> </ul>

*Fuente:* Elaboración propia.

# 5.

## APÉNDICE



### 5.1 Metodología

El presente documento de investigación sigue la metodología de las cadenas globales de valor (CGV) desarrollada por el Duke Global Value Chain Center. Para elaborarlo se ha utilizado un enfoque mixto que combina métodos cuantitativos y cualitativos, así como fuentes primarias y secundarias. Con objeto de comprender las dinámicas globales de la industria y cómo estas afectan a los patrones de adquisiciones en el sector minero de Perú, se han analizado las múltiples fuentes bibliográficas académicas y comerciales, además de literatura gris sobre la participación del sector privado en la industria. Se revisaron informes anuales de distintos años de las 12 principales compañías mineras, así como las webs de compañías mineras y empresas proveedoras, los informes de sostenibilidad y las bases de datos del sector privado (por ejemplo, Orbis), además de publicaciones relevantes para la industria, entre otras el *Libro mundial de datos sobre el cobre*, *Mining.com*, *Mining Global* y *Global Mining Review*.

El posicionamiento de los países en la CGV cuprífera se determinó mediante múltiples indicadores, entre ellos las reservas, la producción, y las importaciones y exportaciones de distintos productos cupríferos. Los datos de las reservas y la producción se obtuvieron de la Encuesta del Servicio Geológico de los Estados Unidos; los de producción y capacidad se complementaron con información del *Libro mundial de datos sobre el cobre (World Copper Fact Book)* publicado por el Grupo Internacional de Estudios sobre el Cobre;<sup>42</sup> las estadísticas de comercio exterior se descargaron de las bases de datos de la División de Estadística de las Naciones Unidas (UN Comtrade).

Entre marzo y mayo de 2019 se realizaron más de 20 entrevistas semiestructuradas de una hora de duración a los siguientes actores: compañías mineras en Perú, proveedores mineros peruanos, ex-

<sup>42</sup> El Grupo de Estudios Internacionales del Cobre (ICSG por sus siglas en inglés) se formó en 1992. Con objeto de promover la cooperación internacional en temas relativos al cobre, se optimizó la información disponible de la economía cuprífera internacional. Asimismo, se lanzó un foro de consultas intergubernamentales.

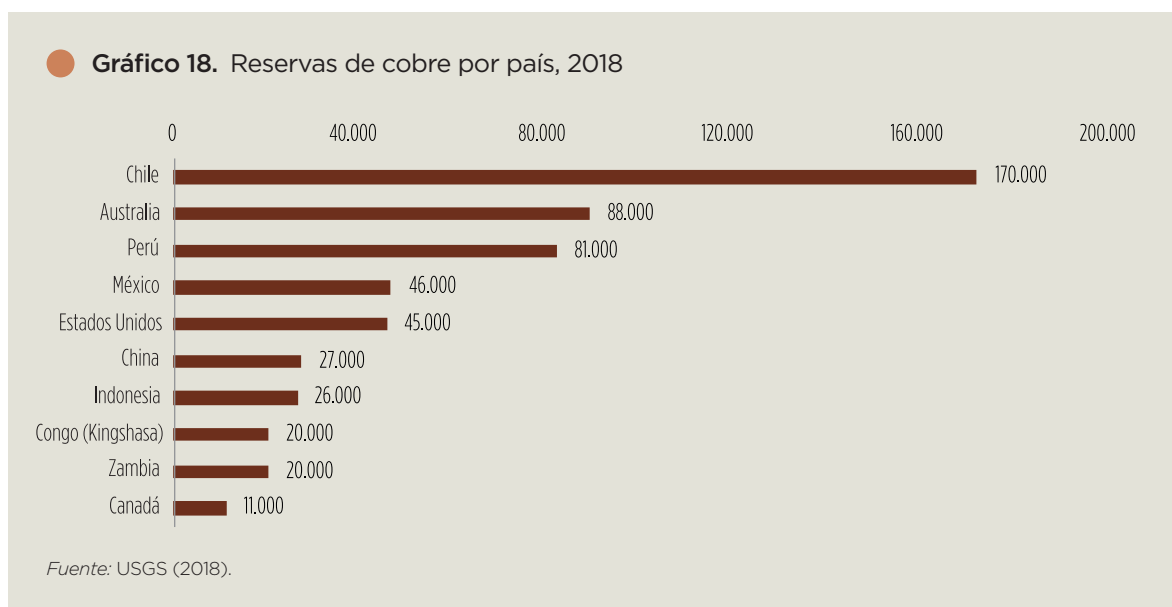
peritos de la minería en Perú y Chile, autoridades gubernamentales (en ejercicio de funciones y anteriores a la actual administración) e instituciones educativas. La información obtenida se complementó con datos de cerca de 20 entrevistas semiestructuradas desarrolladas entre 2015 y 2018 a grupos de actores similares, incluidas las principales asociaciones industriales del segmento metalmecánico. En todas las entrevistas (tanto las realizadas en 2019 como antes) se siguió la misma estructura para permitir la comparabilidad. Los entrevistados de empresas proveedoras se seleccionaron a fin de abarcar la más amplia gama de proveedores posible, comprendiendo bienes y servicios. El primer diseño de la base de datos de actores privados se elaboró en base a experiencias anteriores del equipo de investigación en el sector. A esta base de datos inicial se sumó otra proporcionada por la oficina de Perú del Banco Interamericano de Desarrollo y los resultados de la técnica bola de nieve, que permitió identificar a nuevos entrevistados a través de las aportaciones de proveedores y sus iguales. Asimismo, se analizó la base de datos de proyectos financiados por Innóvate Perú. Las palabras clave “minería” o “cobre” devolvieron 14 proyectos finalizados y 10 en curso.

## 5.2 Bases de datos utilizadas

- **Bolsa de Metales de Londres:** Evolución del precio de los cátodos del cobre.
- **Base de datos Comtrade de la División de Estadística de las Naciones Unidas:** Estadísticas de comercio internacional utilizadas para identificar el posicionamiento del país en la cadena global de valor cuprífera. Los códigos analizados incluyen: SH 2002, 260300, minerales del cobre y sus concentrados; SH-2002, 7402, cobre sin refinar, ánodos de cobre para refinado electrolítico; sh-2002, 7403, cobre refinado.
- **Libro mundial de datos sobre el cobre 2018 del Grupo Internacional de Estudios sobre el Cobre:** Indicadores de capacidad de producción por país, principales minas, fundidoras y refinerías.
- **Encuesta del Servicio Geológico de los Estados Unidos 2018:** Indicadores de reservas cupríferas globales, extracción y refinación.
- **Matrices nacionales de insumo-producto:** Identificación de adquisiciones operacionales por año y categorización de los bienes y servicios proporcionados a la industria desde:
  - Australia (2016).
  - Estados Unidos (2012).
  - Chile (2013, 2016).
  - Perú (2017).
- **Anuario Minero de Perú:** Estadísticas detalladas de la minería peruana (2010 a 2018). Los indicadores incluyen la producción, las exportaciones y la inversión por etapa de la cadena de valor.
- **Datos aduaneros de la Superintendencia Nacional de Aduanas y Administración Tributaria (SUNAT) (2012, 2017):** Importaciones y exportaciones de exportadoras de cobre. Valores, volumen, destino y origen, SH2 a seis dígitos.
- **Instituto de Estadística de la UNESCO:** Indicadores de ciencia y tecnología (gasto en I+D).
- **Índice Mundial de Innovación Global de la Organización Mundial de la Propiedad Intelectual:** Los indicadores consultados fueron las solicitudes de patentes y la colaboración con universidades y para la investigación.

- **Datos de libre acceso del Banco Mundial:** El indicador consultado fueron las publicaciones científicas y de tecnología.
- **Índice internacional de derechos de propiedad.**
- **Índice de competitividad global del Foro Económico Mundial.**

### 5.3. Cuadros y gráficos



**Cuadro 13.** Comparación entre contratos de ingeniería, adquisiciones y construcción (EPC) y de ingeniería, adquisiciones y gestión de la construcción (EPCM)

	EPC	EPCM
Responsabilidad	Responsabilidad total del contratista.	Titular responsable en múltiples puntos.
Riesgo	Riesgo asumido por el contratista.	Riesgo asumido por el titular.
Plazo	Plazo fijado para la finalización.	Sin plazo determinado.
Precio	Contrato con precio fijo.	Calendario de tasas y pagos extra.
Adquisiciones	Adquisiciones responsabilidad del contratista.	Cliente con un equipo de gestión de proyectos propio.
Calidad o garantía de rendimiento	Desempeño de la instalación completa garantizado por el contratista.	Desempeño de la instalación completa no garantizado por el contratista.
Participación del titular	Control ejercido por el contratista.	Control ejercido por el titular.
Servicio o trabajo defectuoso	Defectos rectificados por el contratista.	Defectos rectificados por el titular con asistencia del contratista.

Fuente: Sarcich y Moore (2014).

**Cuadro 14.** Principales exportadores de minerales de cobre y sus concentrados, por valor, 2005-2017

	Valor exportado (millones de US\$)							Participación en las exportaciones (%)						
	2005	2007	2009	2011	2013	2015	2017	2005	2007	2009	2011	2013	2015	2017
Mundial	14.609	30.823	23.396	48.164	49.832	43.744	54.639	100	100	100	100	100	100	100
Chile	7.642	14.683	9.866	14.534	16.651	12.999	17.404	52	48	42	30	33	30	32
Perú	1.410	4.614	3.921	7.797	7.601	6.600	11.999	10	15	17	16	15	15	22
Australia	1.950	3.226	2.976	5.616	4.969	3.659	3.669	13	10	13	12	10	8	7
Indonesia	-	-	-	4.700	3.007	3.277	3.440	-	-	-	10	6	7	6
Canadá	910	1.450	1.211	3.283	2.886	3.001	2.749	6	5	5	7	6	7	5
Brasil	304	1.032	803	1.573	1.826	1.984	2.485	2	3	3	3	4	5	5
España	-	-	-	1.395	1.422	1.131	2.087	-	-	-	3	3	3	4
México	-	-	289	1.171	1.486	1.159	1.891	-	-	1	2	3	3	3
Estados Unidos	363	1.052	985	2.308	2.601	3.083	1.715	2	3	4	5	5	7	3
Mongolia	326	811	-	-	-	2.280	1.613	2	3	-	-	-	5	3
Argentina	762	1.358	1.126	1.442	-	-	-	5	4	5	3	-	-	-
Filipinas	-	-	-	-	968	-	-	-	-	-	-	2	-	-
Portugal	291	599	384	-	-	-	-	2	2	2	-	-	-	-
Turquía	-	335	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-
Bulgaria	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sudáfrica	116	-	309	-	-	-	-	1	-	1	-	-	-	-

Fuente: UN Comtrade (2019).

Nota: SH-2002, 260300, minerales de cobre y sus concentrados. Todos los exportadores. Fecha de descarga: 23/05/2019.

**Cuadro 15.** Principales exportadores de ánodos de cobre de cobre fundido, sin refinar, por valor, 2005-2017

	Valor exportado (millones de US\$)							Participación en las exportaciones (%)						
	2005	2007	2009	2011	2013	2015	2017	2005	2007	2009	2011	2013	2015	2017
Mundial	3.385	6.326	4.209	6.341	5.914	4.730	9.075	23	21	18	13	12	11	17
Zambia	-	152	-	-	-	643	3.623	-	0	-	-	-	1	7
Chile	1.311	3.077	1.986	3.101	3.545	2.140	2.406	9	10	8	6	7	5	4
Bulgaria	690	1.039	446	864	1.028	761	1.089	5	3	2	2	2	2	2
Filipinas	-	-	-	-	-	-	316	-	-	-	-	-	-	1
Eslovaquia	-	-	145	443	148	219	296	-	-	1	1	0,3	1	1
Namibia	88	142	214	342	-	113	275	1	0,5	1	1	-	0	1
España	241	227	176	296	248	229	241	2	0,7	1	1	0,5	1	0,4
Bélgica	-	73	-	383	295	113	168	-	0	-	1	1	0,3	0,3
Sudáfrica	-	-	-	-	-	150	139	-	-	-	-	-	0,3	0,3
Finlandia	130	87	208	210	184	-	124	1	0,3	1	0,4	0,4	-	0,2
Alemania	-	-	-	-	68	-	-	-	-	-	0,0	0,1	-	-
México	102	258	104	-	-	-	-	1	1	0,4	-	-	-	-
Armenia	43	-	60	115	90	66	-	0	-	0,3	0,2	0,2	0,1	-
Estados Unidos	93	80	99	98	67	48	-	1	0,3	0,4	0,2	0,1	0,1	
Perú	203	175	127	121	51	-	-	1	1	1	0,3	0,1	-	

Fuente: UN Comtrade (2019).

Nota: SH-2002, 7402, cobre sin refinar, ánodos de cobre para refinado electrolítico. Todos los exportadores. Fecha de descarga: 23/05/2019.



**Cuadro 16.** Principales exportadores de cobre refinado de todas las categorías, por valor, 2005-2017

	Valor exportado (millones de US\$)							Participación en las exportaciones (%)						
	2005	2007	2009	2011	2013	2015	2017	2005	2007	2009	2011	2013	2015	2017
Mundial	24.768	51.134	42.263	73.286	64.900	48.233	51.995	100	100	100	100	100	100	100
Chile	10.679	20.569	17.244	26.134	18.849	14.173	14.754	43	40	41	36	29	29	28
Rusia	1.051	1.881	2.493	-	1.620	3.085	3.646	4	4	6	-	2	6	7
Japón	1.005	3.307	3.107	4.073	4.359	3.232	3.230	4	6	7	6	7	7	6
India	596	1.659	1.048	2.141	2.354	1.936	2.460	2	3	2	3	4	4	5
Zambia	633	2.105	2.250	6.174	6.607	4.446	2.448	3	4	5	8	10	9	5
Australia	1.179	2.172	1.612	3.337	2.975	2.479	2.179	5	4	4	5	5	5	4
China	-	-	-	-	2.264	-	2.055	-	-	-	-	3	-	4
Perú	1.747	2.398	1.862	2.755	2.112	1.506	1.776	7	5	4	4	3	3	3
Polonia	1.148	1.753	1.697	2.923	2.561	1.670	1.575	5	3	4	4	4	3	3
Rep. de Corea	-	-	-	-	-	1.665	1.499	-	-	-	-	-	3	3
Canadá	899	2.090	1.033	-	-	1.351	-	4	4	2	-	-	3	-
Bulgaria	-	-	-	1.840	-	-	-	-	-	-	3	-	-	-
Filipinas	-	1.294	-	-	-	-	-	-	3	-	-	-	-	-
Indonesia	-	-	-	2.544	-	-	-	-	-	-	3	-	-	-
Alemania	641	-	1.022	1.837	1.811	-	-	3	-	2	3	3	-	-

Fuente: UN Comtrade (2019).

Nota: SH-2002, 7403, Cobre refinado. Todos los exportadores. Fecha de descarga: 23/05/2019.

**Cuadro 17.** Principales importadores de minerales de cobre y sus concentrados, por valor, 2005-2017

	Valor importado (millones de US\$)							Participación en las importaciones (%)						
	2005	2007	2009	2011	2013	2015	2017	2005	2007	2009	2011	2013	2015	2017
Mundo	15.683	36.955	30.435	52.860	56.496	45.271	57.534	100	100	100	100	100	100	100
China	3.721	8.833	8.479	15.339	19.509	18.781	26.897	24	24	28	29	35	41	47
Japón	4.819	10.861	8.230	11.513	10.646	7.818	7.970	31	29	27	22	19	17	14
India	812	4.369	3.021	5.284	7.443	4.094	3.903	5	12	10	10	13	9	7
Rep. de Corea	1.734	3.347	3.294	5.634	3.938	3.501	3.580	11	9	11	11	7	8	6
España	800	1.609	1.250	3.668	3.077	2.594	3.117	5	4	4	7	5	6	5
Alemania	1.003	2.438	1.671	3.104	2.383	2.081	2.224	6	7	5	6	4	5	4
Filipinas	-	-	910	-	1.128	-	1.761	-	-	3	-	2	-	3
Bulgaria	514	1.001	719	1.772	1.951	1.338	1.682	3	3	2	3	3	3	3
Brasil	461	1.056	683	1.117	1.058	973	851	3	3	2	2	2	2	1
Zambia	-	-	-	-	1.389	-	843	-	-	-	-	2	-	1
Finlandia	442	772	434	976	-	643	-	3	2	1	2	-	1	-
Suecia	351	784	506	830	-	466	-	2	2	2	2	-	1	-

Fuente: UN Comtrade (2019).

Nota: SH-2002, 260300, minerales de cobre y sus concentrados. Todos los importadores. Fecha de descarga: 23/05/2019.

**Cuadro 18.** Principales importadores de ánodos de cobre, por valor, 2005-2017

	Valor importado (millones de US\$)							Participación en las importaciones (%)						
	2005	2007	2009	2011	2013	2015	2017	2005	2007	2009	2011	2013	2015	2017
Mundial	3.324	7.623	4.967	9.488	9.353	7.222	10.287	100	100	100	100	100	100	100
China	463	1.222	1.202	3.762	4.563	2.969	4.889	14	16	24	40	49	41	48
Bélgica	882	1.598	1.123	2.100	1.570	1.385	1.650	27	21	23	22	17	19	16
India	-	-	-	115	124	482	880	-	-	-	1	1	7	9
Alemania	150	247	292	710	960	388	716	5%	3	6	7	10	5	7

(continúa en la página siguiente)

**Cuadro 18.** Principales importadores de ánodos de cobre, por valor, 2005-2017 (*continuación*)

	Valor importado (millones de US\$)							Participación en las importaciones (%)						
	2005	2007	2009	2011	2013	2015	2017	2005	2007	2009	2011	2013	2015	2017
Canadá	526	637	359	153	398	389	619	16%	8	7	2	4	5	6
República de Corea	158	792	232	605	534	378	489	5%	10	5	6	6	5	5
Austria	68	184	133	387	157	216	296	2%	2	3	4	2	3	3
Namibia	-	-	-	-	-	131	232	-	-	-	-	-	2	2
Japón	11	179	125	-	-	-	183	0%	2	3	-	-	-	2
Polonia	15	198	252	229	129	103	103	0%	3	5	2	1	1	1
Suecia	75	-	-	-	77	-	-	2%	-	-	-	1	-	-
España	-	-	-	120	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-
Países Bajos	37	-	-	-	-	-	-	1%	-	-	-	-	-	-
Estados Unidos	420	1.122	389	-	-	-	-	13%	15	8	v	-	-	-
Australia	-	161	357	488	582	306	-	-	2	7	5	6	4	-

Fuente: UN Comtrade (2019).

Nota: SH-2002, 7402, cobre sin refinar, ánodos de cobre para refinado electrolítico. Todos los importadores. Descargado el 23 de mayo de 2019.

**Cuadro 19.** Principales importadores de cobre refinado (todas las categorías), por valor, 2005-2017

	Valor importado (millones de US\$)							Participación en las importaciones (%)						
	2005	2007	2009	2011	2013	2015	2017	2005	2007	2009	2011	2013	2015	2017
Mundial	27.021	55.407	43.095	75.367	68.615	55.200	57.190	100	100	100	100	100	100	100
China	4.483	10.705	15.921	25.194	23.965	20.936	20.629	17	19	37	33	35	38	36
Estados Unidos	3.471	5.944	3.053	5.938	5.565	3.912	5.115	13	11	7	8	8	7	9
Alemania	2.559	6.326	3.481	6.498	5.412	3.922	4.110	9	11	8	9	8	7	7
Italia	2.432	5.568	2.799	5.641	4.283	3.644	4.022	9	10	6	7	6	7	7

(continúa en la página siguiente)

**Cuadro 19.** Principales importadores de cobre refinado (todas las categorías), por valor, 2005-2017  
(continuación)

	Valor importado (millones de US\$)							Participación en las importaciones (%)						
	2005	2007	2009	2011	2013	2015	2017	2005	2007	2009	2011	2013	2015	2017
Otros, Asia	2.332	4.529	2.560	4.228	3.313	2.779	3.610	9	8	6	6	5	5	6
Turquía	883	2.139	1.491	3.126	2.730	2.208	2.438	3	4	3	4	4	4	4
Malasia	679	1.530	1.077	2.037	3.932	2.027	2.148	3	3	2	3	6	4	4
República de Corea	1.573	3.142	2.566	3.234	2.241	2.230	2.020	6	6	6	4	3	4	4
Estados Unidos	11	31	360	1.492	3.079	1.333	1.826	0	0	1	2	4	2	3
Vietnam	200	640	496	797	752	950	1.451	1	1	1	1	1	2	3
Francia	1.910	3.161	1.316	2.037	1.751	1.147	1.289	7	6	3	3	3	2	2
Brasil	621	1.630	1.038	2.066	1.824	1.078	1.156	2	3	2	3	3	2	2

Fuente: UN Comtrade (2019).

Nota: SH-2002, 7403, cobre refinado. Todos los importadores. Fecha de descarga: 23/05/2019.

**Cuadro 20.** Distribución de la producción mundial de cobre refinado, por país, 2017

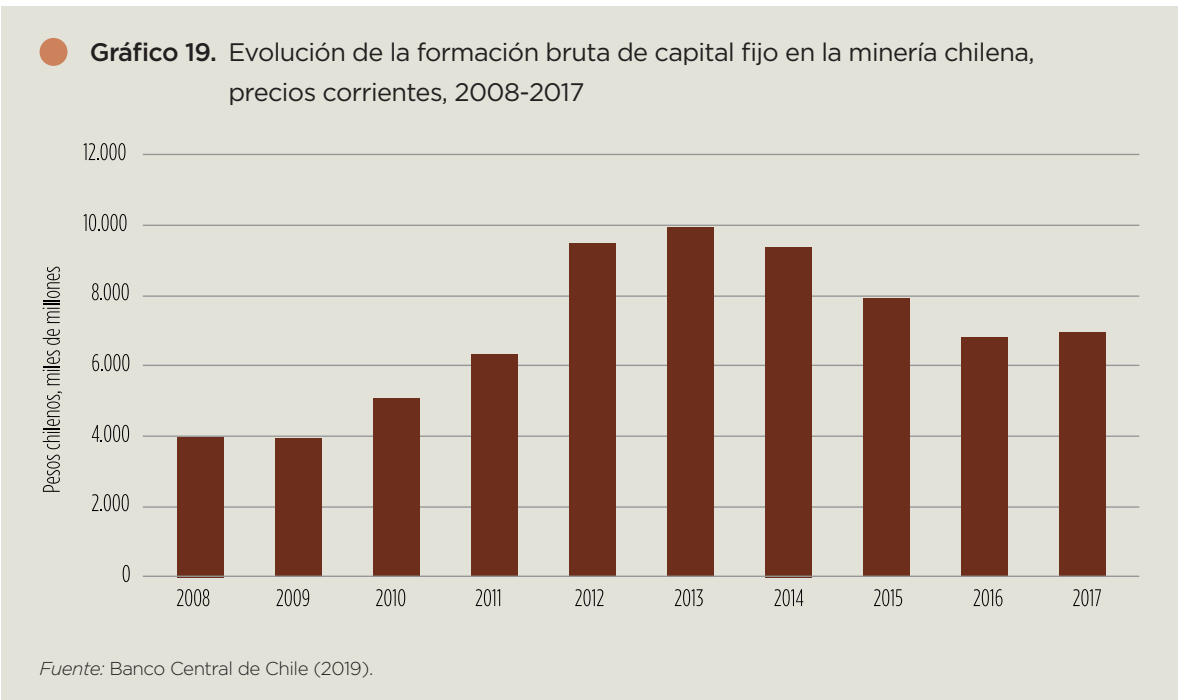
País	Cuota en la producción de cobre refinado (%)
China	37,8
Chile	10,4
Japón	6,3
Estados Unidos	4,6
Rusia	3,9
India	3,5
República Democrática del Congo	3
Alemania	3
República de Corea	2,9
Polonia	2,2
México	2,1
Zambia	2

(continúa en la página siguiente)

**Cuadro 20.** Distribución de la producción mundial de cobre refinado, por país, 2017 *(continuación)*

País	Cuota en la producción de cobre refinado (%)
España	1,8
Bélgica	1,7
Australia	1,7
Kazajistán	1,4
Perú	1,4
Canadá	1,4
Otros países	9

Fuentes: ICSG (2018); Natural Resources Canada (2019).



## 6. BIBLIOGRAFÍA

- Aduanas-SUNAT (Superintendencia Nacional de Aduanas y de Administración Tributaria). 2017. *Data Aduanas (exportaciones e importaciones)*. Lima: Aduanas-SUNAT.
- AEPME (Asociación de Empresas Privadas Metalmeccánicas del Perú). (2019). *Asociados*. Lima: AEPME.
- Anglo American. 2018. Picture this: The waterless mine. Londres: Anglo American. Disponible en: <https://www.angloamerican.com/futuresmart/our-industry/technology/picture-this-the-waterless-mine>.
- , 2019. *Futuresmart Mining*. Londres: Anglo American. Disponible en: <https://www.angloamerican.com/~media/Files/A/Anglo-American-PLC-V2/presentations/2019pres/baml-smart-mine-conference-presentation.pdf>.
- Antamina. 2017. *Sustainability Report 2016*. San Marcos, Perú: Antamina.
- , 2018. *Cobre peruano de clase mundial: Reporte de sostenibilidad 2018*. San Marcos, Perú: Antamina. Obtenido de <https://www.antamina.com/wp-content/uploads/2019/09/reporte-sostenibilidad-antamina-2018.pdf>.
- APRIMIN (Asociación de Proveedores Industriales de la Minería). 2019). Nuestra Asociación. Santiago de Chile: APRIMIN. Disponible en: <http://aprimin.cl/site/corporativo/nuestra-asociacion/>.
- Aurus Capital. 2019. Portfolio. Santiago de Chile: Aurus. Disponible en: <https://www.aurus.cl/>.
- Austmine. 2019. Championing the Australian METS sector to be the best in the world. Woolloomooloo NSW: Austmine. Disponible en: <http://www.austmine.com.au/About>.
- Australian Bureau of Statistics. 2016. Supply Use Table. Canberra: Australian Bureau of Statistics. Disponible en: <https://www.abs.gov.au/AUSSTATS/abs@.nsf/DetailsPage/5217.02016-17?OpenDocument>.
- Australian Government. 2019. *Australian Industry Capabilities: Mining, Oil and Gas*. Canberra: Australian Government. Disponible en: <https://www.austrade.gov.au/International/Buy/Australian-industry-capabilities/Mining>.

- Bamber, P., K. Fernández-Stark, K., & Gereffi, G. 2016. *Peru in the Mining Equipment Global Value Chain: Opportunities for Upgrading*. Durham, NC: Duke University. Disponible en: <https://gvcc.duke.edu/cggclisting/peru-in-the-mining-equipment-global-value-chain-opportunities-for-upgrading/>.
- Banchile Inversiones. 2016. *Chile 2016 Mining Report*. Santiago de Chile: International Investor.
- Banco Central de Chile. 2019a. *Base de datos estadísticos*. Santiago de Chile: Banco Central de Chile. Disponible en: <https://si3.bcentral.cl/Siete/secure/cuadros/home.aspx>.
- , 2019b. *Cuentas Nacionales 2013-2018: Matrices de Oferta-Producción 2016*. Santiago de Chile: Banco Central de Chile. Disponible en: [https://si3.bcentral.cl/estadisticas/Principal1/Informes/anuarioCCNN/index\\_anuario\\_CCNN\\_2018.html?chapterIdx=-1&curSubCat=-1](https://si3.bcentral.cl/estadisticas/Principal1/Informes/anuarioCCNN/index_anuario_CCNN_2018.html?chapterIdx=-1&curSubCat=-1).
- Banco Mundial. 2019a. *Gasto en Investigación y Desarrollo (% de PBI)*. Washington, D.C.: Banco Mundial. Disponible en: [https://data.worldbank.org/indicator/GB.XPD.RSDV.GD.ZS?name\\_desc=false](https://data.worldbank.org/indicator/GB.XPD.RSDV.GD.ZS?name_desc=false).
- , 2019b. *Open Data*. Washington, D.C.: Banco Mundial. Disponible en: <https://data.worldbank.org/>.
- Barr, G., J. Defreyne, D. Jones y R. Mean. 2005. *On-site Processing vs. Sale of Copper Concentrates*. Perth: CESL.
- Batterham, R. 2004. Has minerals industrial technology peaked? In E. Dowling y J. Marsden, *Improving and Optimizing Operations: Things That Actually Work!* (pp. 93-127). Colorado: Society for Mining Metallurgy.
- BBVA Research. 2019. *Peru. Situation of the Mining Sector*. Lima: BBVA Research. Disponible en: [https://www.bbvaresearch.com/wp-content/uploads/2019/03/Peru\\_MiningSector.pdf](https://www.bbvaresearch.com/wp-content/uploads/2019/03/Peru_MiningSector.pdf).
- BEA (Bureau of Economic Analysis). 2012. *Supply Use Framework, 2012*. Suitland, MD: BEA.
- Belapatiño, V. y H. Perea. 2018. *Perú: Innovación Una Agenda Pendiente*. Lima: BBVA Research.
- BHP. 2018. *Annual Report*. Melbourne: BHP. Disponible en: <https://www.bhp.com/-/media/documents/investors/annual-reports/2018/bhpannualreport2018.pdf>.
- BID (Banco Interamericano de Desarrollo). 2018. *Directorio de Proveedores Mineros Peruanos*. Lima: BID.
- Brahm, F. y J. Tarziján. 2015. Does complexity and prior interactions affect project procurement? Evidence from mining mega-projects. *International Journal of Project Management*, 33(8): 1851-1862. Disponible en: <https://repositorio.uc.cl/handle/11534/39828>.
- British Council. 2016. *The Reform of the Peruvian University System: Internationalisation, Progress, Challenges and Opportunities*. Lima: British Council. Disponible en: [https://www.britishcouncil.pe/sites/default/files/the\\_reform\\_of\\_the\\_peruvian\\_university\\_system\\_interactive\\_version\\_23\\_02\\_2017\\_fg.pdf](https://www.britishcouncil.pe/sites/default/files/the_reform_of_the_peruvian_university_system_interactive_version_23_02_2017_fg.pdf).
- Bryant, P. 2015. *The Case for Innovation in the Mining Industry*. Chicago, IL: Clareo. Disponible en: [http://www.ceecthefuture.org/wp-content/uploads/2016/01/Clareo\\_Case-for-Innovation-in-Mining\\_20150910\\_lo.pdf](http://www.ceecthefuture.org/wp-content/uploads/2016/01/Clareo_Case-for-Innovation-in-Mining_20150910_lo.pdf).
- CARMAR. 2018. *Famesa explosivos es la empresa con más patentes de innovación en el Perú*. La Paz: CARMAR. Disponible en: <http://www.carmarltada.com/noticias/famesa-explosivos-la-empresa-mas-patentes-innovacion-peru/>.
- Caterpillar. 2019. *Let's do the work: 2018 Annual Report*. Stockton, CA: Caterpillar. Disponible en: <https://s7d2.scene7.com/is/content/Caterpillar/CM20200428-e9342-3fb40>.

- , s.f. *Caterpillar Ventures Portfolio*. Stockton, CA: Caterpillar. Disponible en: <https://www.caterpillar.com/en/company/innovation/caterpillar-ventures/portfolio.html>.
- CNP (Centro Nacional de Pilotaje de Tecnologías para la Minería). 2019. Información de la página web. Santiago de Chile: CNP. Disponible en: <https://pilotaje.cl>.
- Cochilco (Comisión Chilena del Cobre). 2016. *Copper-Mining Critical Supplies Market Analysis*. Santiago de Chile: Cochilco.
- , 2017. Precio del Cobre Refinado, Nominal y Real. Santiago de Chile: Cochilco. Disponible en: [https://www.cochilco.cl/Precio%20Metales/1.3\\_Cobre\\_Nominal-Real\\_anual\\_BML-CO-MEX\\_1935-2016.xlsx](https://www.cochilco.cl/Precio%20Metales/1.3_Cobre_Nominal-Real_anual_BML-CO-MEX_1935-2016.xlsx).
- , 2018. *Investment in the Chilean mining industry: Portfolio of projects, 2018-2027*. Santiago de Chile: Cochilco. Disponible en: [https://www.cochilco.cl/Research/Project%20portfolio%202018%20-%202027%20\(final\)%20\(ENG%20version\).pdf](https://www.cochilco.cl/Research/Project%20portfolio%202018%20-%202027%20(final)%20(ENG%20version).pdf).
- Codelco (Corporación Nacional del Cobre). 2016. Categorías de empresas proveedoras. Santiago de Chile: Codelco. Disponible en: [https://www.codelco.com/prontus\\_codelco/site/artic/20160630/imag/foto\\_0000000320160630114556.png](https://www.codelco.com/prontus_codelco/site/artic/20160630/imag/foto_0000000320160630114556.png).
- , 2017. *Companies: Subsidiaries and Associates*. Santiago de Chile: Codelco. Disponible en: <https://www.codelco.com/memoria2016/en/pdf/mem2016codelco-companies.pdf>.
- Comisión Nacional de Productividad. 2017. *Productivity in the Chilean Copper Mining Industry*. Santiago de Chile: Comisión Nacional de Productividad. Disponible en: <https://www.comisiondeproductividad.cl/wp-content/uploads/2018/08/Productivity-in-the-Chilean-Copper-Industry.pdf>.
- CONCYTEC (Consejo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica). 2017. *I Censo Nacional de Investigación y Desarrollo a Centros de Investigación 2016*. Lima: CONCYTEC. Disponible en: <http://portal.concytec.gob.pe/index.php/publicaciones/censo-nacional-id>.
- , 2019. *¿Quiénes somos?* Lima: CONCYTEC. Disponible en: <https://portal.concytec.gob.pe/index.php/concytec/quienes-somos>.
- Copper Development Association. 2018. *Copper is Among the Best Conductors of Electricity and Heat*. Hemel Hempstead: Copper Development Association. Disponible en: <https://copperalliance.org.uk/about-copper/applications/energy-and-renewables/>.
- Corporación Nacional Alta Ley. 2014. *Minería y Desarrollo Sostenible de Chile. Hacia una Visión Compartida*. Santiago de Chile: Corporación Nacional Alta Ley. Disponible en: <https://corporacionaltaley.cl/publicaciones/mineria-y-desarrollo-sostenible-de-chile-hacia-una-vision-compartida/>.
- , 2017. *Proveedores de la Minería Chilena: Reporte de Exportaciones*. Santiago de Chile: Corporación Nacional Alta Ley. Disponible en: <https://corporacionaltaley.cl/wp-content/uploads/2019/09/Reporte-Exportaciones-2012-2016-VD.pdf>.
- , s.f. *Quiénes Somos*. Santiago de Chile: Corporación Nacional Alta Ley. Disponible en: <https://corporacionaltaley.cl/quienes-somos/>.
- Daly, A., G. Valachi y J. Raffo. 2019. *Mining Patent Data: Measuring Innovation in the Mining Industry with Patents*. Ginebra: WIPO.
- De Marchi, V., E. Giuliani, E. y R. Rabellotti. 2018. Do Global Value Chains Offer Developing Countries Learning and Innovation Opportunities? *European Journal of Development Research*, 30(3): 389-407.
- Defensoría del Pueblo. 2018. *Reporte Mensual de Conflictos Sociales N.º 176*. Lima: Defensoría del Pueblo.



- Deloitte. 2018. Tracking the Trends 2018. Disponible en: <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/us/Documents/energy-resources/us-er-ttt-report-2018.pdf>.
- Department of Industry Innovation. 2013. Strengthening Australian Industry Participation. Sidney: Department of Industry Innovation.
- Douglas, R. 2016. EPC or EPCM Contracts. Ausenco. Disponible en: <https://www.ausenco.com/en/epc-epcm-whitepaper>.
- Dresher, W. 2001. How Hydrometallurgy and the SX/EW Process Made Copper the “Green” Metal. Hemel Hempstead: Copper Development Association. Disponible en: <https://www.copper.org/publications/newsletters/innovations/2001/08/hydrometallurgy.html>.
- Drzik, J. 2019. Infrastructure Around the World is Failing. Ginebra: FEM. Disponible en: <https://www.weforum.org/agenda/2019/01/infrastructure-around-the-world-failing-heres-how-to-make-it-more-resilient/>.
- Esteves, A., B. Coyne y A. Moreno. 2013. Local Content Initiatives: Enhancing the Subnational Benefits of the Oil, Gas and Mining Sectors. Nueva York, NY: Natural Resource Governance Institute. Disponible en: [https://resourcegovernance.org/sites/default/files/Sub\\_Enhance\\_Benefits\\_20151125.pdf](https://resourcegovernance.org/sites/default/files/Sub_Enhance_Benefits_20151125.pdf).
- Expande Minería. 2019. *Open innovation in mining*. Santiago de Chile: Expande Minería. Disponible en: <https://expandemineria.cl/wp-content/uploads/2019/02/OpenInnovation-OK-1-1.pdf>.
- EY. 2018. *Peru's Mining & Metals Investment Guide 2019/2020*. Lima: EY.
- Fernandez-Stark, K., P. Bamber y G. Gereffi. 2010. Engineering Services in the Americas. Durham, NC: Duke University. Disponible en: [http://www.cggc.duke.edu/pdfs/CGGC-IDB\\_CORFO\\_Engineering\\_Services\\_in\\_the\\_Americas\\_July\\_1\\_2010.pdf](http://www.cggc.duke.edu/pdfs/CGGC-IDB_CORFO_Engineering_Services_in_the_Americas_July_1_2010.pdf).
- Fernandez-Stark, K., V. Cuoto y P. Bamber. 2019. The Mine of the Future and the Role of Women: The Case of Chile. East Sussex: International Women in Mining.
- Fessehaie, J. y M. Morris. 2013. Value Chain Dynamics of Chinese Copper Mining in Zambia: Enclave or Linkage Development? *The European Journal of Development Research*, 25: 537-556. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1057/ejdr.2013.21>.
- Field Research. (2019). Peru Field Research Copper Mining Industry. Lima: Field Research.
- Fluor. 2019. Global Procurement and Supply Chain Contribute to Clients' Project Success. Irving, TX: Fluor. Disponible en: <https://www.fluor.com/services/procurement>.
- Frederick, S., P. Bamber, G. Gereffi y J. Cho. 2018. The Digital Economy, Global Value Chains and Asia. Durham, NC: Duke University. Disponible en: <https://gvcc.duke.edu/cggclisting/the-digital-economy-global-value-chains-and-asia/>.
- Fundación Chile. 2015. *From Copper to Innovation: Mining Technology Roadmap 2035*. Santiago de Chile: Fundación Chile. Disponible en: [https://corporacionaltaley.cl/wp-content/uploads/2019/09/Roadmap\\_ingles\\_completo.pdf](https://corporacionaltaley.cl/wp-content/uploads/2019/09/Roadmap_ingles_completo.pdf).
- , 2019. Chile Global Ventures. Santiago de Chile: Fundación Chile. Disponible en: <https://chileglobalventures.cl/>.
- Gestión. 2017. Southern Copper planea invertir cerca de US\$ 1,200 millones en el 2017. *Revista Gestión*, 4 de mayo. Disponible en: <https://gestion.pe/economia/empresas/southern-copper-planea-invertir-cerca-us-1-200-millones-2017-134356-noticia/>.
- , 2018. MEF conforma mesa ejecutiva para mejorar productividad del sector minero energético. *Revista Gestión*, 4 de octubre. Disponible en: <https://gestion.pe/economia/mef-conforma-mesa-ejecutiva-mejorar-productividad-sector-minero-energetico-nndc-246129-noticia/>.

- , 2019. BID Plantea que se Brinde Crédito Fiscal a Empresas para Impulsar Innovación en Perú. *Revista Gestión*, 8 de febrero. Disponible en: <https://gestion.pe/economia/bid-plantea-brinde-credito-fiscal-empresas-impulsar-innovacion-258156-noticia/?ref=gesr>.
- Hub Innovación Minera del Perú. 2019. Consulta de la página web. Disponible en: <http://www.hubinnovacionminera.pe>.
- Hudbay. 2017. *Positioned for Growth: 2017 Annual and CSR Report*. Toronto, ON: Hudbay. Disponible en: [https://s23.q4cdn.com/405985100/files/doc\\_financials/html/2017/en/index.html](https://s23.q4cdn.com/405985100/files/doc_financials/html/2017/en/index.html).
- ICSG (Grupo de Estudios Internacionales del Cobre). 2018. *The World Copper Factbook 2018*. Lisboa: ICSG. Disponible en: <https://www.icsg.org/index.php/component/jdownloads/finish/170/2876>.
- INEI (Instituto Nacional de Estadística e Informática). 2017a. Matriz Oferta-Utilización: Año 2017. Lima: INEI.
- , 2017b. Perú: Encuesta Nacional de Innovación en la Industria Manufacturera 2015. Lima: INEI.
- Investigación de Campo. 2019. *Investigación de Campo en la Industria Minera del Cobre Peruana*. Lima: Investigación de Campo.
- IQMining. 2015. Mining Procurement: 3 Trends You Need to Know. IQMining, Smart Cloud Mining Service. Disponible en: <https://www.miningglobal.com/operations/mining-procurement-3-trends-you-need-know>.
- IRENA (Agencia Internacional de Energías Renovables). (2018). *Global Energy Transformation: A Roadmap to 2050*. Abu Dabi: IRENA.
- ITP (Instituto Tecnológico de la Producción). (2019). Bienvenidos al CITE. Retrieved from <https://www.itp.gob.pe/nuestros-cite/>
- Jamasmie, C. (2017). *BHP to step up copper exploration, expansions to meet electric vehicles sector's rising demand*. Retrieved from <https://www.mining.com/bhp-step-copper-exploration-expansions-meet-electric-vehicles-sectors-rising-demand/>
- JX Nippon Mining & Metals. 2019. Corporate Profile. Tokio: JX Nippon Mining & Metals. Disponible en: <https://www.nmm.jx-group.co.jp/english/company/>.
- , s.f. Development of Technology for Mineral Resources. Tokio: JX Nippon Mining & Metals. Disponible en: <https://www.nmm.jx-group.co.jp/english/industry/technology/resource.html>.
- Katz, J. y C. Pietrobelli. 2018. Natural Resource-Based Growth, Global Value Chains and Domestic Capabilities in the Mining Industry. *Resources Policy*, 58: 11-20. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0301420717304828>.
- Lampadia. 2017. *Revisión de la Situación Actual de la Red de Centros de Innovación Tecnológicos (CITE) en Perú*. Lima: Lampadia. Disponible en: [https://www.lampadia.com/assets/uploads\\_documentos/Ob63c-resumen-ejecutivo-informe-onudi-.pdf](https://www.lampadia.com/assets/uploads_documentos/Ob63c-resumen-ejecutivo-informe-onudi-.pdf).
- Leonida, C. 2019. Mining Without Water. *The Intelligent Miner Newsletter*, 9 de mayo. Disponible en: <https://theintelligentminer.com/2019/05/09/mining-without-water/>.
- Lewis, B. 2018. BHP Sees Major Copper Demand Boost from China's Widening Belt and Road. *Mining.com*, 4 de octubre. Disponible en: <http://www.mining.com/web/bhp-sees-major-copper-demand-boost-chinas-widening-belt-road/>.
- Lundvall, B. Å. 2007. National Innovation Systems: Analytical Concept and Development Tool. *Industry and Innovation*, 14(1): 95-119. Disponible en: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/13662710601130863>.

- Millan Lombrana, L. y J. Quigley. 2018. Peru's Mining Investment Boom Leaves Political Woes Behind. *Bloomberg*, 1 de octubre. Disponible en: <https://www.bloomberg.com/news/articles/2018-10-01/peru-s-mining-investment-boom-leaves-political-turmoil-behind>.
- Mills, R. 2015. China Copper Con. *Kitco News*, 6 de marzo. Disponible en: <https://www.kitco.com/ind/Mills/2015-03-06-China-Copper-Con.html>.
- MINEM (Ministerio de Energía y Minería). 2018. *Anuario Minero Perú 2018*. Lima: MINEM.
- , 2019. *Anuario Minero Perú 2019*. Lima: MINEM.
- Mining3. 2019. Consulta de la página web. Queensland: Mining3. Disponible en: <https://www.mining3.com>.
- Minnovex. 2019. ¿Quiénes somos? Santiago de Chile: Minnovex. Disponible en: <https://minnovex.cl/minnovex/>.
- Miozzo, M., P. Desyllas, H. F. Lee e I. Miles. 2016. Innovation Collaboration and Appropriability by Knowledge-intensive Business Services Firms. *Research Policy*, 45(7): 1337-1351. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048733316300415>.
- Mitsubishi Corporation. 2019. Our Business. Tokio: Mitsubishi Corporation. Disponible en: <https://www.mitsubishicorp.com/jp/en/bg/group.html>
- Molina, O. 2019. Sector minero en el Perú: competitividad e innovación. Lima: Universidad del Pacífico.
- Monitor Deloitte. 2016. Business Ecosystems in Exploration. Disponible en: [https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/co/Documents/energy-resources/Business\\_Ecosystems\\_in\\_Exploration\\_Report\\_EN%20-%20Final.pdf](https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/co/Documents/energy-resources/Business_Ecosystems_in_Exploration_Report_EN%20-%20Final.pdf).
- , 2017. Innovation in Mining Latin America 2017. Disponible en: <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/global/Documents/Energy-and-Resources/latin-america-innovation-in-mining.pdf>.
- MSTA Canada. 2019. What we do. Mississauga, ON: MSTa Canada. Disponible en: <https://mstacanada.ca/about-us/what-we-do>.
- Natural Resources Canada. 2019. Natural Resources Canada. Ottawa: Gobierno de Canadá. Disponible en: <https://www.nrcan.gc.ca/home>.
- OCDE (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos). 2015. Addressing Information Gaps on Prices of Mineral Products. París: OCDE. Disponible en: <https://www.oecd.org/tax/tax-global/case-study-mineral-product-sales.pdf>.
- , 2017a. Boosting R&D Outcomes in Australia. París: OCDE. Disponible en: <https://doi.org/10.1787/93d19106-en>.
- , 2017b. Local Content Policies in Minerals-exporting Countries, Case Studies. París: OCDE. Disponible en: [http://www.oecd.org/officialdocuments/publicdisplaydocumentpdf/?cote=TAD/TC/WP\(2016\)3/PART2/FINAL&docLanguage=En](http://www.oecd.org/officialdocuments/publicdisplaydocumentpdf/?cote=TAD/TC/WP(2016)3/PART2/FINAL&docLanguage=En).
- , s.f. The Mining Global Value Chain and the Impact of Embodied Services. París: OCDE. Documento inédito.
- Outotec. 2019. Copper Market and TC/RCS. Disponible en: <https://www.outotec.com/company/newsletters/smeltering-newsletter/smeltering-newsletter-2-2018/copper-market-and-tc-rcs/>.
- Oyeyinka, B. y P. Gehl Sampath. 2007. Latecomer Development. Londres: Routledge.
- Pietrobelli, C., A. Marin y J. Olivari. 2018. Innovation in Mining Value Chains: New Evidence from Latin America. *Resources Policy*, 58: 1-10. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2018.05.010>.

- Pricewaterhouse. 2018. *The Global Innovation 1000: Top Spenders on R&D 2017*. Londres: PwC.
- Property Rights Alliance. 2019. Countries. Washington, D.C.: Property Rights Alliance. Disponible en: <http://www.internationalpropertyrightsindex.org/countries>.
- Ramdo, I. y A. Cosbey. 2019. Local Content Policies in the Mining Sector: Scaling Up Local Procurement March 2019. Winnipeg: IISD. Disponible en: <https://www.iisd.org/library/local-content-policies-mining>.
- Ritchie, H. y M. Roser. 2018. Urbanization. *Our World in Data*. Disponible en: <https://ourworldindata.org/urbanization>.
- S&P Global Market Intelligence. 2018. World Exploration Trends. Nueva York, NY: S&P Global. Disponible en: <https://mineralsmakelife.org/wp-content/uploads/2018/03/World-Exploration-Trends-Report-2018.pdf>.
- SAMSSA (Sudbury Area Mining Supply & Service Association). 2020. SAMSSA and the future of mining. Disponible en: <https://www.canadianminingjournal.com/featured-article/samssa-and-the-future-of-mining/>.
- Sarcich, H. y T. Moore. 2014. *EPC -v- EPCM*. Contract & Procurement Optimisation 501. Disponible en: <https://www.slideshare.net/helensuni/epc-v-epcm-contracting-a-comparison>.
- Schipper, B., H. Lin, M. Meloni, K. Wansleeben, R. Heijungs y E. der Voet. 2018. Estimating Global Copper Demand until 2100 with Regression and Stock Dynamics. *Resources, Conservation and Recycling*, 132: 28-36. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2018.01.004>.
- Scott-Kemmis, D. 2011. The Formation of Australian Mining Technology Services and Equipment Suppliers. Sidney: The University of Sydney. Disponible en: <https://www.usc.edu.au/publications/The-formation-of-Australian-mining-technology-services-and-equipment-suppliers>.
- Seclén, J. 2017. Políticas de Ciencia, Tecnología e Innovación en el Perú. Entrevista a Francisco Sagasti. *360: Revista De Ciencias De La Gestión*, 1(2): 133-137. Disponible en: <https://doi.org/10.18800/360gestion.201702.008>.
- Semana Económica. (2017). Resemin y el Boom de la Innovación bajo Tierra. Entrevista publicada en You Tube. Disponible en: <https://www.youtube.com/watch?v=ShidyVyc2QA>.
- Sleight, C. 2015. The Yellow Table: Equipment Top 50. *International Construction*. Wadhurst, Reino Unido: KHL Group.
- Smith, K. 2005. Measuring Innovation. In J. Fagerberg, D. Mowery y R. Nelson, *The Oxford Handbook of Innovation* (pp. 148-177). Oxford, Reino Unido: Oxford University Press. Disponible en: <https://www.oxfordhandbooks.com/view/10.1093/oxfordhb/9780199286805.001.0001/oxfordhb-9780199286805-e-6>.
- Vizcarra Valencia, H. 2018. Cobre Panamá: Case Study: First Quantum Minerals. San Isidro, Perú: Stracon-GyM. Disponible en: <https://www.slideshare.net/HenryVizcarraValenci1/cobre-panama-project-fqm-stracon>.
- Stubrin, L. 2017. Innovation, Learning and Competence Building in the Mining Industry. The Case of Knowledge Intensive Mining Suppliers (KIMS) in Chile. *Resources Policy*, 54: 167-175.
- Sumitomo Metal Mining Co, LTD. 2019. About Us. Disponible en: <http://www.smm.co.jp/E/>.
- Teck. 2018. Ideas at Work: Improving the Future Through Innovation and Technology. Vancouver: Teck. Disponible en: <https://www.teck.com/media/Tecks-Approach-to-Innovation-and-Technology.pdf>.

- The University of Sydney. s.f. Australian Centre for Field Robotics. Sidney: The University of Sydney. Disponible en: <https://sydney.edu.au/engineering/our-research/robotics-and-intelligent-systems/australian-centre-for-field-robotics.html>.
- Thornton, A. 2019. China is winning the electric vehicle race. Ginebra: FEM. Disponible en: <https://www.weforum.org/agenda/2019/02/china-is-winning-the-electric-vehicle-race/>.
- Tras100d. 2017. Vinculación del Presupuesto Público con la Estrategia Sectorial de Minería al 2030. San Isidro, Perú: Tras100d.
- UN Comtrade. 2019. Imports/Exports Copper Ore & Concentrate (260300), Anodes (7402) and Refined Copper (7403) . All Importers/All Exporters. Ginebra: UN Comtrade.
- UNESCO (Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura). 2019a. Peru. Nueva York, NY: UNESCO. Disponible en: <http://uis.unesco.org/en/country/pe?theme=science-technology-and-innovation>.
- . 2019b. Welcome to UIS.Stat. Nueva York, NY: UNESCO. Disponible en: <http://data.uis.unesco.org/>.
- Universidad de Cornell, INSEAD, OMPI. 2018. The Global Innovation Index 2018: Energizing the World with Innovation. Ithaca, Fontainebleau y Ginebra: Universidad de Cornell, INSEAD, OMPI.
- Universidad del Pacífico. 2019. Centro de Estudios sobre Minería y Sostenibilidad (CEMS). Lima: Universidad del Pacífico. Disponible en: <https://www.up.edu.pe/investigacion-centros/centros-up/centro-de-estudios-sobre-mineria-y-sostenibilidad-cems/Paginas/default.aspx>.
- Upstill, G. y P. Hall. 2006. Innovation in the Minerals Industry: Australia in a Global Context. *Resources Policy*, 31(3): 137-145. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0301420707000025?via%3Dihub>.
- Urzúa, O. 2013. The Emergence and Development of Knowledge Intensive Mining Service Suppliers in the Late 20th Century. Sussex: University of Sussex. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/280776976\\_The\\_emergence\\_and\\_development\\_of\\_knowledge\\_intensive\\_mining\\_service\\_suppliers\\_in\\_the\\_late\\_20th\\_century](https://www.researchgate.net/publication/280776976_The_emergence_and_development_of_knowledge_intensive_mining_service_suppliers_in_the_late_20th_century).
- USGS (Servicio Geológico de los Estados Unidos). 2019a. Mineral Commodity Summaries 2019. Reston, VA: USGS.
- . 2019b. National Minerals Information Center: Copper Statistics and Information. Reston, VA: USGS. Disponible en: <https://www.usgs.gov/centers/nmic/copper-statistics-and-information>.
- Vivoda, V. 2008. *The Return of the Obsolescing Bargain and the Decline of Big Oil*. VDM Saarbrücken: Verlag Dr. Mueller. Disponible en: <file:///C:/Users/User/Downloads/VivodaBook2008.pdf>.
- Yamada, G. y N. Oviedo. 2016. *Educación Superior y Subempleo Profesional: ¿una Creciente Burbuja Mundial?* Lima: Universidad del Pacífico.

