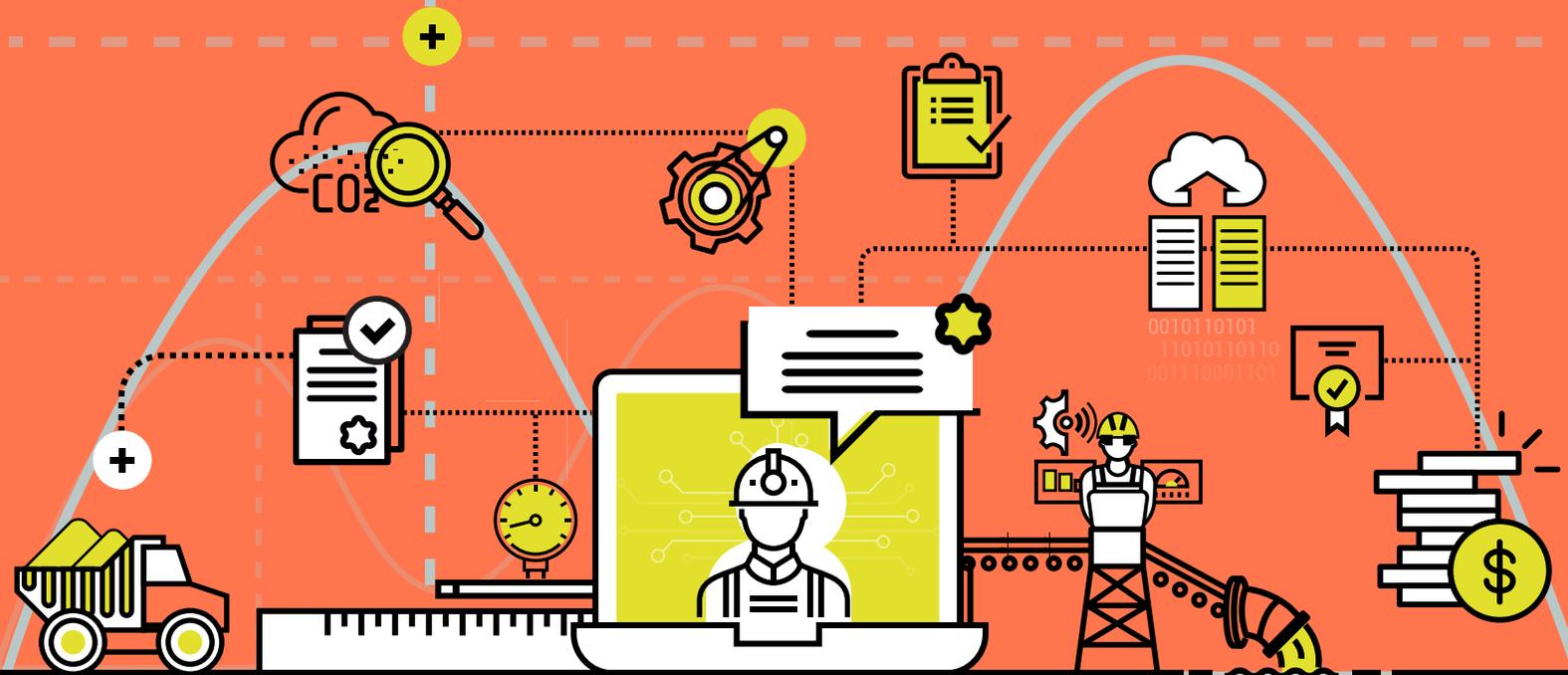


Estado del arte de las estadísticas mineras del uso de agua y energía

en los **países andinos**

Intercambio metodológico
entre Chile y el Perú en el marco
de la **cooperación Sur-Sur**

José Luis Lewinsohn



Gracias por su interés en esta publicación de la CEPAL



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

 www.cepal.org/es/publications

 www.cepal.org/apps

Estado del arte de las estadísticas mineras del uso de agua y energía en los países andinos

Intercambio metodológico entre Chile y el Perú
en el marco de la cooperación Sur-Sur

José Luis Lewinsohn



Este documento fue preparado por José Luis Lewinsohn, funcionario de la Unidad de Recursos Naturales No Renovables de la División de Recursos Naturales de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), en el marco de las actividades del programa Cooperación Regional para una Gestión Sustentable de los Recursos Mineros en los Países Andinos, 2019-2020, que ejecuta la CEPAL en conjunto con el Instituto Federal de Geociencias y Recursos Naturales (BGR) de Alemania. Se agradece la colaboración de la Comisión Chilena del Cobre (COCHILCO) y de la Dirección General de Promoción y Sostenibilidad Minera del Ministerio de Energía y Minas del Perú, instituciones sin las cuales no habría sido posible la realización de este documento. Se agradece también a Rosana Brantes, Camila Montes, Jorge Cantallopis y Cristian Cifuentes, funcionarios de COCHILCO; a Valeria Aguinaga, Jaime Gálvez (actualmente Ministro de Minas del Perú), Luis Augusto Ducassi, Walter Sánchez y Diego Hoyos, funcionarios de la Dirección General de Promoción y Sostenibilidad Minera; a Achim Constantin, Director de Proyecto, y Mauricio León, Jefe de la Unidad de Recursos Naturales No Renovables de la División de Recursos Naturales de la CEPAL.

Las opiniones expresadas en este documento, que no ha sido sometido a revisión editorial, son de exclusiva responsabilidad del autor y pueden no coincidir con las de la Organización.

Publicación de las Naciones Unidas
LC/TS.2020/186
Distribución: L
Copyright © Naciones Unidas, 2020
Todos los derechos reservados
Impreso en Naciones Unidas, Santiago
S.20-00798

Esta publicación debe citarse como: J. L. Lewinsohn, "Estado del arte de las estadísticas mineras del uso de agua y energía en los países andinos: intercambio metodológico entre Chile y el Perú en el marco de la cooperación Sur-Sur", *Documentos de Proyectos* (LC/TS.2020/186), Santiago, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), 2020.

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

Índice

Comité revisor	7
Abreviaturas.....	9
Introducción	11
I. La importancia de los recursos naturales agua y energía en los procesos de extracción minera	19
A. Importancia del agua y la energía para el proceso minero	19
B. Nivel de utilización de agua y energía: un comparativo general de la demanda de distintos minerales de estos insumos para su producción	21
C. Fuentes y disponibilidad del recurso hídrico	26
D. Fuentes y suministro de energía	31
II. Experiencias internacionales de estadísticas en el uso de agua y energía en la minería	33
A. Metodologías internacionales de estadísticas en la actividad minera con énfasis en el uso de agua y energía	33
1. Canadá	33
2. Australia	34
3. Análisis de ciclo de vida	36
4. Sistema de Contabilidad Ambiental y Económica del Agua de las Naciones Unidas	37
5. Sistema de Contabilidad Ambiental y Económica de la Energía de las Naciones Unidas	37
6. Iniciativa de Reporte Global GRI	38
B. Estadísticas de uso de agua y energía en la minería	39
III. Experiencias de los países andinos con énfasis en Chile y Perú en estadísticas en el uso del agua y la energía en la minería	41
A. Caso de Chile: estadísticas de COCHILCO sobre uso de agua y energía en la minería del cobre	41
1. Metodología	42

2.	Fuentes y recolección de información.....	45
3.	Agua: consumo y proyección.....	45
4.	Energía: consumo y proyección. Metodología de las estadísticas e indicadores	49
5.	Gases de efecto invernadero	54
B.	Caso Perú: estado situación y piloto de estadísticas de uso de agua y energía en la minería	55
1.	Metodología.....	56
2.	Fuentes y recolección de información.....	58
3.	Metodología de las estadísticas e indicadores.....	60
4.	Balance energético en minería.....	63
5.	Metodología del consumo eléctrico en minería.....	64
6.	Proyecciones de demanda eléctrica en la minería de Perú	67
IV.	Eficiencia en el uso de los recursos agua y energía en la minería.....	69
A.	Importancia de medir la eficiencia en el uso de agua y energía en la minería.....	69
B.	Definiciones de eficiencia en el uso del agua y la energía en la minería	70
1.	Definición de eficiencia en el uso del agua en la minería	71
2.	Definición de eficiencia en el uso de la energía en minería	72
C.	Eficiencia energética en minería	73
V.	Reflexiones finales y conclusiones.....	75
	Bibliografía	79
	Anexos.....	83
	Anexo 1.....	84
	Anexo 2.....	88
	Anexo 3.....	96
	Cuadros	
Cuadro 1	Metas e indicadores del Objetivo 6 de los ODS.....	14
Cuadro 2	Metas e indicadores del Objetivo 7 de los ODS	16
Cuadro 3	Mundo: extracción de agua para producción de distintos minerales y metales, 2006 a 2009	21
Cuadro 4	Canadá: extracción, consumo y retorno anual de agua por sector económico	22
Cuadro 5	Australia, uso de agua física por tipo: auto extraído, distribuido, aguas residuales, reutilización y flujos de retorno anual de agua por sector económico	23
Cuadro 6	Consumo directo de agua para la obtención de cobre, oro y níquel	24
Cuadro 7	Canadá: energía total usada en minas, fundición y refinerías en la producción de distintos minerales.....	25
Cuadro 8	Australia: uso físico neto detallado de energía en minería	25
Cuadro 9	Fuentes de entrada y extracción de agua definidas en COCHILCO	26
Cuadro 10	Australia: definiciones de fuentes de agua y descarga del MCA.....	28
Cuadro 11	Canadá: definiciones de fuentes de extracciones de agua	29
Cuadro 12	Escenarios de materialización de proyectos.....	48
Cuadro 13	Coefficientes de conversión de unidades físicas de combustibles a energía	49
Cuadro 14	Cálculo de la potencia requerida en la desalación e impulsión de agua	53
Cuadro 15	Factores de emisión y fracción de carbono oxidado	55
Cuadro 16	Consumo de agua por Autoridad Administrativa del Agua (AAA) en el 2018, en el subsector minero.....	61
Cuadro 17	Fuente de abastecimiento de agua de la Cartera de Proyectos de Construcción de Minas.....	61

Cuadro 18	Proyectos de la Cartera de Construcción según su fuente de abastecimiento de recursos hídricos, 2019.....	62
Cuadro 19	Consumo mensual promedio de las 17 unidades mineras peruanas más representativas, en el 2019	66
Cuadro 20	Demanda eléctrica futura de los proyectos de la Cartera de Construcción de Minas	67
Gráficos		
Gráfico 1	Escenarios de consumo de agua en la minería del cobre, período 2018-2030.....	49
Gráfico 2	Consumo total anual de energía en minería del cobre, período 2001-2018	51
Gráfico 3	Escenarios de consumo eléctrico nacional de la minería del cobre, 2019-2030.....	53
Gráfico 4	Participación de fuentes de energía en el consumo final del subsector minero, 2018.....	64
Recuadros		
Recuadro 1	Uso de energías renovables (ER) en la minería del cobre en Chile.....	17
Recuadro 2	Información a declarar en el ESTAMIN	57
Recuadro 3	Información a declarar en la DAC	57
Recuadro 4	Eficiencia energética y la gran minería del cobre en Chile, 2020	73
Diagramas		
Diagrama 1	Esquema de la solicitud de datos mediante la encuesta EMPAE	43
Diagrama 2	Procesos productivos de la minería del cobre.....	43
Diagrama 3	Ciclo del agua en operaciones mineras.....	44
Diagrama 4	Tipo de energía utilizada en minería del cobre	44
Diagrama 5	Información del titular minero en el Perú	59
Diagrama 6	Agentes del mercado eléctrico.....	64

Comité revisor

Jorge Cantallopt, Director de la Dirección de Estudios y Políticas Públicas de COCHILCO

Luis Augusto Ducassi, Director General de la Dirección de Promoción y Sostenibilidad Minera del MINEM

Walter Sanchez, Director de Promoción Minera del MINEM

Achim Constantin, Director del Proyecto MINSUS-BGR

Mauricio Leon, Jefe de Unidad de la División de Recursos Naturales de CEPAL

Rosana Brantes, Analista Senior COCHILCO

Camila Montes, Analista Senior COCHILCO

Valeria Aguinaga, Analista Senior DGPSM del MINEM

Diego Hoyos, Analista Senior DGPSM del MINEM

Cristian Cifuentes, Coordinador de la Dirección de Estudios y Políticas Públicas de COCHILCO

Abreviaturas

MINSUS	Programa "Cooperación Regional para la Gestión Sustentable de los Recursos Mineros en los Países Andinos" (GIZ/BGR/CEPAL)
BGR	Instituto Federal de Geociencias y Recursos Naturales (Alemania)
BMZ	Ministerio Federal de Cooperación Económica y Desarrollo (Alemania)
GIZ	Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (Alemania)
MINEM	Ministerio de Energía y Minas del Perú
COCHILCO	Comisión Chilena del Cobre
DGPSM	Dirección General de Promoción y Sostenibilidad Minera del MINEM
EMPAE	Encuesta Minera de Producción, Agua y Energía de COCHILCO
DGEE	Dirección General de Eficiencia Energética del MINEM
COES-SIEN	Comité de Operación Económica del Sistema Eléctrico Interconectado Nacional
DGE	Dirección General de Electricidad del MINEM
SEN	Sistema Eléctrico Nacional de Chile
IPCC	Panel Internacional del Cambio Climático
ANA	Autoridad Nacional del Agua de Perú
DGA	Dirección General de Agua de Chile
ESTAMIN	Declaración Estadística Mensual Minera de Perú
DAC	Declaración Anual Consolidada de Perú
GEI	Gases de Efecto Invernadero

Introducción

En el marco del programa MINSUS, ejecutado por la GIZ y BGR en conjunto con la CEPAL, durante el año 2016, la BGR realizó un trabajo técnico que consistió en levantar casos de buenas prácticas en la pequeña y mediana minería del oro en Perú, donde se elaboraron una serie de procesos sistemáticos que iniciaron con auditorías del uso del agua y la energía en los procesos de la explotación minera y de las plantas de beneficio. Luego, sobre la base de los hallazgos de las auditorías, se hicieron una serie de propuestas en conjunto con otras acciones llevadas a cabo por estos productores, cuyos resultados mostraron un uso más eficiente de agua y la energía en procesos específicos en las operaciones y plantas de beneficio en Perú (Lewinsohn y Salgado, 2017).

En paralelo, la CEPAL llevó a cabo un trabajo con COCHILCO y CODELCO, en donde esta última facilitó casos relevantes de mejoramiento en la eficiencia del uso del agua y energía en explotaciones de gran envergadura de la minería del cobre. Así, se pudo rescatar la evolución histórica del avance técnico, tecnológico y el mejoramiento de procesos en la reutilización del agua desde el caso de estudio de buenas prácticas del tranque Talabre del distrito norte de CODELCO, que actualmente conjuga una mirada más holística, con alta integración tecnológica entre los equipos, los procesos y la *big data analytic*.

En el estudio de Lewinsohn y Salgado (2017), se publicaron los casos de estudio mencionados, como también, se identificaron las acciones que se llevaron a cabo durante el año 2014 en Chile entre las empresas mineras, el Ministerio de Minería y el Ministerio de Energía del país, en donde acordaron realizar auditorías en el uso de la energía en las empresas de la gran minería y a partir de esa información, cada empresa propuso programas de eficiencia energética en distintos procesos mineros. Los resultados y las metas propuestas fueron parte de las metas nacionales que el país presentó el año 2015 en el acuerdo de París sobre el cambio climático.

Uno de los hallazgos del estudio de Lewinsohn y Salgado (2017), fue la falta de actualización de las estadísticas en Perú acerca del uso de agua y la energía en la minería. Respecto al uso del agua, solo se encontró un estudio con datos del año 2006, mientras que para la energía solo ciertos datos como el consumo de energía eléctrica por departamento. Por su parte, en Chile se identificó que se levantan estadísticas del uso del agua y la energía en la minería mediante una iniciativa público-privada entre el Ministerio de Minería, a través de COCHILCO, y las empresas públicas y privadas de la minería del cobre,

iniciado hace más de 30 años¹. Esta situación especial se dio en un contexto en que la institución encargada del agua² en este país no participa en el levantamiento de esta información, y el Ministerio de Energía iniciaba líneas de trabajo de eficiencia energética en procesos mineros.

En Chile, la obtención de los datos del uso de agua y energía en la minería del cobre es llevado a cabo por la Comisión Chilena del Cobre (COCHILCO), adscrita al Ministerio de Minería e independiente en su trabajo técnico y de fiscalización de las empresas estatales de explotación minera. Mediante un convenio público-privado, se relaciona con las distintas empresas mineras las que comparten la información estadística requerida anualmente, mediante encuestas a todas las operaciones mineras de la mediana y gran minería del cobre. La información es pública y se presenta de forma agregada a nivel nacional, el informe es anual e indica las distintas fuentes de agua y energía utilizadas, los procesos de mayor demanda de estos insumos, la reutilización del agua y uso y proyección de la energía. Además, estiman los gases de efecto invernadero, asociados a la actividad sobre la base de la metodología del IPCC³.

A partir de los hallazgos y conclusiones del estudio realizado por la DRNI, el que contó con el apoyo del Ministerio de Energía y Minas del Perú, y de COCHILCO de Chile, se propuso líneas de trabajo entre los gobiernos, que hicieron posible la cooperación sur-sur de estadísticas mineras del agua y la energía, en donde se realizaron talleres para el intercambio metodológico entre Chile y Perú en la ciudad de Lima en Perú durante el mes de mayo del 2019 y otro en Santiago de Chile el mes de marzo de 2020, además, un taller sobre los indicadores de sustentabilidad en la minería en junio de 2019, en conjunto con una serie de reuniones virtuales. Este documento pretende rescatar la cooperación que se llevó a cabo con estos países, las metodologías estadísticas e indicadores utilizados del uso del agua y la energía, como también, complementar con conocimiento existente a nivel mundial, e indagar la posibilidad de implementar estas metodologías en los países andinos, para gestionar de manera más sostenible la actividad minera.

En el primer capítulo se plantean los objetivos y la metodología del documento más una aproximación de la relación de los ODS 6 y 7 con la minería. En el segundo capítulo, se plantea la importancia de los insumos agua y energía en la actividad minera, niveles de utilización de casos internacionales de estos insumos por distintos minerales y las fuentes utilizadas de agua y energía. En el tercer capítulo se analiza las estadísticas disponibles en la minería orientadas al uso de agua y energía a nivel internacional; el cuarto capítulo trata del intercambio metodológico llevado a cabo mediante la cooperación sur-sur y las metodologías de Chile y Perú de las estadísticas mineras del agua y la energía. Finalmente, en el quinto capítulo se presentan nociones de la eficiencia en el uso del agua y la energía en la minería.

A. Objetivos del documento

El objetivo general del estudio es analizar y documentar el estado del arte de la estadística de uso de agua y energía en la minería en los países andinos.

Se plantean como objetivos específicos los siguientes:

- Entender la importancia de los recursos naturales agua y energía en la minería
- Analizar, sistematizar y documentar las experiencias de elaboración de estadísticas de uso de agua y energía en la minería de Chile y Perú

¹ Con energía desde el año 1990 y con agua desde el año 2007

² Esta institución es la dirección general agua (DGA), dependiente del ministerio de obras publicas

³ Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. IPCC, 2006. <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/index.html#corr>

B. Metodología del documento

El informe considera una metodología descriptiva y entrevistas con actores relevantes. Se orienta según cada objetivo específico enunciado. Para el primer objetivo, se llevó a cabo la revisión de la literatura, información de asociaciones internacionales de diferentes minerales (Consejo Mundial del Oro, ICMM, Asociación Internacional del Estaño, entre otras), informes técnicos, estadísticas oficiales de Australia, Canadá, metodologías como el Índice de Reporte Global, Análisis de Ciclo de Vida, Cuentas Ambientales de las Naciones Unidas y otras fuentes de información.

El segundo objetivo se elaboró mediante la revisión de literatura, informes de COCHILCO y su metodología, la sistematización del intercambio entre Chile y Perú que se llevó a cabo con dos talleres, uno en Lima Perú el año 2019 y el otro en Santiago de Chile el año 2020, como parte de las actividades de la cooperación sur-sur.

C. ODS y minería: relación con énfasis en los ODS 6 del agua y el 7 de energía en minería

La agenda 2030 para el desarrollo sostenible y sus 17 objetivos, tuvo su génesis mediante un proceso democrático, de negociación abierta y participativa, congregando a los 193 Estados Miembros de las Naciones Unidas, más la academia, la sociedad civil y el mundo privado, para hacer frente al paradigma del desarrollo dominante y evolucionar hacia un desarrollo sostenible, inclusivo y con visión de largo plazo. Los principios que rigen a los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) es que tienen un carácter **integrado e indivisible**, el de **universalidad** y asegurar que **nadie se quede atrás**. Esta agenda representa una oportunidad sin precedentes para la región, además, sitúa a la igualdad y dignidad de las personas en el centro y convoca al respeto del medio ambiente y al cambio del estilo de desarrollo (Naciones Unidas, 2018).

I. ODS 6 de Agua y su relación con Minería

Actualmente las organizaciones (nacionales e internacionales) relacionadas con la actividad extractiva de minerales reconocen el vital aporte del agua en sus actividades, tanto en las operaciones, como en su entorno ambiental, social y económico⁴. Los objetivos de desarrollo sostenible serían un instrumento que podría colaborar con la gestión y uso eficiente de este recurso, considerando que los impactos asociados a la disponibilidad y uso podrían ser amplios, como por ejemplo afectar la seguridad alimentaria, a los medios de subsistencia o a las oportunidades de educación.

Existen usos múltiples del recurso hídrico como: el consumo humano, la agricultura, la industria, la energía, entre otros. La minería es uno de sus múltiples usuarios, en general tiene una participación menor, sin embargo, los impactos ambientales que podría causar son de alto riesgo, considerando la escala de la explotación, el tipo de mineral y la ubicación geográfica. En la cuadro 1 se muestran las Metas e indicadores del Objetivo 6.

⁴ Instituciones como el Mineral Council of Australia (MCA), MAC, Banco Mundial, WEF, ICMM, IFC, entre otros.

Cuadro 1
Metas e indicadores del Objetivo 6 de los ODS

Nº	Metas	Indicadores
6.1	Para el 2030, lograr el acceso universal y equitativo al agua potable, a un precio asequible para todos	6.1.1 Proporción de la población que utiliza servicios de suministro de agua potable gestionados sin riesgos
6.2	Para el 2030, lograr el acceso equitativo a servicios de saneamiento e higiene adecuados para todos y poner fin a la defecación al aire libre, prestando especial atención a las necesidades de las mujeres y las niñas y las personas en situaciones vulnerables	6.2.1 Proporción de la población que utiliza: a) servicios de saneamiento gestionados sin riesgos y b) instalaciones para el lavado de manos con agua y jabón
6.3	Para el 2030, mejorar la calidad del agua mediante la reducción de la contaminación, la eliminación del vertimiento y la reducción al mínimo de la descarga de materiales y productos químicos peligrosos, la reducción a la mitad del porcentaje de aguas residuales sin tratar y un aumento sustancial del reciclado y la reutilización en condiciones de seguridad a nivel mundial	6.3.1 Proporción de aguas residuales tratadas de manera adecuada
		6.3.2 Proporción de masas de agua de buena calidad
6.4	Aumentar considerablemente el uso eficiente de los recursos hídricos en todos los sectores y asegurar la sostenibilidad de la extracción y el abastecimiento de agua dulce para hacer frente a la escasez de agua y reducir considerablemente el número de personas que sufren falta de agua	6.4.1 Cambio en el uso eficiente de los recursos hídricos con el paso del tiempo
		6.4.2 Nivel de estrés hídrico: extracción de agua dulce en proporción a los recursos de agua dulce disponibles
6.5	Poner en práctica la gestión integrada de los recursos hídricos a todos los niveles, incluso mediante la cooperación transfronteriza, según proceda	6.5.1 Grado de implementación de la gestión integrada de los recursos hídricos (0-100)
		6.5.2 Proporción de la superficie de cuencas transfronterizas sujetas a arreglos operacionales para la cooperación en materia de aguas
6.6	Proteger y restablecer los ecosistemas relacionados con el agua, incluidos los bosques, las montañas, los humedales, los ríos, los acuíferos y los lagos	6.6.1 Cambio en la extensión de los ecosistemas relacionados con el agua con el paso del tiempo
6.a	Ampliar la cooperación internacional y el apoyo prestado a los países en desarrollo para la creación de capacidad en actividades y programas relativos al agua y el saneamiento, incluidos el acopio y almacenamiento de agua, la desalinización, el aprovechamiento eficiente de los recursos hídricos, el tratamiento de aguas residuales y las tecnologías de reciclaje y reutilización	6.a.1 Volumen de la asistencia oficial para el desarrollo destinada al agua y el saneamiento que forma parte de un plan de gastos coordinados por el gobierno
6.b	Apoyar y fortalecer la participación de las comunidades locales en la mejora de la gestión del agua y el saneamiento	6.b.1 Proporción de dependencias administrativas locales que han establecido políticas y procedimientos operacionales para la participación de las comunidades locales en la gestión del agua y el saneamiento

Fuente: Sobre la base del documento Naciones Unidas (2018), y portal de internet de los ODS, <https://onu.org.pe/ods-6/>.

Se ha considerado que el aporte de la minería podría tener un alto impacto en los objetivos 6 y 7, específicamente para la sostenibilidad ambiental. Desde la perspectiva del agua, esta actividad necesita acceso al agua y al territorio, lo que presiona al ambiente circundante de la operación con la consecuente necesidad de evitar o mitigar las externalidades negativas (WEF, PNUD y otros, 2016).

Siguiendo al WEF, PNUD y otros (2016), las principales acciones identificadas que permitirían aportes a la consecución del ODS 6 en la minería serían:

- **La conservación y reciclado del agua**, en todas las regiones del mundo el uso y gestión del recurso constituye el principal ámbito de impacto ambiental, el que se debería abordar en la industria de los minerales y metales. Estas medidas están orientadas a garantizar la disponibilidad y cantidad necesarias del recurso; una de las mejores prácticas identificadas es la solicitud de

derechos de uso incorporando una política de eficiencia, donde se establezca la demanda neta tras el reciclado, el tratamiento y la reutilización, basado en una evaluación de largo plazo. Otras medidas son la reducción de su utilización, otras fuentes como aguas residuales grises o agua de mar, esta última fuente al ser desalinizada y bombeada tierra adentro considera una serie de contrapartidas difíciles de gestionar en términos de costos e impactos ambientales.

- **Vigilancia de la calidad del agua y presentación de informes sobre su uso**, aun cumpliendo la normativa ambiental esta actividad puede afectar la calidad del agua. Las empresas mineras deben garantizar que esto no suceda, para evitar impactos como la afectación de la licencia social de la operación. Algunas actividades proactivas e inclusivas sería la vigilancia y presentación de informes periódicos (considerando como ejecutores a las personas de las comunidades aledañas), esto podría identificar tempranamente desviaciones en la calidad del agua, fomentaría la participación, la confianza y transparencia, más aún, si se incluyera el consumo de agua de la explotación minera.
- **Adopción de enfoques sobre la gestión de los recursos hídricos** que tengan en cuenta los aspectos sociales, culturales y técnicos, en muchos países el acceso y calidad al agua son causales de conflictos con las mineras. Un enfoque holístico de los agentes que incorpore el análisis de los valores sociales, culturales, económicos y ambientales ayudaría a comprender el significativo valor del recurso hídrico para estas comunidades. Luego, al aplicarlo a la gestión de riesgos y a las actividades de captación del agua, los agentes se verían favorecidos al estar en concordancia con los intereses de los gobiernos y las comunidades aledañas. El ámbito de la gestión hídrica abarcaría la operación, los intereses de las comunidades y la armonización de sus actividades con las políticas reguladoras gubernamentales. Todo en un proceso de revisión periódica de planes de producción y necesidades de agua en la vida útil del proyecto.
- **La colaboración y logro de un efecto multiplicador**, se refiere a la posibilidad de que las empresas cumplan un rol mediante la aplicación de sus conocimientos especializados y que lo integren en sus estrategias de gestión en los recursos hídricos.
- **Contribución a las cuencas hidrográficas**, las empresas mineras están cambiando progresivamente su paradigma de gestión desde un enfoque operativo hacia uno holístico, centrado en las cuencas hidrográficas o a los lugares de captación de agua, atendiendo las distintas prioridades de otros usuarios para tenerlas en consideración, esto gracias a una perspectiva sistémica de base científica con amplia capacidad de análisis para la comprensión de la gestión de recursos hídricos. En paralelo, varios gobiernos están aplicando modelos de gestión de cuencas hidrográficas que consideran los efectos acumulativos. Así las empresas pueden identificar las distintas oportunidades para contribuir.
- **Aprovechamiento común de las ventajas de la infraestructura de abastecimiento de agua**, En zonas en que existe una escasez relevante, que obliga a las empresas mineras a bombear agua subterránea o a construir infraestructura para el acceso y recolección del agua desde otros lugares, una solución inclusiva sería la firma de acuerdos entre gobierno y otros usuarios locales del agua que pudiera servir para aminorar costos mediante infraestructura compartida y mitigar riesgos de competir por el agua. Las capacidades técnicas que posee la industria pueden posicionarla como uno de los principales actores que garanticen el acceso a infraestructura de agua potable y saneamiento en lugares desatendidos.
- **Respaldo de la planificación y la infraestructura relativa al abastecimiento de agua potable y saneamiento**, la población de riesgo más sensible debido a la contaminación y escasez de agua son los niños, las empresas mineras pueden contribuir con recomendaciones de mejoramiento a los planes y enfoques de agua potable y saneamiento implementados por las comunidades aledañas y gobiernos, específicamente, identificando deficiencias y mejorándolas, con el poder de convocatoria o con inversiones concretas. Es necesario que las soluciones propuestas sean estructurales y de largo plazo, para evitar la dependencia de la vida útil de la mina e incentivar la gestión sostenible del servicio sanitario y la mantención de la infraestructura.

2. ODS 7 de Energía y su relación con Minería

Dadas las metas 7.1, 7.2 y 7.a del Objetivo 7 de energía asequible y no contaminante de los ODS, la actividad minera puede contribuir al logro de éstos mediante nexos entre la minería⁵ y la energía, evidenciándose en varios aspectos. El desarrollo de la infraestructura energética para la generación de potencia, la transmisión y la distribución necesita de materias primas como cobre, hierro, aluminio, cemento⁶ y otros insumos que se extraen desde minas; a la vez que la minería de mediana y gran escala es intensiva en el uso de la energía. Por otra parte, las energías renovables como la eólica o solar han impulsado una mayor demanda de distintos tipos de minerales, como también, debido a la intermitencia de la fuente (luz solar solo en el día o la variabilidad del viento) se hace necesario su almacenamiento, lo que impulsa la demanda de baterías de ion litio, también utilizadas en el mercado de vehículos eléctricos, los que en la medida que se expanden, se incrementa la cantidad de potencia contenida en las baterías, que es otro de los nexos minería-energía. Dependiendo de las distintas químicas de las baterías, requieren proporciones de metales como el níquel, litio, cobalto, manganeso y grafito, entre otros. Los aumentos de demanda de estos metales presionan al incremento del suministro, que se traduce en ampliar la capacidad productiva de ciertas explotaciones, o incorporar nuevos proyectos para suplir los déficits de oferta. En suma, la extracción racional y sostenible de los minerales y metales asociados al aseguramiento del suministro de materias primas necesarias para la infraestructura de servicios energéticos modernos, con energías renovables, que expanden la disponibilidad de nuevas tecnologías aportan en la consecución de varias metas del ODS 7. En el cuadro 2 se muestran las Metas e indicadores del Objetivo 7.

Cuadro 2
Metas e indicadores del Objetivo 7 de los ODS

Metas del Objetivo 7		Indicadores	
7.1	De aquí a 2030, garantizar el acceso universal a servicios energéticos asequibles, fiables y modernos	7.1.1	Proporción de la población que tiene acceso a la electricidad
		7.1.2	Proporción de la población cuya fuente primaria de energía son los combustibles y tecnologías limpias
7.2	De aquí a 2030, aumentar considerablemente la proporción de energía renovable en el conjunto de fuentes energéticas	7.2.1	Proporción de energía renovable en el consumo final total de energía
7.3	De aquí a 2030, duplicar la tasa mundial de mejora de la eficiencia energética	7.3.1	Intensidad energética medida en función de la energía primaria y el PIB
7.a	De aquí a 2030, aumentar la cooperación internacional para facilitar el acceso a la investigación y la tecnología relativas a la energía limpia, incluidas las fuentes renovables, la eficiencia energética y las tecnologías avanzadas y menos contaminantes de combustibles fósiles, y promover la inversión en infraestructura energética y tecnologías limpias	7.a.1	Corrientes financieras internacionales hacia los países en desarrollo para apoyar la investigación y el desarrollo de energías limpias y la producción de energía renovable, incluidos los sistemas híbridos
7.b	De aquí a 2030, ampliar la infraestructura y mejorar la tecnología para prestar servicios energéticos modernos y sostenibles para todos en los países en desarrollo, en particular los países menos adelantados, los pequeños Estados insulares en desarrollo y los países en desarrollo sin litoral, en consonancia con sus respectivos programas de apoyo	7.b.1	Inversiones en eficiencia energética en proporción al PIB y a la cuantía de la inversión extranjera directa en transferencias financieras destinadas a infraestructura y tecnología para servicios de desarrollo sostenible

Fuente: Sobre la base del documento Naciones Unidas (2018), y portal de internet de los ODS, <https://onu.org.pe/ods-7/>.

⁵ Estos nexos de minería y energía cubren una amplia gama de explotación de minerales y metales incluyendo la minería del cobre, están orientados a distintos productos finales que pueden asociarse con la consecución de algunas metas e indicadores del ODS 7.

⁶ El cemento se elabora con la roca sedimentaria caliza o calcita (carbonato de calcio), mediante un proceso de calcinación mezclados con arcillas forman la materia prima del cemento tipo portland "el Clinker", comúnmente utilizado en el hormigón.

Al momento de considerar el cambio hacia fuentes de energías renovables bajas en carbono, es preciso señalar como se acoplara a la configuración de la matriz energética de cada país, debido a la intermitencia y bajo factor de planta de las renovables, por otro lado, si se cuenta con una capacidad de almacenamiento acorde al nivel de consumo en la actividad, además, tener presente ciertos costos asociados al cambio de fuentes como la gestión de los contratos o acuerdos de compraventa que son de largo plazo, poco flexibles y que se debe incurrir en renegociaciones y pago de multas, entre otras cuestiones técnicas a considerar.

Recuadro 1 Uso de energías renovables (ER) en la minería del cobre en Chile

Chile cuenta con potencial natural para desarrollar energías renovables (ER), en la zona norte tiene una altísima irradiación solar, la generación de energía eólica con un factor de planta razonable en todo el país; alto potencial en energía geotérmica y en la costa potencial para la energía marina. El desarrollo principal de las ER en el país se basa en energía fotovoltaica, solar térmica y eólica. En los últimos años los precios para las ER en minería han sido cada vez más competitivos. Sin embargo, gran parte de las mineras han firmado contratos de suministro (PPA a largo plazo), en épocas de escasez de oferta energética, suscribiendo contratos que superaban los US\$100/MWh^a. Actualmente, empresas de generación eólica pueden suministrar energía a las minas por US\$80/MWh, mientras que el valor de la concentración solar de potencia es del orden de los US\$50/MWh y la fotovoltaica se ubica entre US\$21 y US\$23 el MWh^b. En este contexto, el uso de ER en la minería chilena ha sido gradual, tomando en cuenta que el gobierno ha impulsado el desarrollo de estas energías y su introducción en la matriz energética, a la vez que los costos de estas energías han disminuido llegando a ser más convenientes que algunas energías convencionales. Los actuales contratos de energía (PPA) en la mayoría de las empresas se realizan a largo plazo, muchas veces con poca flexibilidad para incorporar ER en cualquier momento del contrato. Otras barreras de entrada importantes son las relacionadas con los aspectos culturales del sector minero y la falta de capital humano especializado.

La gradualidad en la penetración de las ER se debe a que las operaciones mineras necesitan un suministro constante para sus actividades las 24 horas del día, la generación solar y eólica por ahora son intermitentes y tienen un factor de planta bajo, por lo tanto, el suministro con este tipo de ER debe ser complementado con energías convencionales de mayor precio (normalmente la generación marginal es térmica, de mayor precio que el promedio de las energías convencionales). Se hace necesario el desarrollo de la tecnología de almacenamiento, como también, adecuar algunos procesos dentro de la operación minera. Algunos métodos para almacenar grandes cantidades de energía son la tecnología CSP, que concentra la energía solar durante el día para calentar sales fundidas, y entrega calor durante la noche para mantener la continuidad en la operación.

Con todo, la minería chilena está progresando significativamente en el uso de las ER de distintas formas, las operaciones mineras han ido integrando estas energías de distintas maneras: i) Uso directo de ER en algún proceso (como el calentamiento de soluciones en lixiviación), mediante un proyecto desarrollado por la propia minera para su abastecimiento; ii) Mediante contratos PPA en los que la minera ha participado en la inversión del proyecto de ER y iii) Contratos PPA en los que la minera como cliente solicita a su generador que el suministro sea con energías renovables. El año 2019, varias de las grandes mineras en Chile anunciaron eficaces procesos de renegociación de contratos eléctricos. Algunas minas importantes han terminado sus PPA pagando multas significativas, con el objetivo de iniciar contratos con energías renovables y con precios más convenientes. Otras operaciones han optado por vender sus acciones en proyectos de ER para concentrarse en el negocio minero, aunque siguen abasteciéndose mediante contratos PPA de proyectos de ER. En términos generales, las ER aportarían con 12 TWh/año en PPA de energías renovables, aproximadamente 570 MW de generación fotovoltaica (entre directas y PPA) y más de 122 MW en parques eólicos (PPA).

Estas acciones, junto con algunas minas que ya habían invertido en fuentes de energía renovable, ayudan a la consecución de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), en particular con el ODS N°7: Energía asequible y no contaminante; demostrando que se puede y debe aumentar el uso de energías renovables bajas en carbono, y la necesidad de inversiones público-privadas en estas fuentes energéticas y para la adopción de nuevas tecnologías. En síntesis, la minería chilena del cobre ha realizado acciones concretas para mitigar las emisiones de gases efecto invernadero y contribuir al desarrollo sostenible del sector además de los compromisos que el país ha adoptado interna e internacionalmente para mitigar el cambio climático.

Fuente: Cochilco (2019a): "Uso de energías renovables no convencionales en la minería del cobre chilena".

^a Felipe Castellón, Analista de Planificación y Gestión de CAP.

^b Rodrigo Mancilla, Director Ejecutivo del Comité Solar de Chile.

La minería es intensiva en el uso de energía, esta situación incentiva la aplicación de medidas de eficiencia energética que puedan mejorar la sostenibilidad, como también, incorporar iniciativas de energías renovables en sus operaciones o colaborar con empresas de servicios públicos para incentivar el uso de fuentes renovables. Debido a la cantidad de energía demandada por esta actividad, podría aportar con suministro hacia zonas sub abastecidas mediante alianzas de uso compartido de la infraestructura energética (WEF, PNUD y otros, 2016).

Siguiendo al WEF, PNUD y otros (2016), las principales acciones identificadas que permitirían aportes a la consecución del ODS 7 en la minería serían:

- **Mejorar la eficiencia energética**, se estima que los gastos en energía suponen entre un 10% hasta un 40% de los sus gastos operacionales. Mediante auditorías energéticas, mantenimiento de la infraestructura energética y disminución del uso, podrían lograr reducir la demanda energética en el territorio.
- **Incorporar energías renovables**, varias minas se encuentran en zonas remotas que difícilmente están conectadas a las redes nacionales de suministro eléctrico, algunos operadores mineros están incentivando la adopción de energías inocuas ambientalmente y de menor costo incorporando la energía eólica, solar o geotérmica, que presenta alternativas⁷ de diversificación de las fuentes de energía para reducir apagones, sustituir los generadores diésel evitando la volatilidad de los precios del Diesel y reduciendo los GEI. Sin embargo, dependen de la infraestructura energética de cada país, las políticas e incentivos, el capital humano u otras cuestiones necesarias para incorporarlas como fuentes energéticas de largo plazo en las operaciones.
- **Colaboración y logro de un efecto multiplicador**, entender el contexto local, las prioridades nacionales y a las distintas partes interesadas en la producción y distribución de la energía es fundamental para identificar las oportunidades de colaboración.
- **Aprovechamiento común de las ventajas de la infraestructura de energía**, en ocasiones las empresas mineras se ven en la necesidad de generar su propio suministro energético para asegurar el acceso y poder llevar a cabo la explotación. Esto sería una oportunidad para las comunidades aledañas que carecen del servicio eléctrico de disponer de una energía asequible, fiable y moderna. Se podrían implementar acuerdos de uso compartido de la infraestructura energética tendientes a facilitar a las comunidades locales el acceso. Entonces, los costos marginales del suministro de energía de las comunidades mediante la infraestructura del "último tramo" serían muy inferiores al promedio del costo unitario de construir la infraestructura "básica" que suele estar vinculada a la mina o contribuida por esta. Los responsables de la inversión del capital, la explotación y el mantenimiento de la infraestructura del último tramo deben ser acordados con el servicio de suministro eléctrico, el Gobierno y la comunidad.
- **Apoyo de iniciativas locales relacionadas con la energía**, en general las empresas mineras para la elaboración de la estrategia energética de sus operaciones, conocen el sector energético local, lo que les permite comprender problemas locales, las causas, los obstáculos y los afectados en lo relacionado con la producción y distribución, por tanto, las mineras tienen la oportunidad de colaborar con los grupos de interés aportando sus conocimientos en la planificación, su poder de convocatoria o de realizar inversiones específicas con el propósito de entregar soluciones.

La energía es uno de los insumos vitales en las sociedades actuales, para lograr una seguridad energética es de suma importancia identificar impactos y riesgos asociados. Uno de los impactos significativos es la alta composición de combustibles fósiles utilizados en las matrices energéticas, que actualmente representa alrededor del 60% del total de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) a nivel mundial, siendo estos gases una de las causas del cambio climático. Una oportunidad para mitigar estos impactos ambientales es mediante una transición energética hacia el aumento de sistemas sostenibles y fuentes renovables, las que requerirán una proporción importante de minerales y metales. Sin embargo, traerían externalidades positivas como la estimulación de la economía, generación de puestos de trabajo, aumento de los ingresos y disminución de las emisiones GEI.

⁷ Actualmente se están realizando avances en investigación y desarrollo del hidrógeno, que podría llegar a ser una importante alternativa de fuente energética, sobre todo para maquinaria pesada (caso de los camiones de alto tonelaje de la minería).

I. La importancia de los recursos naturales agua y energía en los procesos de extracción minera

A. Importancia del agua y la energía para el proceso minero

Habitualmente la actividad minera se realiza en zonas alejadas de asentamientos humanos, con un escaso, o en ocasiones, sin acceso a servicios de agua y de energía. Los yacimientos geológicos que presentan condiciones económicas para su explotación, mediante una serie de estudios se establecen métodos de explotación que conllevan una serie de operaciones unitarias, que se diferencian y adecuan según la escala y tipo de mineral (métodos masivos o selectivos). El método de explotación puede ser superficial o subterráneo (ambos presentan variantes según las características del yacimiento), que dependen de la ubicación del yacimiento, la geometría, la profundidad y de la ley (o calidad del yacimiento), además, de los costos asociados a cada alternativa.

La explotación racional de yacimientos con concentraciones anómalas de minerales de interés económico, tiene como propósito extraer las rocas con mayor proporción de mineralización desde el macizo rocoso, con la menor dilución posible, y posteriormente, disminuir el tamaño de la roca que contiene el mineral, para lograr una granulometría que permita liberar el elemento de interés, luego, beneficiarlo y/o refinarlo. En el caso del cobre, según COCHILCO (2017) identificó los siguientes procesos y subprocesos que son relevantes en la utilización de agua y energía en la extracción y beneficio del cobre:

- Extracción mina: perforación, polución de caminos, aspersores de polvo.
- Planta de Beneficio: molienda, pulpas, flotación, concentrados (tratamiento y transporte).
- Fundición y refinación.
- Lixiviación, extracción por solventes, electro obtención.
- Servicios (transversales a todos los procesos).

Estas operaciones unitarias son vinculadas principalmente a la extracción del cobre, sin embargo, se podría indicar que los procesos en la extracción mina (superficiales y subterráneos) son similares en la mayoría de los yacimientos de minerales metálicos (perforación, tronadura, carguío y transporte, y chancado primario), solo se ajustan al método de explotación, a la capacidad productiva y a las condiciones específicas de cada yacimiento.

Las diferencias en la utilización de agua y energía se observan en mayor medida a partir de la etapa de beneficio. Las características mineralógicas del yacimiento definen el tipo de tratamiento, la capacidad de tratamiento, la ley o calidad de "cabeza" y los costos asociados. Cabe mencionar que operaciones unitarias de conminución y liberación de partículas como el chancado, la molienda o la clasificación, siguen los mismos principios aplicados en los diferentes minerales, pero que difieren por la escala y por el tipo de mena a procesar.

Los procesos metalúrgicos de las distintas menas de minerales muestran mayores diferencias, por ejemplo, en la obtención de oro, procesos como la cianuración, concentración gravitacional o amalgamación tienen características distintas, más aún si se las compara a la metalurgia extractiva del cobre (lixiviación de los óxidos o flotación de los sulfuros), además, el nivel de producción del cobre normalmente es masivo, mientras que el del oro es selectivo, por esas razones se explican las diferencias en el uso unitario de agua y energía.

Según Napier-Munn & Morrison (2003), el agua es un medio eficiente para transportar partículas, suministrar y extraer reactivos en procesos específicos. Además, el agua es un medio adecuado para lograr el proceso de separación por gravedad, como también, es esencial para las reacciones químicas de algunos procesos.

En cada proceso indicado, tanto del cobre como del oro, es indispensable el uso del agua y energía, estos insumos aún son insubstituibles y la falta de estos significaría dejar de realizar la actividad. En consecuencia, sin agua y energía, en estos momentos sería imposible la explotación minera.

El acceso al agua cada vez se vuelve más desafiante para esta industria, esto porque deben sortear aspectos regulatorios, presiones sociales relacionadas con la extracción, contaminación y los impactos en el recurso por sus múltiples usuarios. Lo anterior podría influir en los riesgos a largo plazo de las inversiones, impactando en la producción y los costos asociados, como también, en la gestión sostenible, la transparencia y la resolución de conflictos con otros usuarios, ya sean personas, empresas o industrias del mismo rubro o de otros sectores económicos.

Existen distintos tipos de impactos asociados al uso del agua, entre ellos la escasez del suministro hídrico podría conllevar a impactos sociales, además, otros impactos como las inundaciones que aumentarían el riesgo de generar aguas de contacto, posibles infiltraciones de relaves antiguos y/o abandonados, asimismo, la calidad del agua de los efluentes de operaciones mineras son los múltiples desafíos asociados con la gestión del agua en la minería. En algunos casos, estos inconvenientes han derivado en problemas financieros por la incertidumbre regulatoria, la aprobación tardía de proyectos, limitaciones en la producción, daños a la propiedad e impactos en la reputación. A nivel mundial, las organizaciones no gubernamentales, los representantes de los accionistas y las instituciones financieras están alentando el desarrollo de estándares para reconocer que el agua tiene una naturaleza de recurso compartido con alto valor social, cultural, ambiental y económico; lo que incluye una mayor divulgación y transparencia por parte de las empresas sobre los riesgos operativos, de captación y de la cadena de suministro del agua. (Australian Government, 2016).

Un instrumento adecuado para gestionar estas cuestiones es el análisis de riesgo financiero. Este tipo de análisis se enfoca en el acceso y aseguramiento del suministro de agua y deben ser elaborados según las especificidades de cada zona en el mundo, considerando la idiosincrasia, que es un atributo difícil de caracterizar y cuantificar, la posible escasez del recurso, los costos en la gestión del agua, condiciones climáticas extremas como sequías o inundaciones, que son de baja probabilidad de ocurrencia pero altas consecuencias (igual que con los terremotos), resoluciones de conflictos sociales, manejo de los tranques de relave, los cambios en la regulación y los impactos ambientales (muchas veces irreversibles), son algunos de los factores necesarios a considerar, pero difíciles de cuantificar para ser utilizados en el análisis de riesgo financiero (CWC, 2017).

En relación con los aspectos técnicos, la disminución en la calidad de los yacimientos durante la vida útil de la mina impulsa el aumento del consumo hídrico y energético, debido a que se debe tratar mayor cantidad de mineral para obtener una tonelada de producto, como también, mayor energía para la

conminución debido a la dureza de la roca (minería profunda); otros costos a considerar son el aumento de las distancias de acarreo de material y la energía para el bombeo de agua (desde el mar hasta la faena). Aun cuando se mejore la eficiencia del uso y reciclaje del agua y la energía, el consumo debe tener un seguimiento ininterrumpido de manera de gestionar y controlar los nuevos costos asociados al aumento de estos insumos. Por todas las razones expuestas, la cuantificación de estos insumos estratégicos se hace indispensable.

B. Nivel de utilización de agua y energía: un comparativo general de la demanda de distintos minerales de estos insumos para su producción

Los nuevos desafíos ambientales que implica el cambio climático, han modificado la concepción del uso de agua y energía, los que se han convertido en prioridad al momento de hacer los estudios de factibilidad y trade-off en las etapas de proyecto. La seguridad del suministro de estos insumos en la vida útil del proyecto es parte fundamental en la toma de decisiones. En conjunto con el licenciamiento social y ambiental, son de suma importancia y claves al momento de definir si se llevará a cabo o no un proyecto minero.

Respecto a la cuantificación de estos insumos, la energía presenta menor complejidad para la cuantificación del uso, consumo y balances (incluido los gases efectos invernaderos asociados) en relación con el agua, aunque cabe mencionar que en Chile se ha mejorado la disponibilidad de información y la cuantificación del uso de agua debido a la metodología que lleva a cabo Cochilco anualmente. Existen una serie de autores que han realizado esfuerzos para compilar bases de datos de uso de agua en la minería. Basados principalmente en los reportes de sustentabilidad de las empresas, los investigadores Norgate y Lovel en los años 2004 y 2006 realizaron estudios de usos directos para varias líneas de producción de metales, mientras que el año 2008, Mudd, elaboró bases de datos de intensidad de uso del agua en M³/t de producto y m³/t de mineral.

Gunson (2013), presentó un análisis que mide a nivel mundial el consumo de agua por commodity, indicando la extracción anual de agua para los procesos de obtención de distintos minerales y metales, además, otros indicadores como m³/t de tratamiento de menas y de refinados, considerando distintas etapas de refinación, por ejemplo, metales refinados (cobre) y en etapas intermedia (bauxita). La unidad de medida fue las empresas, y entre los indicadores que presentó, esta las extracciones de agua a nivel mundial por cada commodity elegido.

Cuadro 3
Mundo: extracción de agua para producción de distintos minerales y metales, 2006 a 2009

	Extracción de agua (millones de m ³ por año)				Producción del commodity (porcentaje de la producción mundial)			
	2006	2007	2008	2009	2006	2007	2008	2009
Bauxita	67	65	76	79	79	76	79	78
Cobalto	3	16	26	19	40	38	30	39
Cobre	1 337	1 233	1 301	1 363	83	82	79	76
Mineral de Hierro	589	737	555	883	60	58	65	46
Molibdeno	129	102	86	58	77	66	56	54
Níquel	20	71	147	165	64	67	67	63
Oro	657	942	997	1 141	74	73	70	67
Plata	22	21	28	40	68	69	67	68
Plomo	44	118	30	29	59	52	47	47
Zinc	195	243	82	95	66	64	59	59
Total	6 870	7 766	7 449	7 517				

Fuente: CEPAL, sobre la base de Gunson (2013).

Nota: En el estudio también se considera para el resultado total diamantes, paladio, rodio, platino, fosfato, potasa, cromo, tungsteno y uranio.

Las diferencias de extracción de agua por *commodity* resultan ser heterogéneas, el acero y la bauxita presentan menor extracción de agua que el cobre, sin embargo, la producción de acero y bauxita a nivel mundial tienen órdenes de magnitud mucho mayores a los del cobre. El año 2009 se produjeron 1.695 millones de toneladas de acero, 199 millones de toneladas de bauxita y solo 15,9 millones de toneladas de cobre. Las diferencias en las extracciones de agua se explican porque la demanda de agua depende de la calidad del yacimiento (ley), el nivel de producción, el tipo de tratamiento, el nivel de reutilización del agua y la eficiencia.

A nivel de país, se puede observar los casos de Canadá y Australia, que levantan estadísticas a nivel nacional de la contabilidad del agua. Canadá presentó una serie de datos de agua extraída, consumo total y retornada a la fuente (véase cuadro 4). El periodo comprendido fue entre los años 2005 hasta el año 2013, y publicados cada 2 años. La unidad de medida es la empresa y el indicador es por industria. Un patrón que se replica a nivel mundial es que la industria minera presenta el menor consumo industrial, lo que se observa en Canadá también, el año 2013 alcanzó su máxima participación de 8,3%, en comparación a los años anteriores. Sin embargo, el mismo año, los mayores consumos se observan en la agricultura con 44%, generación de energía térmica y el de manufacturas, ambos con 11%.

Cuadro 4
Canadá: extracción, consumo y retorno anual de agua por sector económico
(En millones de metros cúbicos y en porcentajes)

		2005		2007		2009		2011		2013	
		(en millones de m ³)	(en porcentajes)	(en millones de m ³)	(en porcentajes)	(en millones de m ³)	(en porcentajes)	(en millones de m ³)	(en porcentajes)	(en millones de m ³)	(en porcentajes)
Generación de energía térmica	Vol. agua extraída	27 825	66%	27 834	67%	26.214	67%	23.716	66%	25.635	67%
	Vol. agua consumida	716	19%	522	14%	484	13%	412	12%	397	11%
	Vol. agua retornada	27 109	71%	27 313	72%	25.729	73%	23.304	72%	25.239	73%
Manufacturas	Vol. agua extraída	5 719	14%	4 573	11%	3.927	10%	3.790	11%	3.954	10%
	Vol. agua consumida	650	17%	452	12%	367	10%	448	13%	411	11%
	Vol. agua retornada	5 069	13%	4 122	11%	3.561	10%	3.342	10%	3.543	10%
Agricultura	Vol. agua extraída	1 829	4%	2 322	6%	2.366	6%	1.809	5%	2.007	5%
	Vol. agua consumida	1 536	41%	1 950	51%	1.988	53%	1.519	45%	1.600	44%
	Vol. agua retornada	293	0,8%	371	1,0%	379	1,1%	289	0,9%	407	1,2%
Minería	Vol. agua extraída	669	1,6%	906	2,2%	675	1,7%	776	2,2%	976	2,5%
	Vol. agua consumida	44	1,2%	151	3,9%	98	2,6%	144	4,2%	300	8,3%
	Vol. agua retornada	624	1,6%	755	2,0%	578	1,6%	632	1,9%	675	1,9%
Petróleo y gas	Vol. agua extraída	198	0,5%	190	0,5%	293	0,8%	349	1,0%	402	1,0%
	Vol. agua consumida	188	5,0%	181	4,7%	278	7,4%	332	9,8%	382	10,5%
	Vol. agua retornada	10	0,0%	10	0,0%	15	0,0%	17	0,1%	20	0,1%

Fuente: CEPAL, sobre la base de Indicadores canadienses de sostenibilidad ambiental, en línea <https://www.canada.ca/en/environment-climate-change/services/environmental-indicators/water-withdrawal-consumption-sector.html>.

En Australia, la contabilidad del agua sigue las orientaciones y bases metodológicas de las cuentas ambientales del agua de las Naciones Unidas, esta metodología se implementó en el año 2012, en el cuadro 5, se observa información entre los años 14-15 a 17-18, debido a que hubo un cambio metodológico en el año 2014-15, sin embargo, Australia cuenta con un registro estadístico del agua desde el año 1993-94⁸.

⁸ Australian Bureau of Statistics, en línea <https://www.abs.gov.au/>.

Cuadro 5
Australia, uso de agua física por tipo: auto extraído, distribuido, aguas residuales,
reutilización y flujos de retorno anual de agua por sector económico
(En mega-litros y porcentajes)

		2014-2015		2015-2016		2016-2017		2017-2018	
Agricultura	Auto extraído	3 254 809	4,8%	3 368 672	4,9%	3 221 235	4,3%	3 381 388	4,8%
	Distribuido	7 483 014	61,2%	6 289 347	58,2%	6 666 432	61,4%	7 327 059	62,2%
	Aguas residuales	na		na		na		na	
	Reutilización	97 109	29,9%	110 090	32,9%	83 266	26,7%	96 930	31,2%
	Flujos de retorno (a)	-		-		-		-	
Minería ^a	Auto extraído	1 127 676	1,7%	1 139 943	1,7%	1 158 220	1,6%	1 108 029	1,6%
	Distribuido	84 300	0,7%	83 490	0,8%	80 037	0,7%	101 883	0,9%
	Aguas residuales	na		na		na		na	
	Reutilización	2 383	0,7%	3 214	1,0%	3 112	1,0%	1 858	0,6%
	Flujos de retorno (a)	-		-		-		-	
Servicios de electricidad, gas, agua y residuos	Auto extraído	62 717 712	92,9%	63 512 407	92,9%	69 794 043	93,6%	65 399 915	93,0%
	Distribuido	2 194 772	17,9%	1 907 369	17,7%	1 583 286	14,6%	1 701 464	14,4%
	Aguas residuales	2 051 195	100,0%	2 018 961	100,0%	2 092 724	100,0%	1 952 738	100,0%
	Reutilización	102 327	31,5%	90 130	27,0%	107 205	34,4%	97 600	31,4%
	Flujos de retorno (a)	-		-		-		-	
Uso total	Auto extraído	67 491 544		68 402 329		74 593 612		70 300 410	
	Distribuido	12 234 169		10 800 620		10 856 179		11 782 458	
	Aguas residuales	2 051 195		2 018 961		2 092 724		1 952 738	
	Reutilización	325 120		334 301		311 395		310 844	
	Flujos de retorno (a)	51 622 880		53 938 814		60 372 239		55 473 052	

Fuente: CEPAL sobre la base de Australian Bureau of Statistics, en línea <https://www.abs.gov.au/statistics/environment/environmental-management/water-account-australia/latest-release>.

^a Incluye extracción de gas y petróleo, minería no metálica, exploración y otros servicios de apoyo a la minería. (a) los flujos de retorno representan los flujos de agua de las industrias hacia el medio ambiente, la metodología define suministro y uso por actividad industrial, los flujos de retorno se contabilizan en la parte de suministro; en el uso solo se contabiliza en el total.

La metodología de Australia difiere a la de Canadá, a su vez que ambos países difieren con la de otros países, entonces, se hace necesario una metodología consensuada a nivel mundial de la estadística para la contabilidad del uso del agua en la minería. Por otra parte, las estadísticas australianas consideran las fuentes de agua, sin embargo, sigue siendo una contabilidad más agregada en un país que explota una amplia variedad de metales (con sus distintos procesos de producción). Sería conveniente la posibilidad de lograr indicadores más específicos de eficiencia del uso de agua para los distintos procesos aplicados a los distintos minerales.

Northey y Haque (2013), estimaron la huella hídrica para el cobre, oro y níquel, basados en la metodología utilizada en Australia⁹. La unidad de medida es la empresa, el indicador se orienta a la eficiencia del consumo total por metal seleccionado, que es calculado mediante la suma del consumo directo y del indirecto de agua. La metodología consideró la elaboración de diagramas de flujo de los procesos asociados, desde la extracción minera hasta el metal refinado.

⁹ En el siguiente capítulo se ampliará la metodología australiana "Water Accounting Framework for minerals Industry" (MCA and MSI, 2012).

Cuadro 6
Consumo directo de agua para la obtención de cobre, oro y níquel

Tipo de mena	Ley de mineral	Proceso	Consumo directo (m ³ /t)
Sulfuro de cobre	0,75 % Cu	Pirometalurgia	91
Oxido de cobre	0,75 % Cu	Hidrometalurgia	70
Oro no refractario	3,5g Au/t	Carbón en pulpa (CIP)	244.701 (~ 8 m ³ /oz)
Oro refractario	3,5g Au/t	Oxidación a presión, CIP	284.235 (~ 9 m ³ /oy)
Sulfuro de níquel	1,3% Ni	Pirometalurgia	68
Limonita níquel	1,3% Ni	Hidrometalurgia (HPAL)	303

Fuente: CEPAL sobre la base de "Life cycle-based water footprint of selected metal production" Northey & Haque (2013).

Nota: Solo se consideró el consumo directo, que se refiere a los metros cúbicos por tonelada de metal de alta pureza.

Para el cobre y el níquel, se definieron dos procesos, una línea de sulfuros hasta la pirometalurgia, y otra línea de óxidos con la hidrometalurgia. Para el oro se consideraron dos procesos metalúrgicos, uno para minerales refractarios y el otro para no refractarios. Todas las estimaciones son dependientes de la calidad (ley) de las menas en los consumos directos e indirectos. El presente estudio solo consideró el consumo directo.

Para la gestión de los insumos estratégicos en la minería se necesita levantar datos del uso del agua y la energía específicos. En el caso del agua, puntualizar las fuentes de la extracción de agua (superficial, subterránea, agua de mar, de terceros). Para la energía y electricidad fuentes primarias y secundarias, y para ambos insumos, el uso unitario por tonelaje tratado de mineral, considerando la contabilidad, registro y balances disponibles a nivel de operaciones mineras, plantas y fundición/refinación, además, recirculación del agua, *Make Up*¹⁰ y la eficiencia que se pueda lograr en cada uno de los procesos.

Hasta aquí se ha mencionado una serie de estudios orientados al agua, esto es porque existen diferencias con los reportes de las empresas, la contabilidad y los datos disponibles. Estas diferencias son metodológicas y de conceptos, lo que impide realizar benchmarking. Sería necesario plantear un sistema para establecer una base comparable de datos, con criterios y metodología comunes para el uso, consumo y extracciones del agua, especificando fuentes de agua, datos de descargas de agua, la calidad del agua extraída y descargada, entre otros. El intercambio metodológico de estadísticas entre Chile y Perú, se enfoca en la armonización y convergencia conceptual para el levantamiento de datos y elaboración de las estadísticas mineras del uso del agua y la energía.

Para la información de consumo de energía, nuevamente se muestran los datos de Australia y Canadá, debido a que son dos países con participaciones significativas de explotación de diferentes minerales a nivel mundial. La información del uso de energía se presenta a nivel desagregado con las distintas fuentes primarias y secundaria e incluye el consumo eléctrico, además, los gases efectos invernadero por sector económico.

El caso de Australia desagrega las fuentes primarias y secundaria de energía más la electricidad, sin embargo, dentro de la clasificación minería (código ANZSIC), incluye la minería del carbón (código 06), extracción de petróleo y gas (código 07), minería de menas (en la categoría de Otras minería) incluye menas de hierro, bauxita, cobre, oro, menas de níquel, menas de plata-plomo-zinc, minería de gravas, arenas y materiales de construcción y exploración (códigos 08, 09 y 10).

¹⁰ *Make Up*: mide el consumo de agua unitario en el tratamiento del mineral en la planta de beneficio.

Cuadro 7
Canadá: energía total usada en minas, fundición y refinерías en la producción de distintos minerales
(En terajoule)

	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Hierro y acero	246 900	187 400	213 100	226 900	231 100	214 800	231 000	218 100	221 200	227 200
Producción primaria de alúmina y aluminio	195 400	173 000	175 400	187 300	175 900	179 400	187 900	190 100	206 000	210 400
Otras fundiciones y refinерías no ferrosas	67 900	56 100	63 000	61 000	53 700	45 900	43 000	47 100	58 300	61 300
Minas de Potasa	33 300	18 000	23 200	38 700	35 800	31 300	31 000	33 000	31 800	41 000
Minas de cobre, níquel, plomo y zinc	27 900	23 700	25 600	26 700	30 000	31 000	31 900	32 300	36 200	36 500
Minas de hierro	40 700	44 300	42 800	35 000	38 100	37 300	38 300	34 000	35 100	32 900
Minas de oro y plata	13 000	14 100	14 600	16 200	18 300	23 500	26 600	26 900	28 400	30 000
Otras minas no metálicas	10 700	9 400	9 500	9 200	8 800	8 400	8 500	8 600	7 500	10 300
Otras minas de metal	7 300	5 700	5 700	6 500	7 300	7 800	9 500	6 900	5 700	5 600
Minas de sal	2 600	2 800	2 300	2 200	2 200	2 300	2 600	2 400	2 700	3 100

Fuente: CEPAL, sobre la base del Gobierno de Canadá Recursos Naturales, en línea http://oee.nrcan.gc.ca/corporate/statistics/neud/dpa/menus/trends/comprehensive/trends_id_ca.cfm.

Nota: Las estadísticas presentan series desde el año 1990, están disponibles de manera desagregada entre fuentes primarias y secundarias de energía más el consumo eléctrico. Las categorías de Hierro y acero, Producción primaria de alúmina y aluminio y Otras fundiciones y refinерías no ferrosas se encuentran en la clasificación de Manufacturas; las otras en la clasificación de Minería. La norma utilizada para estas estadísticas es el Sistema de clasificación de la Industria de América del Norte (NAICS).

En relación con la categoría de hierro y acero (códigos 211 y 212 fundición de hierro y acero) del cuadro 8 y la de Metales no ferrosos (códigos 213 y 214, producción de alúmina, fundición de aluminio, fundición y refinación de cobre, plata, plomo y zinc), se encuentran en la división de Manufacturas y se refiere a la fundición y refinación de minerales.

Cuadro 8
Australia: uso físico neto detallado de energía en minería
(En terajoule)

	2008-2009	2009-2010	2010-2011	2011-2012	2012-2013	2013-2014	2014-2015	2015-2016	2016-2017	2017-2018
Minería de carbón	97 000	100 000	106 000	113 000	127 000	131 000	125 000	128 000	136 000	144 000
Otros minería	156 000	160 000	175 000	190 000	230 000	243 000	259 000	282 000	283 000	292 000
Hierro y acero	58 000	55 000	53 000	51 000	47 000	44 000	61 000	62 000	55 000	61 000
Metales no ferrosos	503 000	499 000	501 000	524 000	512 000	510 000	459 000	453 000	437 000	437 000
Uso total	19 973 000	19 435 000	19 229 000	19 928 000	21 813 000	21 303 000	22 110 000	23 207 000	23 692 000	24 180 000

Fuente: CEPAL sobre la base de Australian Bureau of Statistics <https://www.abs.gov.au/statistics/industry/energy/energy-account-australia/latest-release> (Table 6 Australian detailed net physical supply and use of energy).

Nota: Las estadísticas oficiales presentan series desde el año 2002-03, están disponibles de manera desagregada entre fuentes primarias y secundarias de energía más el consumo eléctrico, se muestran los datos de uso, en clasificación ANZSIC code.

Se evidencian las diferencias estadísticas de los datos presentados, por una parte, imposibilitando comparativos o benchmarking de uso de agua, por otra parte, diferencias conceptuales como, por ejemplo, las extracciones desde la naturaleza, tipos de industria y el tipo de agrupación según los códigos de clasificación. Como recomendaciones para las estadísticas del agua, sería necesario completar series temporales discontinuas y avanzar en homologar los conceptos mediante cambios metodológicos. Respecto al uso de energía, presenta similitudes en cuanto a la desagregación de fuentes primarias y secundarias (aunque no son iguales) más la electricidad; Habría que verificar que los códigos de clasificaciones estén armonizados.

En síntesis, desde una perspectiva de la ecoeficiencia, es relevante contar con la información de producción física de minerales y metales, de manera desagregada a nivel de tipo de mineral, identificando los procesos asociados en la explotación y los sub procesos críticos, levantando la información que permita obtener coeficientes unitarios de uso de recurso por unidad producida y por tipo de mineral, de manera que en una etapa posterior se pueda elaborar indicadores que permitan una gestión eficiente del agua y la energía tanto a nivel de empresas productoras, como a niveles sub nacional y nacional, posibilitando una aplicación a nivel regional; Estas acciones mejorarían la información disponible para la resolución de conflictos socioambientales, la transparencia entre actores y las decisiones políticas, económicas, sociales y ambientales relacionadas a la actividad minera.

C. Fuentes y disponibilidad del recurso hídrico

Las distintas metodologías de contabilidad de agua tienen sus respectivas definiciones y criterios, lo que se hace presente al momento de analizar estas cuestiones. En Chile, COCHILCO para llevar a cabo sus estimaciones del uso del agua en la minería, tomó lo dispuesto en la legislación nacional para la definición de sus conceptos de las fuentes de agua (COCHILCO, 2013):

Cuadro 9
Fuentes de entrada y extracción de agua definidas en COCHILCO

Agua fresca Se entiende por agua fresca aquellas extracciones provenientes de aguas superficiales como Aguas Iluvias, Escorrentías, Embalses superficiales, Lagos y Ríos y aguas subterráneas, como las aguas alumbradas y acuíferos, para las cuales se cuenta con los respectivos derechos de aguas y aguas adquiridas a terceros. El agua fresca cubre las pérdidas producidas a través de los procesos.	Aguas Superficiales: De acuerdo con el artículo 2º del Código de Aguas, las aguas superficiales son "aquellas que se encuentran naturalmente a la vista del hombre y pueden ser corrientes o detenidas". Las aguas superficiales (aquellas que corren por cauces naturales como vertientes, esteros, ríos y quebradas, o se encuentran acumuladas en depósitos naturales como lagos, lagunas, pantanos, ciénagas, y embalses) se encuentran al alcance del hombre y son fácilmente encauzadas, desviadas y luego aprovechadas en actividades económicas como la agricultura, la industria y para uso doméstico.	Aguas Iluvias (o pluviales) Escorrentías Embalses superficiales Lagos, ríos y afluentes
	Aguas Subterráneas: De acuerdo con el artículo 2º del Código de Aguas, las aguas subterráneas son aquellas que "están ocultas en el seno de la tierra". Las aguas subterráneas almacenadas en acuíferos o embalses subterráneos requieren de labores previas de exploración, con el objeto de ubicarlas y conocer sus características para su posterior explotación y aprovechamiento.	Acuíferos Salares Aguas alumbradas o de contacto ("Aguas del minero")
	Agua de Mar: En este punto se hace referencia a toda agua de mar que es extraída desde la costa. Esta tiene dos vías posibles, ya sea utilizada directamente en los procesos o previa desalinización. Es importante destacar que el uso de agua de mar no requiere derechos de agua competitivos con el agua fresca. Es necesario especificar si el agua salada es desalinizada previamente a la impulsión.	Agua de mar sin desalar Agua desalinizada
	Agua adquirida a terceros: Contrato con terceros: Compra de agua directamente a terceros con sus derechos respectivos. (No compro los derechos, sino que el agua).	
	Aguas residuales tratadas: Para las aplicaciones de minería, tratamiento de aguas residuales es el proceso de eliminación de contaminantes del agua ya utilizada en las operaciones de extracción y procesamiento de minerales, así como de los establecimientos y la superficie de escorrentía. Tratadas para su reutilización.	
Agua total: Se considera como el agua fresca más el agua recirculada en los procesos. El agua total es aquella necesaria para mantener a régimen el proceso productivo. Corresponde al total de entrada de aguas.		

Fuente: CEPAL sobre la base de COCHILCO.

Uno de los desafíos que asoman en materia del agua en la minería, dice relación con las aguas de contacto¹¹, las que se entienden como las aguas provenientes de escorrentías superficiales y/o subterránea de origen natural, que, no siendo utilizadas en un proceso, actividad o servicio, entran en contacto con éstos o con las materias primas, insumos o residuos de los mismos. Cabe mencionar que la definición anterior quedo fuera del proceso legislativo de revisión del DSgo en Chile y, la relevancia de esa definición es que la minería en Chile enfrenta desafíos importantes, cerca del 56% de las faenas mineras presentan este fenómeno, específicamente en zonas donde son frecuentes las precipitaciones pluviales y/o nivales, en el contexto global, son conocidas como aguas acidas, que se generan cuando aguas de origen natural se ponen en contacto con explotaciones mineras (superficiales o/y subterráneas), con acopios, botaderos, depósitos de relaves o cualquier instalación minera que pueden transportarse al medio ambiente mediante infiltraciones o cursos de aguas superficiales (MCH, 2012). El drenaje ácido (debido a las aguas de contacto) tiene importantes impactos en el medio ambiente y en las comunidades aledañas a las operaciones mineras, estos son gestionados por las empresas mineras en un contexto en donde se presentarían vacíos legales, además, puede verse agravado debido a los nuevos escenarios que presentara el cambio climático.

El Gobierno de Australia en el caso del agua, ha impulsado un enfoque que identifica y gestiona los riesgos comerciales, mitigando los impactos adversos en los ecosistemas y en las comunidades, contribuyendo a una gestión sostenible de los recursos compartidos de agua dulce. La administración se basa en la gobernanza pública del agua, fundamental para la viabilidad a largo plazo de las industrias intensivas en su uso, además, para mejorar la eficiencia en sus operaciones, ha fomentado las buenas prácticas en toda su cadena de suministro y colaborado con otros para avanzar en la gestión sostenible del agua. La industria australiana se ha centrado en la gestión operativa del agua y ha impulsado iniciativas nacionales e internacionales, diseñadas para promover una mejor gestión del agua. Sin embargo, se necesita esfuerzos compartidos para la implementación continua de las mejores prácticas de administración del agua, incluida la estrategia, la gestión y las operaciones (Australian Government, 2016).

El enfoque basado en la cuenca establece características y controles de las aguas superficiales, subterráneas y el balance hídrico de la cuenca, almacenamientos y medios de transporte. Algunas claves de este enfoque son comprender los recursos hídricos disponibles en la zona de influencia, la región en general donde se ubica la operación y las interacciones en la vida de la explotación, que se consigue mediante las fases de exploración, estudios de prefactibilidad y factibilidad y construcción de los proyectos. Es de vital importancia la recopilación de más información en las distintas etapas del proceso, permite una evolución continua y a una mejora en la comprensión de los sistemas de aguas superficiales en la captación, los recursos de agua subterránea y los requisitos de suministro de agua para las operaciones, el cierre y post cierre de la operación.

Canadá implemento indicadores de sostenibilidad ambiental a nivel nacional, el año 2005 publicó las estadísticas del agua desagregadas en sectores industriales. Consideró la extracción y consumo de agua por sector industrial, y el instrumento utilizado para la recolección de datos es una encuesta que se ha modificado dos veces, inicia una metodología entre el año 2005 hasta 2009, luego se modificó el 2011 y el 2017. La definición de las fuentes se encuentra en las mismas encuestas, las que se describen en el cuadro 11.

¹¹ Oficio # 171216 Proceso de revisión del decreto supremo N° 90, de 2000, del Ministerio Secretaría General de la Presidencia, "Norma de Emisión para la Regulación de Contaminantes Asociadas a las Descargas de Residuos Líquidos a Aguas Marinas y Continentales Superficiales". Página 7, en línea <http://www.mma.gob.cl/transparencia/mma/doc/Proyecto-Definitivo-Revision-DS-Nogo-remitido-al-CMPS.pdf>.

Cuadro 10
Australia: definiciones de fuentes de agua y descarga del MCA

Fuente	Definición	Entrada
Agua superficial	Toda el agua se abre naturalmente a la atmósfera, excepto el agua en océanos, mares y estuarios.	Precipitación y escorrentía Rios y riachuelos Almacenamiento externo de agua superficial
Agua subterránea	Agua debajo de la superficie de la Tierra que llena poros o grietas entre medios porosos como el suelo, rocas, carbón y arena, a menudo formando acuíferos. A efectos contables, el agua que se arrastra en el mineral puede considerarse agua subterránea.	Intercepción de acuíferos (desagüe) Borefields Arrastre de minerales
Agua de mar	Agua de océanos, mares y estuarios.	Estuario Mar, océano
Tercero	Agua suministrada por una entidad externa a la instalación operativa. El agua de terceros contiene agua de las otras tres fuentes. Cuando se conoce la fuente, la fuente física (agua superficial, agua subterránea, agua de mar) debe prevalecer.	Contrato / municipal Aguas residuales
Fuente	Definición	Salida
Agua superficial	Toda el agua se abre naturalmente a la atmósfera, excepto el agua de los océanos, mares y estuarios.	Descarga Flujos ambientales
Agua subterránea	El agua debajo de la superficie de la tierra que llena los poros o grietas entre medios porosos como el suelo, las rocas, el carbón y la arena a menudo forman acuíferos.	Filtración Inyección de acuíferos
Agua de mar	Agua a océanos, mares y estuarios.	Estuario Mar, océano
Tercero	Agua suministrada a una entidad externa a la instalación operativa.	Tercero
Otro	Incluye evaporación, arrastre, pérdida de tareas y cualquier otro destino que no esté cubierto por las otras vías.	Evaporación Agua atrapada en material de desecho (relaves, desechos gruesos) y concentrado Pérdida de tareas

Fuente: CEPAL sobre la base de Gobierno de Australia (2016).

Cuadro 11
Canadá: definiciones de fuentes de extracciones de agua^a

Encuesta de aguas industriales: industrias de extracción de minerales, 2005	Encuesta de aguas industriales: industrias de extracción de minerales, 2011	Encuesta bienal de agua industrial 2017: industrias de extracción de minerales
<p>(i) Informe sus volúmenes de agua de entrada por fuente y sus características habituales. A menos que lo sepas de lo contrario, informe los volúmenes recibidos de los sistemas públicos de servicios públicos de agua como "Fresh".</p> <p>(ii) El agua dulce se define como el agua que contiene menos de 300 partes por millón de sólidos disueltos totales.</p> <p>(iii) El agua dura se define como el agua que contiene 300-900 partes por millón de sólidos disueltos totales.</p> <p>(iv) El agua salina se define como el agua que contiene más de 900 partes por millón de sólidos disueltos totales.</p> <p>(v) La suma de todos los volúmenes debe ser igual al total anual como se informa en la Línea 14, C1013 en la página anterior.</p>	<p>(i) Informe sus volúmenes de agua de entrada por fuente y sus características habituales.</p> <p>(ii) El agua dulce se define como el agua que contiene 900 partes por millón, o menos, de sólidos disueltos totales.</p> <p>(iii) El agua salina / salobre se define como el agua que contiene más de 900 partes por millón del total disuelto sólidos.</p> <p>Donde no hay datos disponibles, por favor estimar.</p> <p>a. Sistema de servicios públicos de agua.</p> <p>b. Sistema de agua superficial autoalimentado (lago, río, etc.).</p> <p>c. Sistema de agua subterránea autoalimentado (bueno, primavera, etc.).</p> <p>d. Cuerpo de agua de mar (agua salada) autoabastecido (estuario, bahía, océano, etc.).</p> <p>e. Otras fuentes (especificar).</p>	<p>Agua dulce Para el propósito de esta encuesta, el agua dulce contiene un promedio de 900 partes por millón (ppm) o menos del total de sólidos disueltos.</p> <p>a. Utilidad pública, es decir, un sistema municipal o municipal de extracción, tratamiento y distribución de agua.</p> <p>b. Sistema de agua superficial autoalimentado. Lago, río.</p> <p>c. Sistema de agua subterránea autoabastecido, es decir, manantiales.</p> <p>d. Otras fuentes de agua dulce. por ejemplo, entrega de agua de un proveedor privado, una industria adyacente, agua de lluvia, agua de escorrentía. Excluya el agua embotellada destinada al consumo personal.</p> <p>Volumen subtotal de consumo de agua dulce anual.</p> <p>Agua salina o salobre: Para el propósito de esta encuesta, el agua salina o salobre contiene en promedio 900 partes por millón (ppm) o menos del total de sólidos disueltos.</p> <p>a. Sistema de agua subterránea autoalimentado, es decir, pozo, brotes.</p> <p>b. Cuerpo de agua de marea autoalimentado (agua salada) es decir, estuario, bahía, océano.</p> <p>c. Otras fuentes de agua salina o salobre, por ejemplo, entrega de agua de un proveedor privado, una industria adyacente.</p> <p>Volumen subtotal de la ingesta de agua salina o salobre anual.</p> <p>Volumen total de agua de entrada anual.</p>
<p>Donde no hay datos disponibles, por favor estimar.</p> <p>a. Sistema de servicios públicos de agua.</p> <p>b. Sistema de agua superficial autoalimentado, (lago, río, etc.)</p> <p>c. Sistema de agua subterránea autoalimentado, (bueno, primavera, etc.).</p> <p>d. Agua de marea autoabastecida (agua salada) cuerpo (estuario, bahía, océano, etc.).</p> <p>e. Otras fuentes (especificar).</p>		

Fuente: CEPAL sobre la base de las encuestas de agua del Gobierno de Canadá.

^a En línea: https://www23.statcan.gc.ca/imdb/p3Instr.pl?Function=getInstrumentList&Item_Id=134993&UL=AV&dis=1.

Otra definición es la del Sistema de Contabilidad Ambiental y Económica del agua (SCAE-agua), que detalla los flujos desde el medioambiente hacia la economía, flujos dentro de la economía y entre economías y flujos desde la economía hacia el medio ambiente. Cuentan con cuadros de intercambios de agua entre unidades distintas de la economía, están correlacionados con el suministro (proveedor) y uso (usuario), como el agua para la minería que se utiliza para la extracción de minerales desde la naturaleza, energético e industriales e incluye distintas actividades realizadas insitu como parte de los procesos de extracción.

UNDESA (2012), considera que las fuentes de agua para toda la economía de un territorio dado se refieren a las aguas interiores del territorio de referencia (superficiales y subterráneas), precipitaciones, recolectadas o utilizada directamente (agricultura de secano); agua de mar y las importaciones desde otras economías. Cabe mencionar que el concepto consumo suele tener diferentes significados, en esta clasificación es la proporción de agua utilizada que no se devuelve al medio ambiente, asimismo, el término consumo de agua se utiliza en el sentido hidrológico lo que puede llevar a confusiones cuando se considera sinónimos los términos consumo y uso. Las aguas recirculadas representan un primer nivel de eficiencia debido a la gestión interna del agua en relación con la captación desde el término de algunos subprocesos, que pueden ser tratadas o no y luego ser canalizadas para su reutilización en otros subprocesos.

El GRI en el estándar GRI 303(2018), define las fuentes de agua en el criterio de "extracción de agua", incluye el agua extraída de las aguas superficiales, subterráneas, marinas o de un tercero para cualquier uso durante el período determinado. Las define de la siguiente forma: i) agua superficial como el agua que ocurre naturalmente en la superficie de la Tierra en capas de hielo, casquetes polares, glaciares, icebergs, pantanos, estanques, lagos, ríos y arroyos (basado en CDP Water Security Reporting Guidance, 2018); ii) el agua subterránea como el agua que se retiene y que se puede recuperar de una formación subterránea (definición de la ISO 14046: 2014); iii) agua de mar como el agua en un mar o en un océano (definición de la ISO 14046: 2014); iv) El agua producida como el agua que ingresa a los límites de una organización como resultado de la extracción (por ejemplo, petróleo crudo), procesamiento (por ejemplo, trituración de caña de azúcar) o uso de cualquier materia prima, y en consecuencia debe ser administrada por la organización (basado en el CDP Water Security Reporting Guidance, 2018) y, iv) agua de terceros como los proveedores municipales de agua y plantas de tratamiento de aguas residuales municipales, servicios públicos o privados y otras organizaciones involucradas en el suministro, transporte, tratamiento, eliminación o uso de agua y efluentes. Además, plantea que el agua dulce debe cumplir con $\leq 1,000$ mg / L de sólidos disueltos totales, y Otras aguas son toda la que se caracterice por cumplir $> 1,000$ mg / L de sólidos disueltos totales.

Respecto a la disponibilidad de recursos hídricos, ONU-Agua (2020), manifiesta que los enfoques de aprovisionamiento convencionales como nevadas, precipitaciones, aguas superficiales y subterráneas están sobre explotados en varias partes del mundo, siendo insuficientes para satisfacer la creciente demanda de agua dulce en zonas con escasez hídrica. Alrededor del 60% de la población mundial vive en áreas de estrés hídrico donde las fuentes disponibles no pueden satisfacer las demandas de manera sostenible en al menos una parte del año. Además, esperan que la escasez se intensifique en áreas secas y superpobladas, aumentando el peligro de dejar a las futuras generaciones enfrentar las consecuencias de las prácticas actuales. Una posibilidad emergente es utilizar fuentes disponibles no convencionales de manera sostenible, que ayuden a minimizar las actuales presiones que van en crecimiento. Las principales fuentes no convencionales son: i) Recolección de humedad atmosférica, como siembra de nubes y recolección de agua de niebla; ii) Captura a microescala del agua de lluvia donde de otra manera se evaporaría; iii) Agua subterránea confinada en formaciones geológicas profundas en tierra o en acuíferos en alta mar; iv) Agua de áreas urbanas, incluyendo aguas residuales municipales y aguas pluviales; v) Agua residual de la agricultura, como el agua de drenaje agrícola; vi) Agua de lastre contenida en tanques y bodegas de carga de barcos para aumentar la estabilidad durante el tránsito; vii) Icebergs recolectados de regiones árticas y transportados a áreas con escasez de agua; y viii) Agua de mar desalinizada y agua subterránea salobre.

Algunas estimaciones de fuentes hídricas no convencionales son las de aguas residuales municipales y el agua desalinizada en 380 km³ y 35 km³ respectivamente, de las aguas subterráneas profundas en 16-30 millones de km³, de esta cantidad entre 0.1-5.0 millones de km³ tienen menos de 50 años y son renovables, mientras que el volumen restante no renovable está incrustado en entornos geológicos profundos encontrados tanto en alta mar como en tierra. La atmósfera de la tierra contiene alrededor de 13 millones de km³ de agua en fase de vapor, cuya fuente es la evaporación de la superficie de los océanos, mares, tierra húmeda y plantas. El hielo antártico contiene 27 millones km³ de agua, de los cuales 2.000 km³ se rompen anualmente como icebergs. El agua de mar es de 1.35 billones de km³. Acceder a una fracción menor de los volúmenes de agua subterránea profunda, agua atmosférica, hielo antártico y agua de mar puede ayudar a aliviar la escasez de agua en áreas secas. Para algunos recursos hídricos no convencionales es difícil desarrollar escenarios futuros, sin embargo, serían un apoyo crítico a comunidades para abordar la escasez local de agua, dada la limitada información y datos consolidados, la cuantificación de hasta qué punto tales recursos hídricos pueden cerrar esta brecha a diferentes escalas sigue siendo un desafío y una pregunta válida para abordar (ONU-Agua, 2020).

D. Fuentes y suministro de energía

Las fuentes primarias de energía provienen de un stock de recursos naturales o de la captura de un flujo de recursos, sin que pasen previamente por procesos de purificación o separación. Por su parte, la energía secundaria se obtiene mediante la transformación o conversión de las fuentes primarias. Se pueden clasificar entre energías renovables y no renovables; las renovables son las que se obtienen de un flujo constantemente disponible en la naturaleza, mientras que las no renovables corresponden a fuentes primarias de energía con un stock finito de recursos. Las fuentes primarias son el petróleo crudo, gas natural, el carbón, energía solar, energía nuclear, entre otros. Mientras que el gas licuado, los derivados de petróleo (diésel y gasolina) y la electricidad pertenecen al grupo de las energías secundarias (Ferro y Lentini, 2015).

Según la International Energy Agency (IEA)¹², para el año 2015 a nivel mundial las proporciones de uso de energía por tipo de fuentes se encontraban en Biomasa 9%, carbón 28%, Eólica y solar 2%, Gas natural 22%, hidro 2%, nuclear 5% y petróleo 32%. Sin embargo, si se considera la matriz energética para la región de Centro y Sudamérica algunos valores difieren bastante en comparación con la mundial, principalmente en la en Biomasa 20%, carbón 5%, petróleo 42% e hidro 9%; en menor proporción la Eólica 1%, la solar 1% y nuclear 1%, manteniendo el mismo nivel en Gas natural 22%.

La industria minera es intensiva en el uso de energía, el acceso y la disponibilidad es crucial para asegurar un suministro continuo debido al régimen productivo que las grandes operaciones tienen (jornadas laborales de 24 horas y siete días de la semana), considerando una cantidad mínima de días al año en detenciones programadas para ciertas mantenciones de equipo mayores e infraestructura crítica.

Las fuentes energéticas usadas en la minera varían dependiendo de las características del país anfitrión, algunos países cuentan con fuentes o reservas (hidrocarburos, carbón, hidroelectricidad, entre otros) que extraen y/o exportan, otros son importadores netos; Varios de los países de la región son exportadores de hidrocarburos como Venezuela, Colombia, Bolivia, Brasil, Ecuador, Trinidad y Tobago. Por otra parte, Chile es un importador neto de energía. Según COCHILCO (2019b), el costo de la energía podría alcanzar el 14% del total de los costos de operación en la minería del cobre, incluyendo la que se utiliza para bombear agua extraída del mar hasta las operaciones; Entonces, las decisiones sobre las fuentes energéticas a utilizar¹³ son relevantes debido a los costos de capital por tipo de tecnología de generación, las cuestiones técnicas por tipo de fuente, los contratos y las tarifas asociadas, los subsidios estatales y las políticas energéticas. Por otra parte, están las políticas empresariales como la disminución de la huella de carbono que incentiva las inversiones en las energías renovables bajas en emisiones de gases efectos invernaderos.

¹² International Energy Agency, data and statistics [https://www.iea.org/data-and-statistics?country=WEOCSAM&fuel=Energy%20supply&indicator=Total%20primary%20energy%20supply%20\(TPES\)%20by%20source](https://www.iea.org/data-and-statistics?country=WEOCSAM&fuel=Energy%20supply&indicator=Total%20primary%20energy%20supply%20(TPES)%20by%20source).

¹³ Como se mencionó, también depende de las fuentes de energía utilizadas en la matriz de cada país (el mercado energético).

El tipo de fuente varía según los procesos de producción, en las operaciones de extracción de mineral los equipos asociados al manejo de materiales consumen mayoritariamente combustibles derivados del petróleo, mientras que las plantas de beneficio consumen mayor cantidad de energía eléctrica, pudiendo ser abastecidos por plantas termoeléctricas, hidroelectricidad, fotovoltaicas, termo solar o eólicas. Las fuentes amigables con el medioambiente, en su mayoría son intermitentes debido a la disponibilidad de luz solar o por la variabilidad del viento, lo que puede ser mejorado al incluir algún tipo de almacenamiento energético.

En Chile, el año 2017¹⁴ el consumo de energía en la minería del cobre llegó a 81.857 terajoule en combustibles y 88.066 terajoule en electricidad. Una desagregación por tipo de combustible utilizado considera el Diesel con un 88,7%; el gas natural con un 5,9%; el ENAP 6 con un 4,6%; y kerosene con 0,5%; gas licuado con un 0,2% y otros¹⁵ con <0,4%. Respecto a la energía eléctrica, el sistema interconectado central aportó un 41,1% y el sistema interconectado del norte grande aportó con un 58,9%¹⁶.

El año 2017, Australia consumió en la actividad de Minería (clasificación ANZSIC code) principalmente diésel 51,1%, gas natural 22,2% y electricidad 24,9%, en menor medida GLP y otros combustibles refinados. En relación con la clasificación de manufacturas el hierro y acero en conjunto con la fundición y refinación de metales no ferrosos (clasificación 211, 212, 213 y 214) el consumo de carbón negro fue de 7,4%, el de Electricidad 23,7%, el gas natural 16,2%, el Diesel 0,7% y otros combustibles refinados 3,3%. En menor medida Wood and Wood waste y GLP.

Respecto a Canadá, las fuentes energéticas usadas el año 2017 en las minas de cobre, níquel, plomo y zinc fue de 53,9% de electricidad, 36,7% de diésel, gasolina y queroseno, 6,3% de gas natural y 3% de GLP y GNL. Las minas de hierro utilizaron un 47,7% de electricidad y 27% de diésel, gasolina y queroseno; mientras que las minas de oro y plata un 51,9% de electricidad, 39,5% de diésel, gasolina y queroseno, 4,4% de gas natural y 4,1% de GLP y GNL. En el sector industrial el hierro y acero utilizó 43,8% de coque y gas de horno de coque y 14,1% de electricidad, la fundición y refinación de metales no ferrosos fue de 44,8% de electricidad, 27% de gas natural y 2,5% de diésel, gasolina y queroseno.

La actividad minera en la región andina cuenta con un importante potencial en las fuentes de energías renovables como la solar y la eólica (CEPAL, 2018), principalmente por las condiciones naturales de radiación solar y flujos de viento. Estas fuentes tienen ventajas como la disminución en los costos en infraestructura, las mejoras tecnológicas, las alternativas de almacenamiento y es posible su implementación en zonas remotas y aisladas. Estas tecnologías de generación permiten bajar la huella de carbono en la medida que reemplacen a las basadas en fuentes fósiles.

¹⁴ Cochilco 2017, presentación: "Consumo de energía y recursos hídricos en la minería del cobre al 2017". En línea [https://www.cochilco.cl/Presentaciones/Presntaci%C3%B3n%20informe%20energ%C3%ADa%20y%20agua%20\(2018\).pdf](https://www.cochilco.cl/Presentaciones/Presntaci%C3%B3n%20informe%20energ%C3%ADa%20y%20agua%20(2018).pdf).

¹⁵ Carbón, propano, gasolina y leña, cada uno con <0,1%.

¹⁶ A la fecha de publicación de este documento en Chile opera con el Sistema Eléctrico Nacional (SEN) de energía eléctrica.

II. Experiencias internacionales de estadísticas en el uso de agua y energía en la minería

En este capítulo se estudia una serie de experiencias internacionales de la contabilidad y gestión del agua y la energía. Estas metodologías fueron seleccionadas considerando países con actividad minera, como lo son Australia y Canadá, en conjunto con ciertos sistemas internacionales que consideran la elaboración y construcción de bases de datos y estadísticas de contabilidad de agua y energía como son los análisis del ciclo de vida, el Índice Global de Reportabilidad y las cuentas ambientales del agua y energía de las Naciones Unidas, a modo de indagar si se cuenta con metodologías específicas por tipo de mineral.

A. Metodologías internacionales de estadísticas en la actividad minera con énfasis en el uso de agua y energía

1. Canadá

En **Canadá** la autoridad de recursos naturales de Canadá (NRC por sus siglas en inglés), utiliza encuestas¹⁷ como metodología para la obtención de datos y construcción de sus estadísticas mineras. La población objetivo son todos los establecimientos dedicados a la minería, tanto metálicos como no metálicos y la recopilación de datos la realizan el gobierno federal en conjunto con los provinciales, lo que permite minimizar la carga de datos en relación con las empresas de cada provincia. Respecto a la muestra, se cubre todo el universo de establecimientos objetivos, tanto metálicos como no metálicos, luego, los datos son trabajados por especialistas, y se considera un proceso de consultas y respuestas para confirmar o calificar los datos cuando existieren dudas. Después de un extenso proceso de seguimiento las tasas de respuesta a las encuestas se estiman por encima del 90% y, se garantiza la confidencialidad de los datos publicados en relación con las respuestas individuales.

¹⁷ La encuesta anual de producción de minerales Programa de productos básicos, se divide en 19 encuestas que se orientan a diamantes, minas de oro, de mena de hierro, de metales, minerales no metálicos, arenas y gravas, entre otros. Se pueden consultar en <https://www23.statcan.gc.ca/imdb/p2SV.pl?Function=getSurvInstrumentList&Id=375026>.

En Canadá utilizan el sistema de clasificación de la industria de América del norte (NAICS) del año 2017, y su clasificación¹⁸ se basa en la actividad principal de un establecimiento¹⁹. El NRC clasificó los establecimientos en minerales metálicos en la clase 2122 y, para minería y canteras de minerales no metálicos en la clase 2123.

El NRC²⁰ Cuenta con estadísticas de consumo de energía en Peta Joules (PJ) y de gases efecto invernadero (GEI) desde el año 1990, están divididos en variados sectores económicos, y en particular para la minería está dividida en minerales base, mineral de hierro, mineral de potasio, en industrial con hierro y acero, cemento y fundiciones y refinería. Son variadas las fuentes de datos para las estadísticas de uso de energía, sin embargo, las encuestas son el instrumento principal para la obtención de datos, la que se complementa con información de suministro y producción de energía (Statistics Canadá, 2019²¹).

Respecto a las estadísticas del agua, estas son recolectadas por la autoridad del ambiente y los recursos naturales del gobierno de Canadá, uno de sus productos son los indicadores de sustentabilidad ambiental del país, en donde se indican los consumos por sector productivo del agua. La metodología está basada en cuatro encuestas de consumo de agua, es decir, al sector industrial, a la agricultura, al agua potable y las encuestas municipales ambientales de agua y aguas residuales. Una de las limitantes de esta información es que es bianual y el último registro disponible consta del año 2013²².

2. Australia

En **Australia** el “Marco de contabilidad del agua para la industria de los minerales” (WAA por sus siglas en inglés) fue elaborado el año 2011 por el Consejo de Minerales de Australia y el Instituto de Minerales Sostenibles (MCA, 2018), para la administración responsable y transparente del agua en la industria. El Marco fue adoptado por las compañías mineras y se actualizó el año 2013, y es considerado una de las mejores prácticas internacionales de contabilidad del agua, en consecuencia, el ICMM ha utilizado estas métricas como estándar, asimismo, se han visto reflejadas en la actualización de la Iniciativa de Reportes Globales (GRI) relacionada con el agua el año 2016. La Oficina de Estadísticas Australiana²³ (ABS por sus siglas en inglés) está a cargo de su administración, la define como una cuenta ambiental basada en el Sistema de Contabilidad Ambiental-Económica (SEEA por sus siglas en inglés) de las Naciones Unidas, específicamente en la SEEA-Agua. Esta metodología contabiliza y cuantifica los flujos de agua por fuente y destino mediante un modelo de entrada-salida. Las definiciones estándar permiten la uniformidad en cuanto a cómo se describe la calidad, cantidad y propósito del agua. Sin embargo, es solo indicativo y no refleja los usos finales, permitiendo la evaluación comparativa y el mejoramiento continuo, establece tablas de suministro y uso en cantidades físicas y monetarias, que describen los flujos de agua entre el medioambiente y la economía e internamente entre los sectores económicos en su conjunto.

Cuenta con una sección de agregados monetarios relacionados con el uso y suministro, que son las transacciones económicas²⁴ asociadas con el uso de agua distribuida, agua reutilizada, la provisión

¹⁸ Algunas definiciones de las estadísticas mineras como valor de producción, costos de materiales y suministros o valor agregado, entre otros, se pueden encontrar en <https://sead.nrcan-rncan.gc.ca/MIS/MIS-TopPage-en.aspx?FileT=Def&Lang=en>.

¹⁹ Establecimiento: es la unidad operativa más pequeña capaz de informar un rango específico de estadísticas industriales básicas de producción económica, como datos de empleo y elementos de entrada y salida necesarios para calcular una medida de valor agregado. Generalmente es una mina, mina/molino, cantera o pozo de arena. <https://sead.nrcan-rncan.gc.ca/MIS/MIS-TopPage-en.aspx?FileT=Scope&Lang=en>.

²⁰ El NRC tiene las estadísticas de energía en el link http://oe.nrcan.gc.ca/corporate/statistics/neud/dpa/data_e/sources.cfm, sin embargo, las fuentes y los datos son recolectados principalmente por la Statistics of Canada.

²¹ Página 131 https://www150.statcan.gc.ca/n1/en/pub/57-003-x/57-003-x2019002-eng.pdf?st=d8jirIS_.

²² Environment and climate change canada, en línea <https://www.canada.ca/en/environment-climate-change/services/environmental-indicators/water-withdrawal-consumption-sector.html>.

²³ Véase Cuentas de agua del ABS, en línea <https://www.abs.gov.au/AUSSTATS/abs@.nsf/Lookup/4610.oExplanatory%20Notes12017-18?OpenDocument>.

²⁴ La valoración económica del agua en Australia permite comparar el rendimiento entre sectores, el año 2015-16 el uso del agua en la minería fue de 3,7% del consumo nacional, sin embargo, el valor bruto agregado por giga litro utilizado estuvo en un rango de 111 a 127 millones de dólares, en comparación al de agricultura que fue de 4 millones de dólares por giga litro (Minerals Council of Australia, Submission to Senate environment and Communications references committee on water use by the extractive industry, 2018), en línea <https://minerals.org.au/sites/default/files/Water%20Use%20by%20the%20Extractive%20Industry.pdf>.

de servicios de alcantarillado, drenaje y aguas residuales. Entonces, conceptos relevantes son los de agua extraída que se refiere a los movimientos de agua desde el medioambiente hacia la economía, ya sea de manera temporal o permanente, y los flujos internos en la economía de aguas distribuidas, aguas residuales, aguas a granel y agua reutilizada. Los flujos de retorno son las cantidades devueltas desde los hogares y las industrias a la naturaleza.

El WAA utiliza la clasificación de industrias estándar de Australia y Nueva Zelanda (ANZSIC), el que se implementa en todas las estadísticas generadas por el ABS. La recopilación y fuentes de datos son seis: i) el censo de servicios de abastecimiento de agua y alcantarillado (WSSS por sus siglas en inglés)²⁵; ii) La encuesta de energía, agua y medioambiente (EWES por sus siglas en inglés) y la encuesta de indicadores ambientales (EIS)²⁶; iii) la encuesta de productos agrícolas y medio ambiente rural (REACS) y el Censo Agrícola²⁷; iv) las Cuentas Nacionales de Australia; v) las Estadísticas demográficas australianas y las Proyección de hogares y familias de Australia y vi) de la Oficina de Metodología el Informe nacional de rendimiento, las Tendencias y extremos del cambio climático y el tablero de instrumentos para el almacenamiento de agua.

El método utilizado se basa en la encuesta WSSS como eje principal de la compilación de datos y componente estabilizador, debido a que es un censo relativamente completo, mientras que las EWES y EIS complementan con detalles de la división industrial (no incluye agricultura), que no se encuentran en la WSSS. El Censo Agrícola y la REACS cumplen el mismo propósito para la agricultura.

La contabilidad de la energía, es administrada por ABS mediante las Cuentas de Energía de Australia (EAA), que también forman parte de las cuentas ambientales australianas basadas en la SEEA. Están compuesta por el uso y suministro físico, la oferta y valores energéticos desde las perspectivas del usuario y el productor, además, elabora indicadores y contabiliza activos energéticos. El objetivo es integrar los datos desde diferentes fuentes para vincular y consolidar la información física con la económica en el Sistema de Cuentas Nacionales. Las fuentes de datos del suministro físico y uso de energía son obtenidas principalmente desde el Departamento de Medio Ambiente y Energía, en particular, de la publicación anual "*Australian Energy, Statistics-Energy Update*" (AES), así, el ABS hace la conversión de estos datos al marco del SEEA. Los valores monetarios se basan en precios implícitos y datos de gastos de distintas fuentes, que incluyen las encuestas del ABS.

Las Cuentas de flujo de energía bruta presentan la extracción total de energía desde la naturaleza y la que es procesada a partir de esa energía. Incluyen electricidad y los combustibles que se queman para generarla. Entonces, el uso total de energía bruta de la industria, no es igual al consumo total de energía 'neta', que es la energía consumida para 'propósitos finales'. Los combustibles utilizados para generar electricidad se tratan por separado como conversiones y pérdidas. El total de la agregación de datos brutos físicos por industria, excederán los totales netos, porque los flujos de energía primaria y secundaria se incluyen en los totales brutos.

Por su parte, las Cuentas de Flujo Neto de energía indican la energía que "ingresa" a la economía (importaciones y extracción) y la energía que "abandona" la economía (exportaciones, energía utilizada para fines finales y pérdidas de energía en los procesos de conversión). La identidad contable principal que subyace a las cuentas de flujo neto de energía es: Suministro = Uso, donde:

Oferta = Importaciones + Extracción directa, y

Uso = Exportaciones + Uso final de energía + Conversiones y pérdidas + Cambios de inventario.

²⁵ Tiene una frecuencia anual, se implementa en los estados, territorios y la nación y se orienta al control del uso de agua dentro de la economía y para precios unitarios de agua de uso agrícola.

²⁶ La EWES tiene una frecuencia trianual, mientras que la EIS es anual. El EWES tiene un tamaño de muestra mayor que la EIS. La EWES tiene alcance estado, territorio y nacional, mientras que la EIS es solo nacional. Están orientadas para las siguientes industrias: Minería, Fabricación, Servicios de recogida, tratamiento y eliminación de residuos, Suministro de electricidad y gas. Servicios de distribución monetaria incluyen las siguientes industrias: Minería, Fabricación, Suministro de electricidad y gas, Servicios de recogida, tratamiento y eliminación de residuos y Otras industrias.

²⁷ El REACS es anual y el censo agrícola es quinquenal.

Esta identidad contable es válida solo para la suma de todos los productos energéticos en la economía sin considerarlos de manera individual, porque el suministro neto equilibra todo el uso de energía, mientras que el individual generalmente no será igual debido a las conversiones y pérdidas. Los datos contenidos en las tablas de uso y suministro neto se utilizan para compilar las estimaciones de series de tiempo de intensidad de energía y los indicadores de energía de los hogares.

Existen variadas fuentes de datos, las propias de ABS son: Encuesta de Energía, Medio Ambiente y Agua (EWES); Encuesta de indicadores ambientales (EIS); Sistema Australiano de Cuentas Nacionales; Cuentas Nacionales de Australia: Tablas de entrada-salida (Detalles del producto); Censo de población australiano 2016 y Operaciones mineras, Australia. Mientras que las independientes de ABS son del Departamento de Medio Ambiente y Energía: Australian Energy Statistics - Energy Update 2019; Australian Petroleum Statistics; Recursos y estadísticas de energía; Uso de energía en las operaciones del gobierno australiano. Además, están las del Regulador de Energía Limpia "Sistema de Informes nacional de Energía y gases de efecto Invernadero" (NGERS); las del Consejo de Energía de Australia "Electricidad y Gas de Australia" y el Sitio Web de Calificación Energética²⁸.

Los datos sobre el suministro físico y el uso de productos energéticos se derivan principalmente de la AES. Si bien la EAA se basa en datos de AES, los datos de EWES y EIS se utilizan para asignar el suministro y el uso de productos energéticos entre las industrias²⁹.

3. Análisis de ciclo de vida

El **Análisis de ciclo de vida (ACV) y huella hídrica** es otra metodología que puede registrar la contabilidad del agua y la energía utilizadas en la obtención de los minerales y metales. Son elaborados con el propósito de monitorear y documentar posibles impactos ambientales. Una de las metodologías internacionales para estos análisis son las normas ISO³⁰ de gestión medioambiental y el análisis del ciclo de vida (ACV), principalmente las ISO 14.041, 14.042, 14.043 y 14044. Debido a las condiciones específicas del uso del agua, como que puede ser reciclada varias veces en un proceso y ser devuelta a las cuencas hidrográficas, el año 2014 se lanzó la ISO 14.046 Gestión medioambiental y la huella del agua (Santero y Hendry (2016); ISO (2014)).

El análisis de ciclo de vida excede el alcance de este estudio, sin embargo, de las cuatro fases del ACV³¹, la segunda fase del análisis de inventario (ICV), implica la elaboración de un inventario de datos de entrada/salida del sistema que estará bajo estudio, lo que contribuye al levantamiento de información y bases de datos de las extracciones, uso, consumo y descargas de agua y también de energía.

Hoekstra et al. (2011) define una huella hídrica como la suma de tres subcategorías de huellas hídricas, ellas son: la huella del agua azul, la huella del agua verde y la huella del agua gris. Las huellas de agua azul son un indicador de los usos consuntivos de las aguas superficiales y subterráneas frescas, donde el "uso consuntivo" se refiere a: i) evaporación del agua; ii) agua incorporada al producto; iii) No se devuelve agua a la misma área de captación y iv) no se devuelve agua a la cuenca en el mismo período. La huella hídrica verde es un indicador del uso consuntivo del agua de lluvia. La huella de las aguas grises es una medida del volumen de agua requerido para diluir la contaminación a los límites aceptables definidos por las normas ambientales.

²⁸ Véase en línea, www.energyrating.gov.au.

²⁹ Este es un resumen del método, para mayor información consultar Cuentas de Energía de Australia, notas explicativas de ABS, en línea, <https://www.abs.gov.au/AUSSTATS/abs@.nsf/Lookup/4604.oExplanatory%20Notes12017-18?OpenDocument> y SEEA-Energy en línea <https://seea.un.org/es/seea-energy>.

³⁰ Las ISO de gestión ambiental y análisis del ciclo de vida fueron lanzadas en el año 1997 con la ISO 14040. Durante el año 2006 se presentaron una serie de actualizaciones en las ISO 14.041, 14.042, 14.043 y 14044.

³¹ Los ACV tienen 4 fases de estudio: a) la fase de definición del objetivo y el alcance, b) la fase de análisis del inventario, c) la fase de evaluación del impacto ambiental, y d) la fase de interpretación. Cuando los objetivos de un ACV se pueden satisfacer solo con un análisis del inventario más una interpretación, entonces, estos se consideran como un "estudio de ICV", por lo que no se debe confundir los estudios de ICV (que excluyen la fase de evaluación del impacto o EICV) con la fase 2 (análisis del inventario) de un ACV. En línea <https://www.iso.org/obp/ui/es/#iso:std:iso:14040:ed-2:v1:es>.

El límite del análisis es una consideración importante que influirá en gran medida en el resultado final de cualquier estudio basado en ACV. En general, existen tres ámbitos diferentes para la impresión de huella de agua (Gerbens-Leenes et al. 2007): i) Las huellas hídricas directas (o huellas hídricas operativas) se refieren a usos consuntivos que ocurren dentro de los límites operacionales de un productor; ii) Las huellas hídricas indirectas (o las huellas hídricas de la cadena de suministro) se refieren a usos consuntivos en la cadena de suministro aguas arriba de un productor; iii) Las huellas hídricas de uso final consideran los usos de consumo que se producen como resultado del consumo o uso del producto de un productor.

La impresión de la huella de agua en la minería y la producción de metales solo ha considerado huellas de agua directas y, a veces, indirectas. A pesar de las definiciones de huellas hídricas directas, indirectas y de uso final que proporcionan indicaciones razonables de los límites del sistema de suministro, determinar los límites geográficos apropiados para los sitios mineros no es una tarea sencilla. Northey y Haque (2013) indica que una deficiencia importante con la metodología propuesta por Hoekstra et al. (2009) (que es la predecesora de Hoekstra et al., 2011) es que no proporciona pautas adecuadas para definir los límites geográficos de análisis. Entonces, ¿deberían considerarse los flujos de agua en función de los límites de los procesos unitarios individuales, como a través de las paredes de una instalación de almacenamiento de relaves (TSF)? ¿O debería considerarse que el área del arrendamiento completo del sitio de la mina es el límite para el análisis, en cuyo caso el agua que fluye desde el TSF a través de los acuíferos y hacia la mina podría descontarse? Complejidades sutiles como esta complican el informe de la contabilidad del agua del sitio. Considerar solo los procesos unitarios dentro de la mina y las instalaciones de procesamiento es un enfoque sencillo, sin embargo, el análisis puede volverse complicado cuando se consideran las interacciones con las cuencas y los depósitos de agua.

4. Sistema de Contabilidad Ambiental y Económica del Agua de las Naciones Unidas

El **Sistema de Contabilidad Ambiental y Económica del agua** (SCAE-agua o SEEA-Water en inglés), fue elaborado por el Departamento de Asuntos Económicos y Sociales de la División de Estadísticas de las Naciones Unidas, tiene como propósitos estandarizar conceptos y métodos de la contabilidad del agua, organizar la información hidrológica y económica, además, de las externalidades sobre los recursos hídricos debido a su uso económico. Proporciona cuadros estandarizados a los países, conceptos, definiciones y clasificaciones armonizadas como stocks y flujos en el medio ambiente, presiones impuestas al medio ambiente por la economía, suministro y uso en procesos productivos. Además, información como transacciones monetarias relacionadas con los intercambios de agua, costos de ordenación y ambientales de los recursos hídricos, inversión en infraestructura y las emisiones contaminantes hacia el ambiente (UNDESA, 2012).

5. Sistema de Contabilidad Ambiental y Económica de la Energía de las Naciones Unidas

El **Sistema de contabilidad ambiental y económica de la energía** (SEEA-Energy por sus siglas en inglés), fue lanzado el año 2019 por las Naciones Unidas, en el Marco de las cuentas ambientales que incorpora tres tipos de contabilidad: (a) cuentas de flujo físico, (b) cuentas de flujo monetario para transacciones relacionadas con la energía y (c) cuentas de activos en términos físicos y monetarios. Estos tres tipos de cuentas forman el núcleo de SEEA-Energy.

Para contabilizar los flujos de energía, los flujos físicos se registran en unidades físicas: i) desde el medio ambiente hacia la economía, ii) dentro de la economía (como productos energéticos) y iii) desde la economía hacia el medio ambiente (como pérdidas, principalmente en la forma de calor disipativo). La unidad utilizada es el joule, para su comparación directa y / o combinación. El suministro de energía desde el medio ambiente debe coincidir con el uso por parte de la economía, incluso para fines no energéticos y el retorno inmediato de esos insumos al medio ambiente (por ejemplo, mediante la quema de gas natural durante su extracción). Además, dentro de la economía, el suministro de productos energéticos debe ser

igual a su uso (con ajustes relevantes para el comercio de bienes y servicios entre países). Finalmente, la generación de residuos de la economía debe coincidir con su recolección por otras unidades económicas (como en el uso de cenizas volantes en los materiales de construcción) o por su liberación al medio ambiente. La energía producida a través de la incineración de residuos sólidos se registra en las cuentas que se suministran dentro de la economía. La tabla de suministro y uso físico en SEEA-Energy se basa en las tablas de suministro y uso del Marco Central de SEEA, que se han desarrollado para la contabilidad ambiental y económica en general (UNDESA, 2019).

El flujo monetario representa las transacciones relacionadas con la energía. Los flujos físicos de energía se asocian con flujos monetarios indicando diversas transacciones entre unidades económicas, como las industrias, hogares y gobiernos. Las tablas de suministro y uso monetario de energía tienen un alcance más limitado que las tablas de suministro y uso físico correspondientes, ya que registran los flujos de productos energéticos únicamente dentro de la economía y no entre la economía y el medio ambiente.

Dado el interés de políticas en ciertos flujos monetarios de la energía desde y hacia gobierno con fines ambientales, sería apropiado medir los impuestos y subsidios específicos de la energía y flujos similares (como subvenciones de inversión para capturar fuentes de energía renovables). Además, serían de interés varios otros agregados económicos, relacionados con la actividad de extracción y exploración, en este sentido, las medidas de valor agregado, así como los pagos de alquiler por el acceso a los recursos, podrían ser particularmente relevantes. También podría centrarse en el nivel de inversión en equipos de extracción y en el estado de los activos productivos asociados (como la condición de la infraestructura de extracción de gas de un país).

6. Iniciativa de Reporte Global GRI

La **Iniciativa de Reporte Global (GRI)** por sus siglas en inglés es una organización independiente que, desde el año 1997, ha colaborado con empresas y gobiernos en cuestiones críticas de sostenibilidad. Actualmente, las directrices de GRI a menudo se utilizan en combinación con otras iniciativas, marcos y orientaciones internacionales. Mantiene alianzas estratégicas con la OCDE, PNUMA y el Global Compact de las Naciones Unidas. Además, su marco tiene sinergias con el IFC, la ISO 26000, la UNCTAD y la Iniciativa de la Carta de la Tierra. Los estándares específicos de reportabilidad para la economía, el ambiente y social son los GRI 200, GRI 300 y GRI 400 respectivamente. El estándar Ambiental incluye los tópicos GRI 302 de la energía y el GRI 303 del agua y efluentes.

Respecto al GRI 302, su objetivo es que la organización reporte: i) 302-1 Consumo de energía dentro de la organización, ii) 302-2 Consumo de energía fuera de la organización, iii) 302-3 Intensidad energética, iv) 302-4 Reducción del consumo de energía y v) 302-5 Reducción en los requerimientos de energía de productos y servicios (GRI 302, 2016).

El GRI 303, del agua, incluye reportes sobre los enfoques de gestión y de temas específicos. Los Reportes con enfoque de Gestión son: el 303-1 de Interacciones con el agua como recurso compartido y el 303-2 de Gestión de los impactos relacionados con la descarga de agua. Los Reportes de Temas Específicos son: el 303-3 de Retiro de agua, el 303-4 de Descarga de agua y el 303-5 de Consumo de agua (GRI 303, 2018).

Todos los documentos de los estándares GRI 300 explican detalladamente la metodología, criterios y definiciones. Además, para los 302 y 303 definen específicamente los tipos de fuente, usos, consumos interacciones, cuestiones económicas asociadas y métodos, inclusive, el GRI 303 indica ejemplos de planillas de trabajo para presentar la información requerida³².

Como consideraciones finales, se deben orientar esfuerzos para armonizar conceptos como agua extraída, uso y consumo de agua, la circulación interna, la reutilización, periodos correspondientes a volúmenes de entrada y salida, y algunos más complejos como tasa de evaporación o pérdidas por infiltración, límites de cuantificación y la unidad unitaria de medición del consumo.

³² Todos los documentos y estándares GRI están disponibles gratuitamente en línea, <https://www.globalreporting.org/standards>.

B. Estadísticas de uso de agua y energía en la minería

Del análisis elaborado en este capítulo, respecto al agua, en Canadá las estadísticas están basadas en cuatro encuestas de consumo de agua, la del sector industrial, de agricultura, la de agua potable y las encuestas municipales ambientales de agua y aguas residuales. Una de las limitantes de esta información es que es bianual y el registro inicial es del 2005 y el último consta del año 2013.

En Australia las estadísticas del agua son anuales y a nivel agregado para la minería, la recopilación y fuentes de datos son el censo WSSS y el Censo Agrícola, las encuestas EWES, EIS y REACS, las Cuentas Nacionales de Australia y las Estadísticas demográficas, siendo el último año de registro 2017-18.

Las empresas mineras asociadas al GRI reportan anualmente y son voluntarios, la metodología del GRI 303 (agua) se actualizó el año 2018, exigiendo su aplicación para el año 2021.

El ICMM, tiene una Guía práctica para una presentación coherente de informes sobre el agua desde el año 2017.

Las cuentas ambientales de Las Naciones Unidas del agua tienen como propósito estandarizar conceptos, definiciones y métodos de la contabilidad, organizar la información hidrológica y económica, además, levantar las externalidades sobre los recursos hídricos debido al uso económico. Proporciona clasificaciones armonizadas de stocks, de flujos medioambientales y presiones al ambiente. Incluyen transacciones monetarias por los intercambios de agua, costos ambientales de los recursos hídricos, inversión en infraestructura y las emisiones contaminantes hacia el ambiente.

Los Análisis de ciclo de vida (ACV) y huella hídrica son elaborados con el propósito de monitorear y documentar posibles impactos ambientales. Esta metodología puede registrar la contabilidad del agua y la energía utilizadas en la obtención de los minerales y metales. Debido a que el agua puede ser reciclada varias veces en un proceso y ser devuelta a las cuencas hidrográficas, la ISO elaboró un sistema exclusivo para la gestión medioambiental y la huella del agua. El ACV según la ISO tiene cuatro fases, en donde la segunda fase es el análisis de inventarios que implican la elaboración de datos de entrada/salida del sistema en estudio, bases de datos de las extracciones, uso, consumo y descargas de agua y de energía. El límite del análisis es una consideración importante que influirá en gran medida en el resultado final del estudio basado en ACV porque determinar los límites geográficos apropiados para los sitios mineros no es una tarea sencilla. En la producción de metales solo se ha considerado huellas de agua directas y, a veces, indirectas.

Las fuentes de datos del suministro físico y uso de energía de Australia son la publicación anual "Australian Energy, Statistics-Energy Update" (AES), además, los valores monetarios se basan en precios implícitos y datos de gastos de distintas fuentes, que incluyen las encuestas del ABS. Se agrupan según el código ANZSIC que considera Minería y la Industria (fundición y refinación) y calculan los GEI asociados por actividad.

En Canadá las encuestas son el instrumento principal para la obtención de datos, las que se complementan con información de suministro y producción de energía del *Statistics of Canada*. Cuentan con estadísticas de consumo de energía en Peta Joules (PJ) y de gases efecto invernadero (GEI) desde el año 1990. Utilizan el sistema de clasificación NAICS, con Minería (minerales base, mineral de hierro, mineral de potasio) e Industrial (hierro y acero, cemento y fundiciones y refinación).

El Sistema de contabilidad ambiental y económica de la energía (Naciones Unidas) incorpora tres tipos de contabilidad el flujo físico, el flujo monetario para transacciones relacionadas con la energía y las de activos en términos físicos y monetarios. Los flujos físicos se registran desde el medio ambiente hacia la economía, además, dentro de la economía (como productos energéticos) y también desde la economía hacia el medio ambiente (como pérdidas, principalmente en la forma de calor disipativo). Se basan en las tablas de suministro y uso del Marco Central de la contabilidad ambiental y económica general. El flujo monetario representa las transacciones relacionadas con la energía. Los flujos físicos de energía se

asocian con flujos monetarios indicando diversas transacciones entre unidades económicas. Las tablas de suministro y uso monetario de energía tienen un alcance más limitado, porque registran los flujos de productos energéticos únicamente dentro de la economía y no entre la economía y el medio ambiente. La unidad utilizada es el joule.

Las metodologías internacionales analizadas de las estadísticas del agua y la energía difieren entre ellas, la mayoría se basa en encuestas y censos, tienen conceptos parecidos, pero con diferencias en su alcance y significado, por otra parte, difieren en las series de tiempo; respecto al agua son agregadas por industria y algunas metodologías no son obligatorias como el GRI. Los ACV son sensibles a la definición de los límites geográficos, siendo los consumos directos más precisos, pero los indirectos condicionan de manera importante el resultado final. En las estadísticas de uso de energía, la mayoría de las fuentes primarias y secundarias son similares, mas no la totalidad, utilizan distintos códigos de clasificación (Australia y Canadá), siendo iguales las categorías principales de Minería e Industrias, pero al desagregarlas se observan diferencias, además, aparte de las encuestas consideran los informes de organismos públicos especialistas en la materia que incluyen los GEI.

Las cuentas ambientales de Las Naciones Unidas están orientadas a la economía en su conjunto y su relación con la naturaleza, siendo difícil adaptar solo al sector minero. Estas metodologías consideran flujos de entrada y salida del agua y energía, los flujos internos entre la economía y la contabilidad económica, monetaria y las presiones ambientales debido al uso de estos recursos, atendiendo de manera amplia las actividades humanas tanto económicas como su relación con el medio ambiente.

En síntesis, si se comparan las experiencias anteriores con la contabilidad del uso de los recursos agua y energía que se observa en la metodología de Chile de las estadísticas del uso del agua y la energía para el cobre, este es un instrumento único que permite identificar de forma desagregada los consumos unitarios por tipo de proceso, hacer proyecciones de consumo y contabilizar los GEI directos e indirectos. Esta metodología podría contribuir al cálculo del consumo directo de los ACV. Considerando que los procesos unitarios de extracción mina y de la metalurgia extractiva son conocidos para los distintos metales base³³, los preciosos³⁴ y también para los ferrosos, sería posible adaptar la metodología del cobre hacia otros metales, posibilitando gestionar los procesos críticos por tipo de mineral, lo que hace más sostenible la utilización de estos recursos, obteniendo mayor y mejor información por metal, como también, para la toma de decisiones de políticas sobre la base de información, para mitigar conflictos socioambientales e impactos ambientales específicos.

³³ Cobre, níquel, cinc, estaño, plomo y aluminio

³⁴ Oro, plata y platino

III. Experiencias de los países andinos con énfasis en Chile y Perú en estadísticas en el uso del agua y la energía en la minería

En este apartado se hace especial énfasis en la metodología de estadísticas de los países de Chile y Perú, sin embargo, en el resto de los países andinos, se observó que sólo en Colombia se elaboró una estimación del uso del agua en minería por parte de la UPME³⁵, los datos indican que participó con el 1,76% del total nacional de captación de agua. Están desagregadas por los diferentes minerales que explotan, siendo el de mayor intensidad de consumo de agua el oro, siguen las esmeraldas y luego el níquel, la información corresponde al año 2017.

El propósito de este trabajo es contar con metodologías para el registro y gestión del uso del agua y la energía en la minería, en ese sentido, COCHILCO tiene una metodología que, a diferencia de otras, es aplicada de manera específica al cobre, sin embargo, esta tiene la potencialidad de poder adaptarse a la explotación de otros minerales. Por su parte, Perú tiene un acervo de estadísticas que desde hace un tiempo la Dirección General de Promoción y Sostenibilidad Minera está publicando en boletines periódicos. Ambos países mediante la cooperación sur-sur han intercambiado metodologías estadísticas en la minería, Chile específicamente para el uso del agua y la energía en procesos mineros del cobre, y Perú con aportación para la adecuación a la explotación del oro.

A. Caso de Chile: estadísticas de COCHILCO sobre uso de agua y energía en la minería del cobre

En Chile la industria minera es uno de los sectores económicos más importantes del país, entre los años 2012 a 2017 representó el 10,6% del PIB, en el mismo periodo las exportaciones mineras alcanzaron un promedio de \$ 38.700 millones de dólares equivalentes al 55% de las exportaciones totales (Cochilco, 2017).

Según el atlas del agua de la Dirección General de Agua de Chile (DGA, 2016), la industria minera utiliza el 3% del suministro de agua, sin embargo, la ubicación geográfica de las operaciones mineras se

³⁵ UPME, en línea <http://www1.upme.gov.co/simco/Cifras-Sectoriales/Paginas/captacion-de-agua-sector-minero.aspx>.

concentra principalmente en el norte y centro del país. El norte de Chile es una de las áreas más secas del planeta, existe escases de los recursos hídricos, a la vez que va aumentando la demanda por los usuarios industriales y las comunidades, entre otros. La escases hídrica se convertiría en un factor limitante para el desarrollo regional.

Al año 2017, el consumo de la energía en la industria extractiva del cobre fue de 169.923 TJ, que representó el 14% del consumo total del país. Esto se puede desagregar en un 51,8% de consumo de energía eléctrica y en un 48,2% de combustibles, las fuentes energéticas utilizadas están en proporciones similares, sin embargo, a nivel de procesos muestran significativas diferencias, como es el caso del consumo de combustibles, donde la minería superficial consume el 77% del total seguido de las fundiciones con un 9%; mientras que el consumo eléctrico se divide principalmente en el proceso de concentración con un 57% seguido del proceso de electro-obtención con un 22% del total.

En relación con los costos, el consumo eléctrico representó \$1,417 miles de millones en contraste con los \$596 miles de millones asociados a los combustibles, es decir, cerca de 2,5 veces la electricidad sobre los combustibles. Se estima que el consumo energético total en la minería del cobre representa un 14% de los costos totales. Los cambios estructurales de la minería del cobre imponen desafíos relevantes para su explotación, el envejecimiento de las minas, el endurecimiento de la roca, la caída de las leyes, la construcción de plantas desalinizadoras y el aumento progresivo de la producción de concentrados, tienen efectos en el aumento del consumo energético, y cierto nivel de disminución de la producción que se ha observado entre los años 2013 al 2017, con una caída de 4,7%, en tanto que el consumo energético aumento un 9,7%.

Una de las condiciones para que esta actividad se mantenga y se proyecte en el tiempo es la disponibilidad de ambos insumos, en cantidades acordes al aumento proyectado de la producción de minerales; al mismo tiempo, se han desplegado esfuerzos constantes para hacer eficiente el consumo, como también, disminuir las emisiones de gases efecto invernadero. Las estadísticas desagregadas del uso de agua y la energía en la obtención de cobre, permiten gestionar eficientemente estos insumos siempre escasos, como también, dar apoyo a las políticas sectoriales, mantener informada a la sociedad civil, a los grupos de interés y gestionar y mitigar los impactos sobre el medio ambiente.

Hasta el último informe publicado, las operaciones mineras de cobre catastradas correspondieron al 99,9% de la producción de cobre del país, este es un trabajo de carácter permanente que lleva la Comisión Chilena del Cobre, que tienen por objetivo monitorear el uso de estos recursos estratégicos, aumentar la disponibilidad y transparencia de la información y servir como análisis para la deliberación pública.

1. Metodología

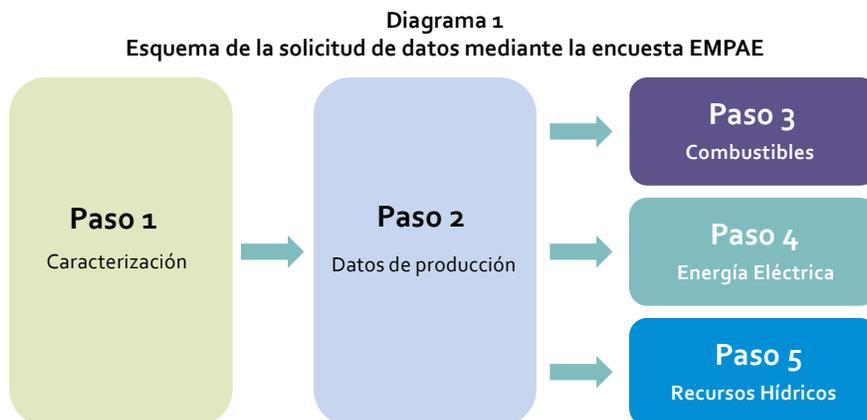
Las estadísticas mineras del agua y la energía del cobre se elaboran desde el año 2000, la obtención de información es mediante la Encuesta Minera de Producción, Agua y Energía (EMPAE), dirigida a las empresas públicas y privadas de cobre del país. Con esta información, COCHILCO determina el consumo agregado y unitario de agua y energía, su tendencia y proyecciones, indica las fuentes, y presenta los resultados de manera desagregada por tipo de procesos y zona geográfica. En conjunto con la cartera de proyectos mineros, elabora las proyecciones de consumo de agua y energía con un horizonte de 12 años. Esta información es de carácter público y anualmente se hacen actualizaciones.

a) Encuesta EMPAE

La metodología se puede sintetizar en tres pasos:

- La fuente de información es la encuesta EMPAE, enviadas en el mes de enero por COCHILCO a las empresas y devueltas por éstas el mes de marzo a la comisión. Aquí se consultan la producción, consumo de energía y agua por proceso, producción, leyes y una serie de datos más.
- Se revisa la información entrega por las empresas y se solicitan ajustes en caso de existir discrepancias con otras fuentes de información o valores atípicos respecto a la información histórica.

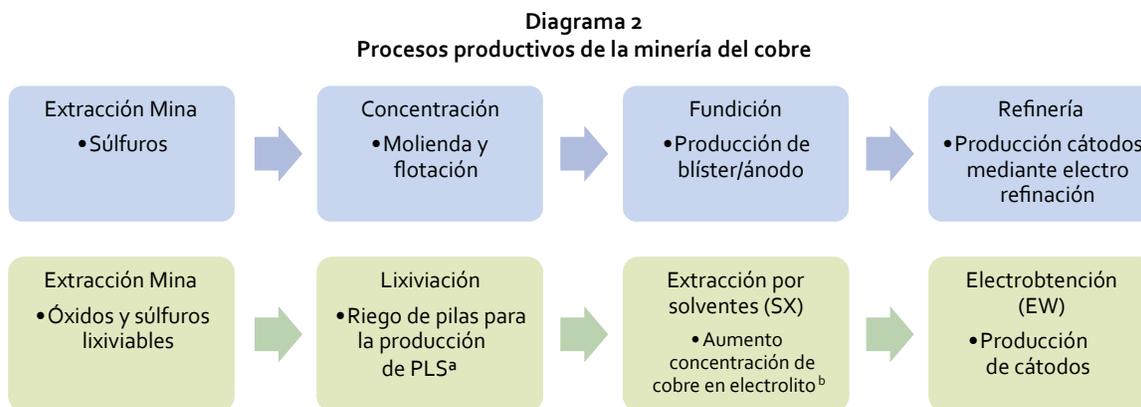
- Sobre la base de la información suministrada por las operaciones mineras se determinan los consumos globales y unitarios de agua y energía, sus fuentes, por procesos, por regiones y las proyecciones de consumo de ambos insumos, como también, se calculan los gases de efecto invernadero emitidos de forma directa e indirecta.



Fuente: Cochilco, Taller 1: “Intercambio metodológico de estadísticas mineras entre Chile y Perú”, Lima Perú mayo de 2019.
Nota: En el anexo 2 se encuentra el detalle de las encuestas.

b) Definición de procesos productivos de la minería del cobre

Para la construcción de las estadísticas del agua y la energía definieron dos líneas de procesos productivos, la primera de minerales sulfurados y la otra de minerales oxidados y sulfuros lixiviables, ver diagrama 2.



Fuente: COCHILCO.

^a PLS: solución de lixiviación cargada con hasta 9 gramos por litro, por sus siglas en ingles de pregnant leaching solution.

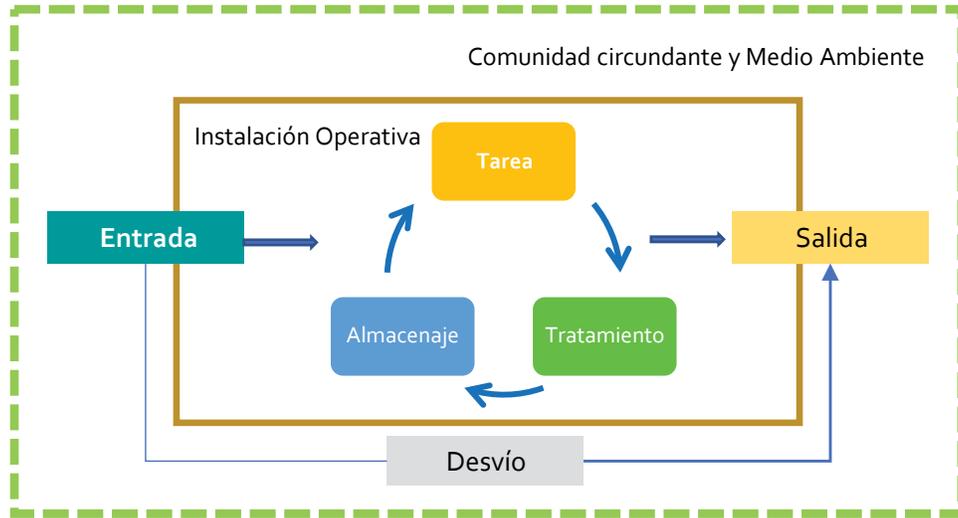
^b Electrolito: solución que contiene el cobre en forma de ion (catión con carga +2), utilizada en el proceso de electrolisis. https://www.codelco.com/glosario/prontus_codelco/2016-06-22/175933.html.

Con esta clasificación de procesos productivos principales, es posible utilizar criterios y modelos que permiten orientar las estadísticas finales e indicadores definidos.

c) Esquema del ciclo del agua en operaciones mineras

En relación con el agua, utiliza un esquema del ciclo del agua en operaciones mineras, sobre la base del Marco de Contabilidad del Agua (Water Accounting Framework WAF) del Centro del agua para los minerales industriales de la universidad de Queensland; define un conjunto de parámetros normalizados para la presentación de informes sobre el agua de la industria minera y metalúrgica. Ver diagrama 3.

Diagrama 3
Ciclo del agua en operaciones mineras



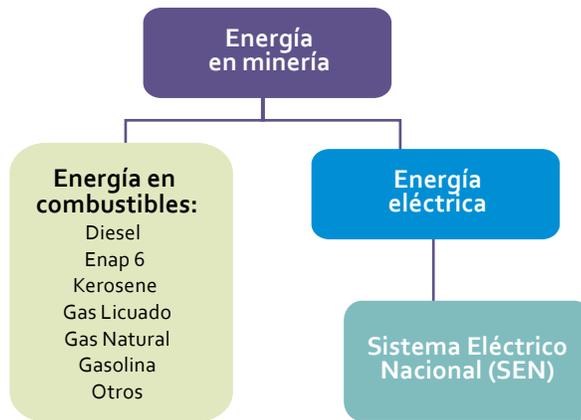
Fuente: Cochilco, sobre la base del WAF, Queensland University.

Las fuentes de agua definidas son: continental, de mar, aguas recirculadas del proceso minero y terceros. El agua total es aquella necesaria para mantener a régimen el proceso productivo, que corresponde al total de entradas de agua que pueden provenir de distintas fuentes.

d) Energía utilizada en minería del cobre

Mientras que, para la energía, el modelo que se utiliza diferencia la energía proveniente de combustibles (Diesel, Enap 6, Kerosene, gasolina y otros) y la energía eléctrica que suministra el Sistema Eléctrico Nacional (SEN)

Diagrama 4
Tipo de energía utilizada en minería del cobre



Fuente: Cochilco.

Obtenidos los datos de tipos de combustible consumidos en los distintos procesos definidos, se realiza la estimación de los gases de efectos invernaderos (GEI), considerando el dióxido de carbono CO₂, metano CH₄ y óxido nitroso N₂O, sobre la base de la metodología del Panel Internacional del Cambio Climático (IPCC por sus siglas en inglés).

Las otras dos proyecciones que se realizan son el consumo del agua en la minería del cobre y el consumo de energía con un mismo horizonte de tiempo, ambos utilizan un vector de ajuste calculado por Cochilco, además, los proyectos anunciados en Chile que se encuentre en el sistema de calificación ambiental, en etapas conceptuales, de factibilidad, de detalle y en construcción, con esos criterios se elaboran los escenarios.

2. Fuentes y recolección de información

La fuente de información son todas las operaciones mineras del cobre, de la gran y mediana minería del país. La forma de recolección es mediante el envío de la encuesta EMAPE por parte de COCHILCO a las empresas y posterior devolución con la información requerida. La encuesta EMPAE se realiza mediante un archivo Excel que incluye los pasos del Diagrama 1, donde se inicia con la caracterización de la empresa, y luego el llenado de las encuestas propiamente tal.

A partir del esquema de solicitud de datos EMPAE se especifica cada una de las encuestas, en el anexo Y se adjunta el detalle de las encuestas:

- **Datos de caracterización:** donde se incluye las características de la empresa, región o altitud entre otros. Luego una parte de los procesos mineros, como método de explotación, específicas de procesos planta, la fundición y refinación (si tuviesen). Tipo de minerales (óxidos o sulfuros) y en el punto "otros" cuestiones como agua de mar, energías renovables, puerto y campamento.
- **Datos de producción:** mineral extraído mina, leyes, lastre, horas promedio trabajadas, trabajadores año, lastre o estéril extraído, razón lastre/mineral. Algunos datos operativos de los equipos utilizados para el manejo de materiales, tiempos de mantenimiento, disponibilidad y otros. Datos operativos del chancado y de acarreo. Lo mismo para minería subterránea, las unidades son variadas, principalmente kilotoneladas métricas, horas, y porcentaje. Cantidad de mineral procesado en planta, leyes, recuperación, producción y capacidad, lo mismo para el proceso de lixiviación, extracción por solventes y electro obtención. Fundición, como volumen procesado, concentrado procesado, producción, producción de ácido y oxígeno y capacidad. En refinería, la producción de cátodos ER, barras anódicas y capacidad.
- **Energía eléctrica:** se consulta el consumo de combustibles en los procesos identificados (Mina rajo y subterránea, Planta, LXSXEW, servicios, fundición, refinería y planta minerales nobles), los datos son solicitados según el combustible en metros cúbicos, litros o kilogramos. Además, los datos de consumo de electricidad en los procesos generales definidos, cada uno de estos se desagregan por las operaciones unitarias correspondientes, además se agrega la consulta de autogeneración, los datos se solicitan en kilo watt hora.
- **Recursos hídricos:** contempla las fuentes de extracción como agua superficial, agua subterránea, aguas adquiridas a terceros y aguas recirculadas, luego, consumo de agua por proceso y la sesión o venta a terceros, los datos se solicitan en litros por segundo.

3. Agua: consumo y proyección

a) Agua: consumo

La metodología para el **consumo anual de agua** se basa en Cochilco (2015), esta consiste en extrapolar el consumo de agua fresca para la totalidad de la producción de cobre del país, lo que se realiza a nivel regional entre las regiones de Tarapacá y Del Libertador General Bernardo O'Higgins. La extrapolación se realiza considerando los totales de producción regional indicados anualmente por el SERNAGEOMIN y el porcentaje de representatividad de las encuestas según las siguientes ecuaciones:

$$\text{Representatividad región } i \text{ (\%)} R_i = \frac{\sum_{j=1}^n C_{ij}}{TMF_i} \quad (a)$$

$$\text{Extracción agua fresca por año región } i \text{ (m}^3 \text{ / año)} = \frac{\sum_{j=1}^n Q_{ij}}{R_i} \quad (b)$$

El término C_{ij} representa la producción de cobre de la operación j en la región i , mientras que TMF_i corresponde al total producido por todas las fuentes en la región. La variable Q_{ij} agrupa el consumo de agua fresca de la operación j ubicada en la región i .

Para efectos de cálculo se considera toda agua de mar que es extraída desde la costa. Esta tiene dos vías posibles, ya sea utilizada directamente en los procesos o previa desalinización. Es importante destacar que el uso de agua de mar no requiere derechos de agua competitivos con el agua fresca.

$$\text{Extracción de agua Salada (m}^3\text{)} = \text{Agua Desalinizada (m}^3\text{)} + \text{Agua de mar sin desalar (m}^3\text{)}$$

Respecto a la **Recirculación**, debido a la dificultad de medir con exactitud todas las aguas recirculadas en las diferentes etapas y procesos, la fórmula presentada corresponde a un método sencillo de aproximación para obtener el valor de referencia buscado, sin perjuicio de la posibilidad que tienen algunas empresas de medir todos los flujos del proceso y obtener el valor real.

$$\text{Recirculación Total} = [\text{Agua Total m}^3 - \text{Agua Fresca m}^3 - \text{Agua de mar (m}^3\text{)}] / \text{Agua Total (m}^3\text{)}$$

$$\text{Recirculación Agua Fresca} = [\text{Agua Total m}^3 - \text{Agua Fresca (m}^3\text{)}] / \text{Agua Total (m}^3\text{)}$$

b) Agua: Proyección

Para las **Proyecciones de consumo de agua** se utilizan los siguientes criterios:

- i) Actualización de la proyección de producción de cobre tanto en concentrados como en cobre fino en el período de tiempo de estudio,
- ii) determinación del consumo unitario de agua por proceso y empresa minera,
- iii) determinación de la probabilidad de ocurrencia de la proyección de producción, diferenciando un escenario máximo, más probable y mínimo, y
- iv) con lo anterior, modelación de la proyección de consumo de agua esperado para el período determinado.

Para el punto i se utiliza el catastro de proyectos que elabora COCHILCO año a año con la información actualizada de las operaciones y nuevos proyectos al horizonte de tiempo definido, con lo que se estima la proyección de producción, en concentrados, en cátodos SxEw, en fundición y refinería.

Los consumos unitarios de agua fresca de la industria minera del cobre son conocidos anualmente, además, los coeficientes unitarios de consumo de agua continental por tonelada de mineral tratado para el caso de los concentrados, el consumo de agua continental por tonelada de cobre fino producido en el caso de los cátodos, consumo de agua continental utilizada en el área mina por tonelada de cobre fino producido, el consumo unitario en fundición y refinería y en el ítem otros.

Sobre la base de información histórica de los proyectos de inversión materializados, se determina la probabilidad de ocurrencia de producción prevista en las fechas presentadas y, se crean tres escenarios de consumo de agua. Para establecer coeficientes unitarios de las operaciones y proyectos se utilizan los siguientes criterios:

- Para las faenas en operación se utiliza el coeficiente de consumo de agua continental reportado al último año calculado.
- Para proyectos de expansión se utiliza el mismo coeficiente que la operación madre u operaciones de análogas características.
- Para efectos de la proyección estos coeficientes se mantienen constantes.
- Para los nuevos proyectos se consideran coeficientes unitarios de operaciones similares, o el promedio de la industria.

- En el caso de agua de mar se establecen coeficientes similares a los de las operaciones actuales con agua de origen marino.
- Para los proyectos que tienen asociado el uso de agua de mar se rigen en base a las capacidades de las plantas y sistemas de impulsión.

c) Escenarios de materialización de proyectos

Dada la incertidumbre de las operaciones mineras y de sus proyectos de inversión, se estima la probabilidad de que éstos alcancen su capacidad nominal esperada en las fechas tentativas. Para lo anterior, se elaboran tres escenarios posibles, el primero es el mínimo, aquí se suponen condiciones que posterguen las decisiones de inversión de los proyectos y la producción se mantenga sin cambios. El segundo, es el más probable, sobre la base de información histórica que tiene COCHILCO, en donde se observa la producción real versus la estimada desde el año 2005. El tercero es el máximo, en donde las faenas y proyectos alcanzan sus producciones estimadas en los plazos declarados. Entonces se definen de la siguiente manera:

- **Escenario de producción máxima:** considera que las operaciones continúan según lo planificado y todos los proyectos se ponen en marcha en la fecha y capacidad productiva estimada actualmente por sus titulares. Es, por cierto, un escenario optimista.
- **Escenario de producción más probable:** pondera los perfiles de producción de cobre esperado y reportado por las firmas mineras con valores menores a la unidad, ya que existe una alta probabilidad de que los proyectos sufran variaciones y no se lleven a cabo en la fecha y capacidad productiva estimada inicialmente. Esta ponderación fue determinada por Cochilco en base a información histórica del comportamiento de proyectos mineros materializados publicados por Cochilco en los catastros de proyectos históricos.
- **Escenario de producción mínima:** que ajusta el escenario más probable con cifras inferiores dentro de un criterio técnico razonable. Es, entonces, un escenario pesimista.

El valor del consumo de agua para un año t se calcula como se muestra en la ecuación (xx):

$$\text{Consumo_Agua}_t = \sum_i E [(X_{ijkt}; Y_{ijkt}; Z_{ijkt})] \quad (\text{xx})$$

Donde,

- i: Faena minera considerada.
- j: Tipo de producto final considerado.
- K: Condición/estado del proyecto minero considerado³⁶.
- t: Año considerado en el periodo de proyección.
- f: Distribución de probabilidad que describe el rango de valores que puede tomar el consumo de electricidad y la probabilidad asignada a cada valor de acuerdo con las variables de entrada.
- Z_{ijkt} : Corresponde a la producción máxima de cobre fino en la faena i, en el proceso j, de acuerdo con la condición/estado k del proyecto, en el año t. La unidad de medida es ktpa.
- Y_{ijkt} : Corresponde a la producción más probable de cobre fino en la faena i, en el proceso j, de acuerdo con la condición/estado k del proyecto, en el año t. La unidad de medida es ktpa.
- X_{ijkt} : Corresponde a la producción mínima de cobre fino en la faena i, en el proceso j, de acuerdo con la condición/estado k del proyecto, en el año t. La unidad de medida es ktpa.

El ponderador para la capacidad de la operación o proyecto depende del estado y condición del proyecto y del escenario que se estaba generando. Se determinaron vectores en base a información histórica de proyectos, obtenida de los catastros de proyectos históricos publicados por COCHILCO. Para el caso de los proyectos el año 1 corresponde al año de puesta en marcha previsto en el catastro de proyectos de COCHILCO del último año realizado. Los vectores de probabilidades utilizados según el escenario, estado y condición del proyecto se presentan en el cuadro 12:

³⁶ Las condiciones/estados de los proyectos que se establecen en el presente informe son: Base, Probable, Posible-factibilidad, Potencial-factibilidad y Potencial-prefactibilidad.

Cuadro 12
Escenarios de materialización de proyectos

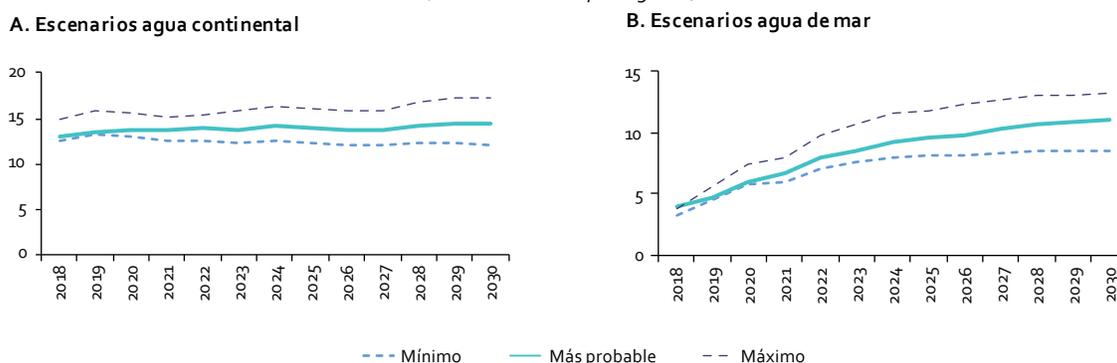
Escenario Mínimo														
	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10	Año 11	Año 12	Año 13	Año 14
Potencial Prefactibilidad	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16
Potencial Factibilidad	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32
Posible Factibilidad	0,49	0,49	0,49	0,49	0,49	0,49	0,49	0,49	0,49	0,49	0,49	0,49	0,49	0,49
Probable	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72
Base	0,84	0,84	0,84	0,84	0,84	0,84	0,84	0,84	0,84	0,84	0,84	0,84	0,84	0,84
Escenario Más Probable														
	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10	Año 11	Año 12	Año 13	Año 14
Potencial Prefactibilidad	0,16	0,28	0,32	0,37	0,42	0,45	0,49	0,55	0,69	0,7	0,72	0,8	0,81	0,83
Potencial Factibilidad	0,32	0,37	0,42	0,45	0,49	0,55	0,69	0,7	0,72	0,8	0,81	0,83	0,84	0,84
Posible Factibilidad	0,49	0,55	0,69	0,7	0,72	0,8	0,81	0,83	0,84	0,84	0,85	0,88	0,92	0,92
Probable	0,72	0,8	0,81	0,83	0,84	0,84	0,85	0,88	0,92	0,92	0,92	0,93	0,93	0,93
Base	0,84	0,85	0,88	0,92	0,92	0,92	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93
Escenario Máximo														
	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10	Año 11	Año 12	Año 13	Año 14
Potencial Prefactibilidad	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Potencial Factibilidad	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Posible Factibilidad	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Probable	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Base	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Fuente: COCHILCO.

En el escenario más probable está implícito que un proyecto potencial en prefactibilidad tarda dos años en pasar a factibilidad, luego, dos años a la categoría posible, posteriormente, otros tres años hasta probable y dos años de probable a base. En el caso del escenario mínimo, se consideró un mayor retraso en las decisiones de inversión para los proyectos en las categorías posibles y potencial, asignándoles una menor probabilidad de materialización.

A partir de los escenarios se obtiene tres valores de consumo anual del proceso individualizado, uno por cada escenario, los que se someten a la simulación Montecarlo con el fin de generar una distribución probabilística de su consumo anual, a la que se le calcula el estadístico valor esperado. Los valores esperados de cada una de las distribuciones obtenidas se sumaron para obtener el consumo esperado de agua. Estos escenarios corresponden a los inputs de la simulación de Montecarlo, que da como resultado el vector de valor esperado.

Gráfico 1
Escenarios de consumo de agua en la minería del cobre, período 2018-2030
(En metros cúbicos por segundo)



Fuente: COCHILCO.

4. Energía: consumo y proyección. Metodología de las estadísticas e indicadores

a) Energía: consumo

La metodología de **consumo de energía** se basa en los siguientes pasos (Cochilco, 2018):

- Se obtiene información mediante la EMPAE, donde se consultan los niveles de producción, consumo de energía y agua por proceso minero.
- Se revisa la información recibida y en caso de existir discrepancias con otras fuentes de información o valores atípicos respecto de la información histórica, se solicitan ajustes a las empresas.
- En base a la información suministrada por las operaciones mineras se calculan los consumos globales y unitarios de energía eléctrica y de combustibles, por procesos y a nivel nacional. Los consumos totales se presentan en Tera Joules (TJ) y los consumos unitarios en mega Joules por tonelada métrica (MJ/TM).

Se utilizan los procesos definidos en las dos líneas de producción de cobre, óxidos y sulfuros. En la categoría de Servicios, se incluyen el consumo asociado a campamentos, talleres, impulsión y desalación de agua de mar, entre otros. El suministro eléctrico proviene del Sistema Eléctrico Nacional (SEN), además, reconocen los combustibles energéticos de: carbón, gasolina, Diesel, enap 6, kerosene, gas licuado, gas natural, leña, butano y escaid 110, utilizando la conversión a mega joule (MJ) del cuadro 13.

Cuadro 13
Coefficientes de conversión de unidades físicas de combustibles a energía

Combustible	Unidad	Cantidad	Energía útil en Mega joule (MJ)
Carbón	kg	1	29
Gasolina	m ³	1	34 208
Diesel	m ³	1	38 309
Enap 6	t	1	43 932
Kerosene	m ³	1	37 618
Gas Licuado	kg	1	51
Gas Natural	m ³	1	39
Leña	kg	1	15
Butano	Lts	1	29
Nafta	m ³	1	34
Propano	m ³	1	26
Escaid 110	t	1	36 028

Fuente: Cochilco (2018).

Consumo de Combustibles: la energía de combustibles a nivel nacional corresponde al total del consumo de las diferentes faenas consideradas en la encuesta EMPAE, como se muestran en (cc).

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

Donde i corresponde a la faena minera.

El consumo unitario de combustible es medido como la energía usada en el procesamiento de una tonelada de cobre fino contenido, por procesos y por faena; se calcula transformado a unidades energéticas (según tipo de combustible, véase cuadro 13), y luego, se divide por el cobre fino contenido en el producto de dicho proceso (véase ss). Para los cálculos de consumos unitarios de combustible por tonelada de cobre fino, a nivel nacional y por proceso, se considera que los consumos unitarios por faena sean ponderados de acuerdo con su aporte de cobre fino al total nacional según el proceso en cuestión como se muestra en (rr).

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

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

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

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

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

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

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

Para el **consumo de Energía Eléctrica**, la metodología utilizada para efectuar el cálculo de los indicadores de consumo de electricidad a nivel global y unitario se presentan en (ññ), (ll), (kk), (uu) y (ii), siguiendo la misma nomenclatura presentada anteriormente.

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

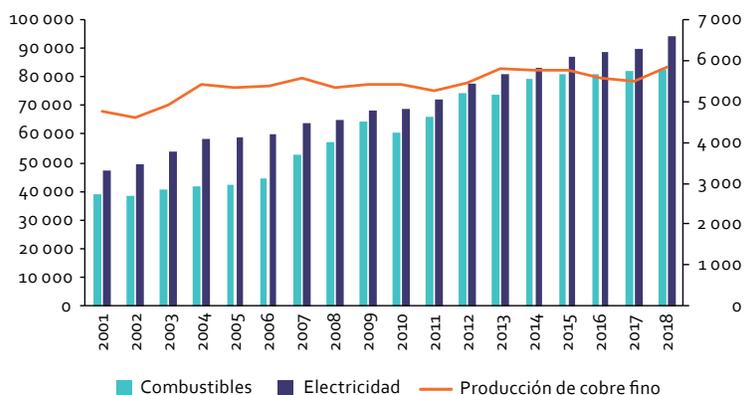
$$\text{Cons. Unit. de Elec. x Cu Fino}_{ij} = \frac{\text{Energía Eléctrica consumida}_{ij} \text{ (MJ)}}{\text{Cobre fino contenido}_{ij} \text{ (TMF)}} \text{ (MJ/TMF)} \quad (\text{ll})$$

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

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

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

Gráfico 2
Consumo total anual de energía en minería del cobre, período 2001-2018



Fuente: Cochilco (2018).

b) Energía: proyección

La proyección de consumo eléctrico en minería del cobre considera faenas mineras actualmente en operación, proyectos mineros en etapa de construcción y proyectos de inversión con posibilidades de concretarse durante el periodo definido, en base al informe Inversión En La Minería Chilena - Cartera de Proyectos publicado por COCHILCO en diciembre de cada año. Asimismo, también se consideran proyectos y operaciones mineras de oro y de hierro que tendrían una coproducción significativa de cobre en el periodo mencionado.

Atendiendo al creciente uso de agua de mar, la proyección de consumo eléctrico considera la operación actual y la entrada en operación de plantas de desalación e impulsión de agua de mar durante el periodo.

Se utilizan los coeficientes de consumo unitario de energía por faena y por procesos en base a datos operacionales provistos por las empresas mineras del país. A partir de esta información, se proyectan de forma determinística los coeficientes para el periodo definido. Para esto, se realiza una regresión normal-log basada en los consumos unitarios observados durante los últimos 18 años.

La construcción de los coeficientes involucra dos supuestos:

- El consumo unitario de energía eléctrica por procesos es creciente en el tiempo debido principalmente al envejecimiento de las minas y a menores leyes de mineral a procesar.
- No habrá cambios tecnológicos que incidan significativamente en los procesos mineros. Es decir, no se abordan posibles avances en eficiencia energética que puedan implementarse a futuro tanto en operaciones existentes como en proyectos nuevos, lo que incidiría en un menor consumo de electricidad.

A partir del año 2011, los coeficientes unitarios de energía en Servicios incorporan el consumo de electricidad por concepto de uso de agua de mar, por tanto, el pronóstico de este ítem se realiza sobre coeficientes estimados para el periodo 2001-2010, con el fin de no hacer una doble proyección respecto a uso de agua de mar. Con respecto a los procesos de desalación e impulsión para el uso de agua de mar, se utiliza la metodología descrita en Cochilco (2017) que se indica inmediatamente después de terminada la metodología de proyección de energía.

Al igual que la proyección del agua, se utilizan Escenarios de consumo eléctrico, dada las múltiples condiciones de variabilidad en la producción y consumo existentes, se definen tres escenarios, cada uno con distintos supuestos:

- **Escenario de consumo eléctrico máximo:** considera que todas las operaciones continúan según lo planificado y los proyectos posibles, potenciales y probables se ponen en marcha en las fechas y de acuerdo con las capacidades productivas estimadas actualmente por sus titulares.
- **Escenario de consumo eléctrico más probable:** considera que las operaciones no alcanzan los resultados planificados por los titulares en tanto que existen riesgos considerables de sufran retrasos y variaciones a la baja en su producción real con respecto a lo planificado.
- **Escenario de consumo eléctrico mínimo:** ajusta el escenario más probable con cifras inferiores dentro de un criterio técnico razonable.

Luego, para cada escenario se estima el consumo de electricidad a ocupar en cada faena y proceso. Esto se puede representar de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$Cons_{ijkt} = ProdEst_{ijt} PONDProd_{ikt} CoefUnit_{jt}$$

Donde,

- $Cons_{ijkt}$: Consumo de electricidad (en TWh) en la faena i, en el proceso j, de acuerdo con la condición/estado k del proyecto, en el año t.
- t: Periodo considerado.
- i: Faena minera considerada.
- j: Proceso minero considerado.
- k: Condición/estado del proyecto minero considerado³⁷
- $ProdEst_{ijt}$: Capacidad de procesamiento estimada según diseño en la faena i, en el proceso j, y la condición/estado k del proyecto en el periodo t.
- $PONDProd_{ikt}$: Ponderador de la producción estimada en base a información histórica según la condición de un proyecto k en una faena minera i en el periodo t. $PONDProd_{ikt} \in (0,1]$
- $CoefUnit_{jt}$: Consumo unitario estimado de electricidad en el proceso j en el periodo t.

Los ponderadores determinísticos son los mismos utilizados en el agua (véase cuadro 12). Luego, se determina el vector de ponderadores para la producción mínima de los proyectos, según su condición sobre la base de información histórica de COCHILCO y juicio de experto. Los pasos son: primero se efectuó el cálculo de los vectores correspondiente al promedio ponderado de las razones de producción real sobre la producción proyectada en faenas mineras de igual condición y estado; Segundo, estos valores fueron nuevamente ponderados por valores menores a la unidad según juicio de experto, con motivo de determinar valores mínimos realistas, de acuerdo con la condición del proyecto. Para el caso del escenario mínimo, se consideró un mayor retraso en las decisiones de inversión para los proyectos en las categorías posibles y potencial, que los deja con una menor probabilidad de materialización.

Una vez estimados los consumos máximos, mínimo y más probable, se estima el consumo esperado para cada faena y proceso considerado mediante una simulación de Montecarlo en función de los valores encontrados. De tal forma, el consumo anual queda representado como:

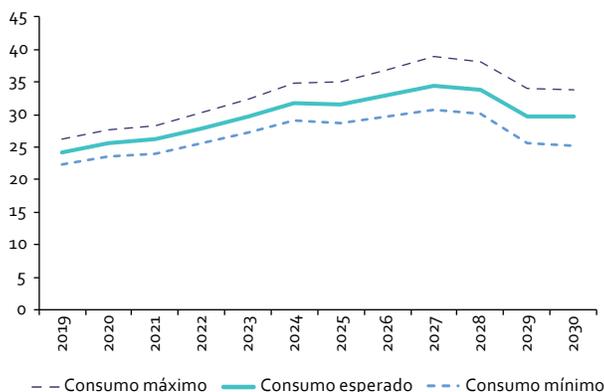
$$C_t = \sum_i \sum_j \beta_{ijkt} (Cons_{ijkt}^{max}, Cons_{ijkt}^{MP}, Cons_{ijkt}^{min})$$

Donde,

- C_t : Consumo de electricidad (en TWh) en minería del cobre en el año t.
- $Cons_{ijkt}^{max}$, $Cons_{ijkt}^{MP}$, $Cons_{ijkt}^{min}$: Consumo máximo, más probable y mínimo (en TWh) respectivamente en la faena i, en el proceso j, de acuerdo con la condición/estado k del proyecto, en el año t.

³⁷ Las condiciones/estados de los proyectos que se establecen en el presente informe son: Base, Probable, Posible factibilidad, Potencial-factibilidad y Potencial-prefactibilidad.

Gráfico 3
Escenarios de consumo eléctrico nacional de la minería del cobre, 2019-2030
 (En Tera Watts-hora)



Fuente: Cochilco.

c) Plantas y Sistemas de impulsión de agua de mar

La estimación de la potencia eléctrica requerida para **la planta y el Sistema de impulsión de agua de mar** se elabora mediante la metodología de Cochilco (2016). Para el cálculo de la energía se asume una tasa promedio de horas diarias donde se aplica la potencia. Los supuestos usados son los siguientes:

- Plantas en operación se mantienen según la vida útil de la faena a la que abastecen.
- El caudal de agua desalinizada/impulsada es según la proyección que hace Cochilco sobre el consumo de agua esperado de cada faena. La capacidad de la planta es lo que es en base a lo informado por las empresas.
- Se considera el mismo caudal para la planta desaladora y para su Sistema de impulsión en los casos que se utilice agua desalada.
- Todos los proyectos en estudio o pre-factibilidad comienzan a operar Inician su actividad en función del inicio en producción del proyecto minero asociado.
- Para el Sistema de impulsión se estimó el consumo energético en base a cota y distancia de la costa dimensionando la cantidad de bombas requeridas.
- Para la planta desaladora se estimó el consumo eléctrico según un factor por m3 de agua a desalinizar.
- Funcionamiento plantas generadoras de 360 días al año y 24 horas al día.
- Energía por m3 necesaria para desalinizar: 3.4KWh/m3.
- Eficiencia de bombas de 70%.
- Perdidas de carga horizontal: 0.03 Kwh/(m3/km)
- Consumo energía eléctrica por diferencia de cota: 0.003 Kwh/(m3/m)

Luego, se calcula la potencia requerida por las plantas desaladoras y luego la potencia necesaria para la impulsión del agua utilizando las siguientes fórmulas:

Cuadro 14
Cálculo de la potencia requerida en la desalación e impulsión de agua

Proceso	Potencia (MW)
Desalación de agua	$4 \frac{KWh}{m^3} \times Q \times \frac{3,6}{1000}$
Impulsión de agua	$\frac{g \times \rho \times Q \times H}{1.000.000 \times \eta_b \times \eta_m}$

Fuente: Cochilco.

Donde:

- g : Aceleración de gravedad, la cual es igual a $9,8 \text{ (m/s}^2\text{)}$.
- ρ : Densidad del agua, la cual es igual a $1000 \text{ (kg/m}^3\text{)}$.
- H : Altura (msnm).
- Q : Caudal en metros cúbicos por segundo (m^3/s).
- η_b : Rendimiento de bombas (%).
- η_m : Rendimiento del motor (%).

Para el Cálculo de la energía eléctrica a consumir, según la siguiente fórmula:

$$\text{Energía (TWh)} = \frac{\text{Potencia} \times \text{días} \times \text{horas}}{1.000.000}$$

Donde:

- Potencia: está expresada en MW.
- días: Se consideraron 360 días de operación en el año
- horas: Se consideraron 24 horas de funcionamiento diarias.

Luego, se **Generan escenarios** anuales para cada una de las plantas desadoras y Sistemas de impulsión, aplicándoles los mismos ponderadores de los proyectos mineros, además, un factor de 100%, 90% y 80% para los escenarios máximo, más probable y mínimo respectivamente, para agregarle variabilidad a la cantidad de días y horas de funcionamiento de las plantas y Sistemas de impulsión. Una vez listos los escenarios, se aplica el método de Montecarlo explicado en la metodología, donde se obtiene una distribución probabilística del consumo de energía anual para cada una de las plantas desaladoras y Sistemas impulsión. Luego, se calcula el valor esperado de cada una de las distribuciones probabilísticas, tal como se efectuó para la proyección de consumo de electricidad por parte de los procesos mineros. El valor esperado del consumo eléctrico por este concepto es sumable al valor esperado del consumo minero propiamente tal.

5. Gases de efecto invernadero

La medición se realiza en base a los consumos energéticos reportados por las operaciones mineras del cobre, por medio de la Encuesta EMPAE que se realiza anualmente. La energía es reportada en dos categorías, Combustibles y Energía Eléctrica. Los combustibles fósiles son transformados a unidades energéticas en joules, las que son posteriormente convertidas en sus equivalentes en emisiones de gases de efecto invernadero. La estimación tiene una cobertura de registro de emisiones de Alcance 1³⁸ y 2³⁹, omitiendo completamente a aquellas emisiones indirectas que se generan como consecuencia de las actividades que ocurren en fuentes que no son controladas por la organización/empresa.

El cálculo de las emisiones de Gases Efecto Invernadero (GEI) directos se circunscribe a las emisiones de Dióxido de Carbono (CO_2), Metano (CH_4) y Óxido Nitroso (N_2O), puesto que éstos son los GEI relevantes para el caso de la minería del cobre. La estimación se limita a las emisiones directas o de alcance 1, que corresponden a aquellas generadas por la combustión de combustibles fósiles en el proceso de producción de cobre. Se consideran todos los procesos identificados: mina, concentradora, proceso hidrometalúrgico (LX-SX-EW), fundición, refinera y servicios (incluyendo desalación e impulsión de agua de mar).

Para calcular las emisiones de GEI directas se utilizó la metodología del International Panel on Climate Change (IPCC) actualizadas al 2006, aplicando el factor de emisión para cada combustible, de acuerdo a la fracción de carbono oxidado. Los combustibles considerados son Diésel, Kerosene, Petróleo

³⁸ Alcance 1: Estas incluyen las emisiones directas procedentes de las actividades que la organización/empresa puede controlar.

³⁹ Alcance 2: Estas emisiones hacen referencia a las emisiones indirectas que se generan en las centrales de producción de electricidad como consecuencia del consumo de electricidad que la organización/empresa necesita para su producto y/o servicio.

Combustible, Nafta, Gasolina, Gas Licuado, Gas Natural, Carbón y Leña. Las emisiones de CO₂ se calculan del siguiente modo:

$$EmisionesCO_2 = \sum_j EC_j \times FE_j \times FOC_j \times \frac{44}{12}$$

Donde:

- *EmisionesCO₂*: Emisiones de Carbono (ton. CO₂).
- *EC_j*: Energía consumida en el combustible *j* (TJ).
- *FE_j*: Factor de emisión del combustible *j* (ton C/TJ).
- *FOC_j*: Fracción de carbono oxidado de combustible *j*.
- *44/12*: Relación entre los pesos moleculares del Dióxido de Carbono (CO₂) y el Carbono (C).

Los valores utilizados para el factor de emisión del combustible (*FE_j*) y la fracción de carbono oxidado (*FOC_j*) se muestran en el cuadro 15.

Cuadro 15
Factores de emisión y fracción de carbono oxidado

Tipo de combustible	Factor de emisión (tC/TJ, FE)	Fracción de carbono oxidado (FOC)
Diesel	20,2	0,99
Enap 6	21,1	0,99
Kerosene	19,6	0,99
Petróleo Combustible	21,1	0,99
Nafta	20	0,99
Gasolina	18,9	0,99
Butano	18,2	0,995
Propano	17,5	0,995
Gas Licuado	17,2	0,995
Gas Natural	15,3	0,995
Carbón	25,8	0,98
Leña	30	0,98

Fuente: Cochilco.

B. Caso Perú: estado situación y piloto de estadísticas de uso de agua y energía en la minería

Según el Anuario Minero de 2019, publicado por el Ministerio de Energía y Minas (MINEM, 2019) mediante la Dirección de Promoción y Sostenibilidad Minera (DGPSM), en el 2019, la minería representó en el Perú el 9.1% del Producto Bruto Interno (PBI) nacional y 60.2% del valor total de las exportaciones peruanas. En términos específicos, el PBI del subsector minero metálico ascendió a S/ 49,537 millones, con una mayor participación del cobre con un 56.6%, el oro con un 12.1% y el zinc con un 12.1%. Por su parte, las exportaciones nacionales sumaron US\$ 47,688 millones, donde US\$ 28,074 millones equivalentes al 58.9% del total, correspondieron a productos minero-metálicos y US\$ 604 millones (1.3% del total) a productos mineros no metálicos.

Perú es un país minero polimetálico, para el año 2019 ocupó el primer lugar en la producción de oro, zinc, plomo y estaño en América Latina y el segundo lugar de cobre, plata y zinc a nivel mundial. Adicionalmente, lidera el ranking en reservas de plata, plomo y molibdeno en América Latina; posee las mayores reservas de plata del mundo y ostenta el segundo lugar de reservas de cobre y molibdeno a nivel mundial.

Conforme al Texto Único Ordenado (TUO) de la Ley General de Minería⁴⁰, la minería peruana se agrupa en tres principales categorías o estratos: a) el Régimen General, que agrupa a la gran y mediana minería. b) la Pequeña Minería, compuesta de empresas mineras dedicadas principalmente a la actividad aurífera subterránea, aluvial y la extracción de minerales no metálicos; y c) la minería artesanal, como medio habitual de subsistencia y que utiliza métodos manuales y/o equipos básicos o muy rudimentarios. De esta manera, a diciembre del 2019, el Ministerio de Energía y Minas (MINEM) ha registrado un total de 1,601 titulares mineros, de los cuales 660 pertenecen a la gran y mediana minería, 811 a la pequeña minería y 130 a la minería artesanal. Esta cantidad de titulares mineros se traduce en un reto constante para obtener y gestionar las estadísticas mineras en su conjunto, y en particular hacia las estadísticas sobre el consumo de agua y la energía en la minería.

Según el Compendio Nacional de Estadísticas de Recursos Hídricos⁴¹ (2019), el consumo de agua en las actividades mineras en su conjunto, demandó 381,181 hm³ de agua, lo que representa el 2% del volumen de uso consuntivo en el Perú.

Mientras que, según el Balance Nacional de Energía 2018⁴², el consumo de energía para el año 2018 en el subsector minero demandó 75,847 TJ, cifra que representa el 8.4% del consumo final, de este total, los energéticos más consumidos fueron la electricidad y el diésel con participaciones del 75.2% y 17.4%, respectivamente.

1. Metodología

En el subsector minero peruano, la recolección de información se da a través de formularios virtuales habilitados por el Ministerio de Energía y Minas (MINEM), para que titulares de la actividad minera declaren periódicamente, según indica la ley⁴³, sobre sus actividades de explotación, exploración, construcción e inclusive en situación de paralizada. Dichos formularios son:

a) Declaración Estadística Mensual (ESTAMIN)

Es un formulario virtual a través de la cual, los titulares mineros presentan sus informes mensuales de producción, seguridad, indicadores de desempeño, programa de inversiones, identificación de concesiones y derechos mineros. Cabe precisar que todos los titulares mineros que realicen o hayan realizado actividades de explotación, exploración, construcción e inclusive los que se encuentren en situación de paralizada, deben declarar dentro de los 10 días calendario siguiente al vencimiento de cada mes.

- Según Tipo de declaración⁴⁴:
 - Declaraciones normales: Las cuales contienen los datos exigidos por el ESTAMIN correspondiente a Producción, Seguridad y Avances de Labores realizado dentro del periodo de referencia.
 - Declaraciones de rectificación: Son aquellas en las cuales el usuario introduce variaciones en los datos de una normal presentada anteriormente.

⁴⁰ Aprobado mediante Decreto Supremo N° 014-92-EM. Publicado en el diario oficial El Peruano el 03 de junio de 1992.

⁴¹ Autoridad Nacional del Agua (ANA): Compendio Nacional de Estadísticas de Recursos Hídricos 2019 "Volúmenes de agua utilizado de uso de agua". Página 154 [Publicación Web]. Fecha de la primera edición: Diciembre del 2019.

⁴² Dirección General de Eficiencia Energética (DGEE) – MINEM, Área de Planeamiento Energético: "Balance Nacional de Energía 2018", 4 de junio de 2020, mediante R.M. 0149-2020-MINEM/DM.

⁴³ Artículo 02 de la Resolución Directoral N° 091-2009-MEM/DGM. Publicado en el diario oficial El Peruano, el 07 de mayo de 2009.

⁴⁴ Presentación Digital – Dirección General de Minería: Declaraciones Mineras Estadísticas Mensuales "ESTAMIN", de fecha 28 de setiembre del 2007.

Recuadro 2
Información a declarar en el ESTAMIN

- 1.- Información del titular.
- 2.- Producción.
 - 2.1.- Concesiones mineras.
 - 2.2.- Recurso extraído.
 - 2.3.- Destino del recurso extraído.
 - 2.4.- Producción obtenida.
 - 2.5.- Destino de la producción.
- 3.- Seguridad.
 - 3.1.- Registro/lista de contratistas mineros y conexos.
 - 3.2.- Estadístico de incidentes.
 - 3.3.- Estadístico de seguridad mensual.
- 4.- Indicadores de desempeño.
- 5.- Cumplimiento mensual del programa de exploración y desarrollo.
- 6.- Programa de Inversiones.
 - 6.1.- Programa de Inversiones.
 - 6.2.- Principales proyectos de inversión.

Fuente: Elaborado por la Dirección de Promoción y Sostenibilidad Minera, sobre la base Declaración Estadística Mensual (ESTAMIN) de la Dirección General de Minería - MINEM.

b) Declaración Anual Consolidada (DAC)

Según el artículo 50 del Texto Único Ordenado de la Ley General de Minería (TUO – LGM), los titulares de la actividad minera están obligados a presentar anualmente una Declaración Anual Consolidada (DAC)⁴⁵ conteniendo la información que se precisará por Resolución Ministerial, esta información tiene carácter confidencial. Asimismo, la inobservancia de esta obligación está sujeta a sanción con multa (multas entre 0.1% de la UIT⁴⁶, hasta a 15 UIT), según la escala de multas por infracciones establecida por Resolución Ministerial.

Recuadro 3
Información a declarar en la DAC

- 1.- Información del titular.
- 2.- Información por cada concesión o U.E.A. en etapa de explotación.
 - 2.1.- Información de personal.
 - 2.2.- Métodos de explotación de minerales.
 - 2.3.- Geología.
 - 2.4.- Exploración y Reservas.
 - 2.5.- Mapas y secciones.
 - 2.6.- Producción Minera Metálica.
 - 2.7.- Producción Minera No Metálica.
 - 2.8.- Producción carbonífera.

⁴⁵ Según Resolución Directoral N° 0378-2020MEM-DGM, se establecieron los plazos para la presentación de la Declaración Anual Consolidada – DAC de los titulares de la actividad minera correspondiente al año 2019. Del 25 al 30 de setiembre, según último dígito del Registro Único del Contribuyente (RUC).

⁴⁶ UIT: Unidad Impositiva Tributaria. Según D.S. N° 380-2019-EF, en el 2020 el valor de 1 UIT = S/ 4,300.00

- 2.9.- Consumos.
- 2.10.- Inversión.
- 3.- Información por cada concesión o U.E.A. en etapa de exploración.
 - 3.1.- Información de personal.
 - 3.2.- Geología.
 - 3.3.- Exploración y Reservas.
 - 3.4.- Inversión.
- 4.- Declaración jurada para la acreditación de la producción y/o inversión mínima.
 - 4.1.- Identificación del titular.
 - 4.2.- Valor de ventas y/o inversión por concesión/Unidad Económica Administrativa (U.E.A.).
 - 4.3.- Representante legal y auditor contable externo.
 - 4.4.- Declaración jurada de impuesto a la renta.

Fuente: Elaborado por la Dirección General de Promoción y Sostenibilidad Minera, sobre la base de la Declaración Anual Consolidada (DAC) de la Dirección General de Minería - MINEM

2. Fuentes y recolección de información

La fuente de levantamiento de datos es por titular minero principalmente mediante dos formularios. El uso de recursos digitales ha permitido obtener información personalizada y permanente con periodicidad mensual y anual de las actividades mineras en el país, así como, mantener el puente de comunicación con los titulares mineros. Esta información es trascendental dado que el Perú es un país polimetálico y los reportes utilizados recogen la información de cada uno de los productos y subproductos obtenidos. En base a los tipos de formularios descritos en la sección "metodología" del caso peruano, a continuación, se especifica cada uno de los formularios:

- **Declaración Estadística Mensual (ESTAMIN):** Es una declaración jurada donde los titulares de la actividad minera deben presentar sus declaraciones estadísticas de producción y seguridad a través del formulario electrónico⁴⁷. Estas estadísticas que corresponden al mes previo, será declaradas dentro de los diez (10) días calendario de vencido el mes.

Hasta diciembre de 2019, la Declaración Estadística Mensual (ESTAMIN) venía aplicando el formulario de encuestas estadísticas aprobada mediante R.D. N° 125-2006-MEM-DGM y modificado mediante R.D. N° 059-2018-MEM/DGM, el cual contenía la producción minero-metálica, minera no-metálica y de producción metalúrgica, e indicadores de desempeño e inversión. Asimismo, se dispuso que esta información este publicada en el portal web del Ministerio de Energía y Minas.

Sin embargo, mediante R.D. N° 0043-2020-MINEM/DGM de fecha 09 de enero de 2020, la Dirección General de Minería aprobó la modificación del formulario de las encuestas estadísticas, con la finalidad de acceder a una información detallada y precisa sobre producción minera metálica, minera no metálica, producción metalúrgica, así como, indicadores de desempeño y cifras de inversiones mineras.

Entonces, a partir del mes de enero de 2020, los titulares mineros reportan su información estadística mensual bajo este nuevo formato (véase anexo 3), a continuación, se muestra la principal información a declarar:

1. Información del Titular
2. Producción
3. Seguridad

⁴⁷ Sitio de internet del MINEM, en línea <http://extranet.minem.gob.pe>.

4. Indicadores de Desempeño:

Esta sección busca promover la competitividad en las operaciones mineras peruanas a través del seguimiento de Indicadores de Desempeño (KPIs), los mismos que en muchos casos reflejan el uso de recursos hídricos y energéticos en la etapa de explotación.

5. Cumplimiento del Programa de Exploración y Desarrollo:

En esta sección se debe declarar el tipo de labor que han realizado en la etapa de exploración, desarrollo, preparación o explotación.

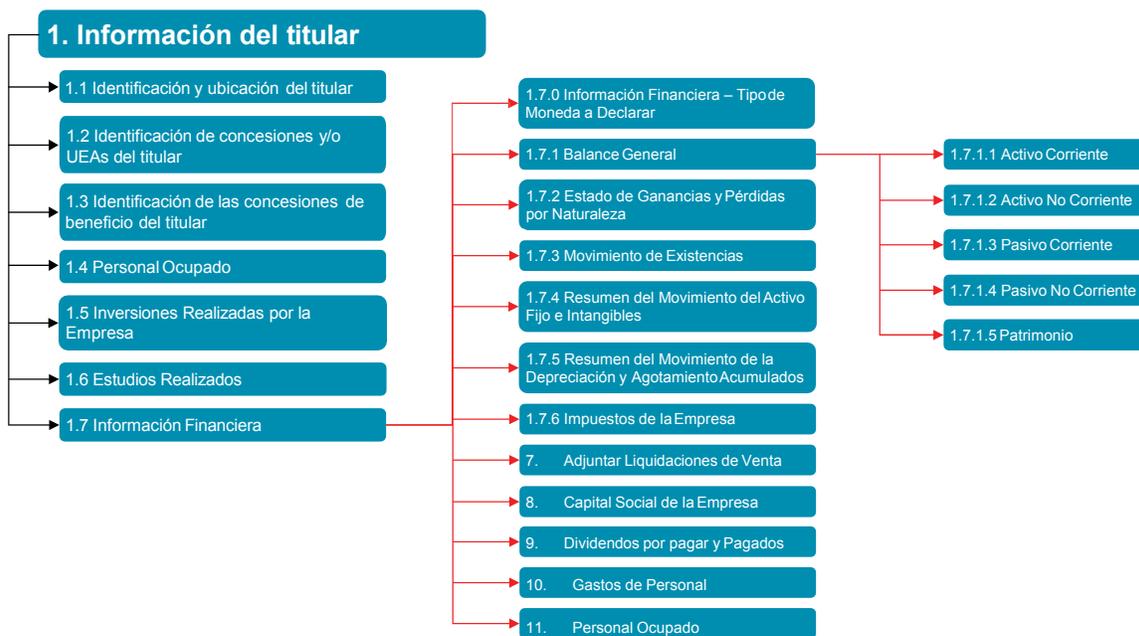
6. Programa de inversiones

- **Declaración Anual Consolidada (DAC):** Todos los titulares de la actividad minera que realicen o hayan realizado actividades de explotación, exploración, construcción e inclusive los que se encuentran en la situación de paralizada, están en la obligación de presentar la Declaración Anual Consolidada (DAC), la misma que se sustenta en el artículo 50° del Texto Único Ordenado de la Ley General de Minería, de lo contrario serán sancionados con una multa.

Los titulares de la actividad minera acceden mediante la Extranet del Ministerio de Energía y Minas⁴⁸, deben contar con un usuario. La principal información para declarar es la siguiente:

1. Información del Titular

Diagrama 5
Información del titular minero en el Perú



Fuente: Dirección de Promoción y Sostenibilidad Minera DAC - MINEM.

2. Concesiones/ UEAs

- En etapa de explotación (Anexo I)
- En etapa de exploración o construcción (Anexo II)

⁴⁸ Sitio de internet del MINEM, en línea <http://extranet.minem.gob.pe/>

3. Compromiso con el desarrollo sostenible (Anexo IV)
 - c. Balance Social
 - i. Programas de Largo Plazo
 - ii. Proyectos, equipos y donaciones
4. Declaración Jurada de Coordinadas UTM-PSAD 56 – DAC 2009 (Anexo V)
 - d. Áreas Superficiales
 - i. En actividad minera
 - ii. En uso minero
5. Informe de sondaje

3. Metodología de las estadísticas e indicadores

a) Consumo Agua

En el Perú, la Autoridad Nacional del Agua (ANA), mediante el estudio del Compendio Nacional de Estadísticas de Recursos Hídricos de 2019, presentó los resultados de uso de agua en el subsector minero dentro de las 14 Autoridades Administrativas de Agua (AAA) distribuidas en las diferentes cuencas hídricas del Perú, lo cual representó en el 2018 el 2.0% del volumen de uso consuntivo total⁴⁹.

A continuación, se presenta la metodología utilizada por la Dirección General de Promoción y Sostenibilidad Minera – MINEM para el cálculo porcentual enfocado al consumo hídrico del subsector minero peruano, en base a la información contenida en el Compendio Nacional de Estadísticas de Recursos Hídricos del ANA y la Declaración Estadística Mensual (ESTAMIN) del MINEM:

$$\text{Consumo hídrico de un titular minero (\%)} = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m A_{ij}}{V_n} \quad (1)$$

$$\text{Consumo hídrico del sub sector minero por Autoridad Administrativa de Agua (\%)} = \frac{\sum_{i=1}^n T_{ij}}{V_n} \quad (2)$$

$$\text{Consumo hídrico del sub sector minero a nivel nacional (\%)} = \frac{\sum_{j=1}^n R_{ik}}{V_n} \quad (3)$$

Donde; A_{ij} : Consumo hídrico del titular minero A (en hm^3) en la actividad minera "i", de la AAA "j"

V_n : Volumen de uso consuntivo nacional (en hm^3)

T_{ij} : Consumo hídrico del titular minero T (en hm^3) en la actividad minera "i" de la AAA "j"

R_{ik} : Consumo hídrico de la Autoridad Administrativa de Agua R (en hm^3), que incluye todas las actividades mineras de su jurisdicción k.

Cabe mencionar que el consumo hídrico del subsector minero peruano está asociado al nivel de producción más otros usos en esta actividad, además, considera varios minerales, por esta razón se analiza por actividad minera en su conjunto.

⁴⁹ Autoridad Nacional del Agua (ANA): Compendio Nacional de Estadísticas de Recursos Hídricos 2019 "Volúmenes de agua utilizado de uso de agua". Página 154 [Publicación Web]. Fecha de la primera edición: Diciembre del 2019.

Cuadro 16
Consumo de agua por Autoridad Administrativa del Agua (AAA) en el 2018, en el subsector minero

Autoridad Administrativa de Agua	Volumen (hm ³)		Volumen por tipo de uso (hm ³)
	Consuntivo	No Consuntivo	Minería
Caplina - Ocoña	3 193 854	575	192 499
Cháparra Chíncha	945 827	94 564	4 112
Cañete - Fortaleza	3 312 693	3 151 933	11 716
Huarmey - Chicama	2 055 433	2 362 025	1 436
Jequetepeque - Zarumilla	4 868 706	5 101 523	723
Marañón	1 386 987	1 853 622	42 258
Amazonas	38 781	2 943	0
Huallaga	943 659	3 781 137	6 599
Ucayali	103 967	2 341 493	5 244
Mantaro	941 346	9 881 381	47 939
Pampas - Apurímac	346 350	271 144	56 257
Urubamba - Vilcanota	201 176	1 717 688	21
Madre de Dios	19 697	66 406	3 083
Titicaca	484 146	27 755	9 294
Total	18 842 622	30 654 189	381 181

Fuente: Elaborado por la Dirección de Promoción y Sostenibilidad Minera del MINEM, sobre la base del Compendio Nacional de Estadísticas de Recursos Hídricos, ANA (2019).

En el marco de acompañamiento y asistencia técnica brindada por CEPAL mediante la cooperación Sur – Sur, se han realizado una serie de actividades financiadas por la cooperación alemana a través del programa de la gestión sustentable de los recursos mineros en los países andinos (MINSUS), que es ejecutado en conjunto con el Instituto Federal de Geociencias y Recursos Naturales de Alemania (BGR por sus siglas en alemán), en particular, se concretó la primera fase de la iniciativa conjunta denominada “Estadísticas Mineras, Transferencias Metodológicas entre Chile y Perú”.

Con el fin de homogeneizar la terminología técnica utilizada en la Cartera de Proyectos de Construcción de Minas⁵⁰, se tomó como referencia la escala de fuentes de abastecimiento de agua, presentada en el informe “consumo de agua en la minería del cobre al 2017” de la Comisión Chilena del Cobre (COCHILCO). Y teniendo en cuenta que, la caracterización según fuentes de agua, es uno de los instrumentos utilizados sobre la base del intercambio metodológico de estadísticas entre Chile y Perú, a continuación, se presenta la clasificación de los proyectos que conforman la Cartera de Construcción de Minas, según fuente de abastecimiento:

Cuadro 17
Fuente de abastecimiento de agua de la Cartera de Proyectos de Construcción de Minas

Fuente de Abastecimiento	Proyectos por Grupo	Inversión total	Participación de la inversión total (en porcentaje)
Aguas superficiales	13	26 803	46,4
Aguas Subterráneas	9	3 638	6,3
Aguas de Mar	5	4 654	8,1
Aguas de Mar y Superficial	1	300	0,5
Aguas superficiales y subterráneas	5	3 114	5,4
No disponible	15	19 263	33,3
Total (US\$ millones)	48	57 772	100

Fuente: Cartera de Construcción de Mina, setiembre 2019. Dirección General de Promoción y Sostenibilidad Minera MINEM.

⁵⁰ Ministerio de Energía y Minas: “Cartera de Proyectos de Construcción de Minas”. Publicada en setiembre de 2019.

Los proyectos con fuente única de agua representan el 60.7% de la participación total, así, el uso de agua superficial se observa en Moquegua (proyecto Quellaveco), uso de agua de mar en Ica (proyecto Mina Justa) y uso de agua subterránea en Arequipa (proyecto Zafranal). Los proyectos con fuente mixta representan el 5.9% de participación en la inversión global, siendo principalmente casos de proyectos de Ampliación, como en el caso de Junín (ampliación Toromocho) o en Piura (ampliación Bayóvar), que destacan de este grupo. Por último, los proyectos sin información disponible de sus fuentes de abastecimiento de agua representan un 33.3%, dentro de los cuales resaltan los departamentos de Cajamarca (proyectos El Galeno y Michiquillay) y Apurímac (proyecto Los Chancas), siendo este último grupo, materia de análisis orientada al levantamiento de la información disponible, en base a los estudios que realicen los titulares mineros.

Cuadro 18
Proyectos de la Cartera de Construcción según su fuente de abastecimiento de recursos hídricos, 2019

Tipo de abastecimiento	Fuente	Proyectos
Fuente única de abastecimiento	Las aguas superficiales	Ampliación Pachapaqui, Antilla, Cañariaco (Norte), Conga, Cotabambas, Haqira, Hierro Apurímac, La Granja, Pukaqaqa, Quecher Main, Quellaveco, Río Blanco, San Luis
	Las aguas subterráneas	Ariana, AZOD (Accha y Yanque), Integración Corocohuayco, Magistral, Ollachea, Optimización Inmaculada, Relaves B2 San Rafael, San Gabriel (Ex Chucapaca), Zafranal
	Aguas de mar	Bayovar 12, Fosfatos Pacífico, Los Calatos, Mina Justa, Tía María
Fuente mixta de abastecimiento	Aguas superficiales y de mar	Ampliación Bayóvar
	Aguas superficiales y subterráneas	Ampliación Santa María, Ampliación Toromocho, Cañón Florida (Ex Bongará), Coraní, Fosfatos Mantaro
Sin información disponible de la fuente de abastecimiento	No disponible	Don Javier, El Galeno, El Padrino e Hilarión, Los Chancas, Macusani, Michiquillay, Pampa de Pongo, Quechua, Quicay II, Racaycocha Sur, Rondoní, Shalipayco, Trapiche, Yanacocha Sulfuros, Ayawilca

Fuente: Cartera de Construcción de Mina, edición setiembre 2019. Dirección General de Promoción y Sostenibilidad Minera - MINEM.

b) Consumo Energía

La Dirección General de Eficiencia Energética (DGEE) y la Dirección General de Electricidad (DGE) ambas entidades pertenecientes al MINEM, son unas de las encargadas de llevar las estadísticas del consumo de energía, a nivel general de los sectores de la economía peruana, incluido el subsector minero. El seguimiento específico que realiza cada una de estas direcciones se enuncia como sigue:

- Dirección General de Eficiencia Energética (DGEE – MINEM): Publica anualmente el Balance Nacional de Energía, con el propósito de dar a conocer los resultados de los flujos físicos de los diferentes energéticos utilizados en el país, mediante los cuales, la energía se produce, intercambia con el exterior, transforma, consume, entre otros. Todo calculado en unidades común de Tera Joule (TJ).
- Dirección General de Electricidad⁵¹ (DGE – MINEM): Órgano técnico encargado de la promoción y evaluación del desarrollo de las actividades de generación, transmisión,

⁵¹ Presentación Oficial de la Dirección General de Electricidad: http://www.minem.gob.pe/_detalle.php?idSector=6&idTitular=119&idMenu=sub113&idCateg=119.

distribución y comercialización de energía eléctrica en el país, quien a su vez mantiene comunicación constante con los otros actores que intervienen en el mercado eléctrico, los cuales son mencionados a continuación:

- Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería (OSINERMIN): Organismo público que tiene entre sus funciones ser el regulador y supervisor de las tarifas eléctricas en el Perú.
- Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual (INDECOPI): Organismo público que tiene como funciones la promoción del mercado y la protección de los derechos de los consumidores, así como de fomentar en la economía peruana una cultura leal y libre competencia.
- Agencia de Promoción de la Inversión Privada (ProInversión): Organismo técnico especializado, adscrito al Ministerio de Economía y Finanzas, tienen entre sus funciones la promoción de la inversión no dependiente del Estado Peruano a cargo de agentes bajo régimen privado, con el fin de impulsar la competitividad del Perú y su desarrollo sostenible para mejorar el bienestar de la población. Además, busca identificarse como una agencia reconocida por los inversionistas y por la población como un eficaz aliado estratégico para el desarrollo de inversiones en el Perú.
- Comité de Operación Económica del Sistema (COES): Es una entidad privada sin fines de lucro y con personería de Derecho Público, está conformado por las empresas generadoras y transmisoras de un mismo sistema interconectado, tiene como objetivo el despacho de la energía al mínimo costo.
- Empresas Eléctricas y, usuarios libres y regulados.

4. Balance Energético en minería

Se presentan las nociones de la Metodología del Balance Energético en minería, que, en primera instancia, define los tipos de fuentes:

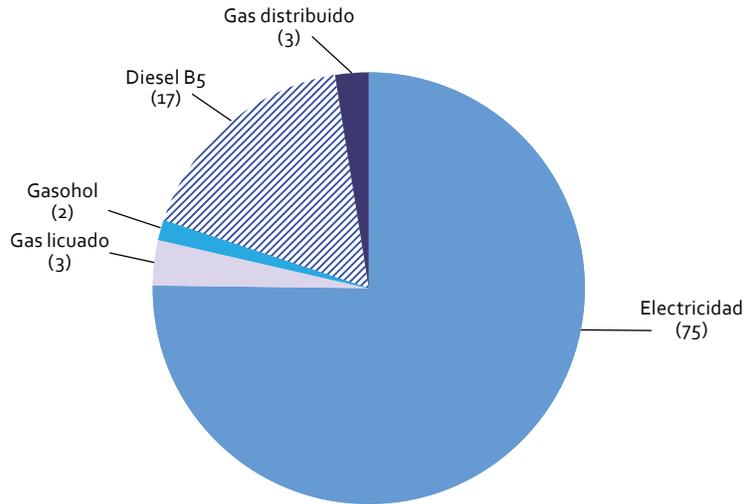
- Fuentes de energía primaria (F_p): Son aquellas energías provistas, por la naturaleza en forma directa como la hidroenergía, el petróleo crudo, el gas natural, el carbón mineral, leña, residuos vegetales y animales, etc.
- Fuentes de energía secundaria (F_s): Son los productos y formas de energía resultantes de los diferentes centros de transformación y tiene como destino los diversos sectores de consumo y eventualmente otro centro de transformación.
- Fuentes Totales (F_t): Consolida todas las energías producidas, transformadas y consumidas en el país.

La ecuación general utilizada para la determinación de las fuentes totales de energía en minería es la siguiente:

$$\text{Fuentes totales de energía en minería } (F_t) = (F_p) + (F_s) \quad (4)$$

Según la información disponible y la metodología mencionada, en la minería del Perú, el año 2018 se consumieron 75.847 TJ, de los que el 75% corresponde a electricidad, el 17,4% a diésel B5, el 3,4% a gas licuado y el 2,5 a gas distribuido y el 1,5% en gasohol (véase gráfico 4).

Gráfico 4
Participación de fuentes de energía en el consumo final del subsector minero, 2018

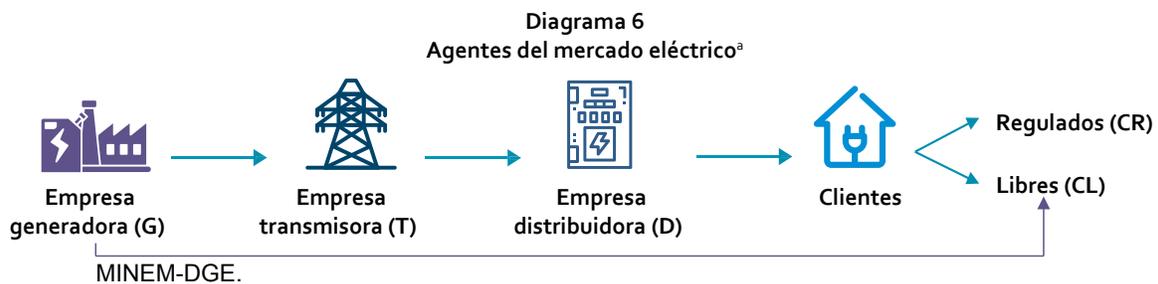


Fuente y elaboración: Balance Nacional de Energía 2018, Dirección General de Eficiencia Energética – MINEM.

5. Metodología del Consumo Eléctrico en minería

El Comité de Operación Económica del Sistema Eléctrico Interconectado Nacional (COES-SIEN) es una entidad privada con personería de Derecho Público y es el responsable directo del seguimiento diario sobre el consumo de la energía eléctrica. A continuación, se detalla conceptos y ecuaciones fundamentales en el análisis de este indicador:

- La Estructura del mercado eléctrico peruano se compone de empresas con títulos habilitantes que operan en las etapas de la cadena de valor de la industria: generación, transmisión, distribución, y comercialización. Los clientes finales se clasifican en libres o regulados según su capacidad de consumo.



Fuente: Anuario Ejecutivo de Electricidad 2019, Dirección General de Electricidad (DGE) – Ministerio de Energía y Minas.

^a Dirección General de Electricidad (DGE): "Anuario Ejecutivo de Electricidad 2019".

- COES-SIEN, es la entidad encargada de administrar el mercado de corto plazo, y su principal función es velar por la eficiencia del suministro de energía.
 - Con este fin, el COES estima la demanda que debe ser abastecida por el mercado, y prioriza el despacho de aquellas centrales más eficientes, en función de sus costos marginales.
 - Cabe resaltar, que COES genera un Informe de Evaluación de la Operación Diaria (IEOD)⁵² del consumo eléctrico de diferentes sectores de la economía nacional, incluyendo el subsector minero.

⁵² Informe de Evaluación de la Operación Diaria – COES [En línea]: <https://www.coes.org.pe/Portal/PostOperacion/Reportes/leod>.

A continuación, se presenta la metodología utilizada por la DGPSM para la determinación de indicadores de consumo eléctrico en minería; a) a nivel consolidado, mediante el indicador de "Consumo diario total de energía eléctrica en minería" (C_{dt}), b) a nivel de unidad minera mediante el indicador "Consumo diario de energía eléctrica de una unidad minera" (CD_{um}), y c) el indicador de consumo mensual promedio de energía eléctrica de una unidad minera (CM_{um}):

$$a) \text{ Consumo diario total de energía eléctrica en minería } (C_{dt}) = \sum_{i=1}^n U_g + \sum_{i=1}^m U_r \quad (5)$$

Siendo U_g : Consumo diario de energía eléctrica de las grandes unidades mineras (grandes usuarios libres)

U_r : Consumo diario de energía eléctrica de las unidades mineras restantes

C_{dt} : Consumo diario total de energía eléctrica en minería

$$b) \text{ Consumo diario de energía eléctrica de una unidad minera } (CD_{um}) = \sum_{i=1}^n A_{ij} \quad (6)$$

Siendo A_{ij} : Consumo de energía eléctrica de la actividad minera "i" en la unidad minera "j"

CD_{um} : Consumo diario de energía eléctrica de una unidad minera

$$c) \text{ Consumo mensual promedio de energía eléctrica de una unidad minera } (CM_{um}) = \frac{\sum_{i=1}^n D_{ij}}{n} \quad (7)$$

Siendo D_{ij} : Consumo diario de energía eléctrica del día "i" en la unidad minera "j"

CM_{um} : Consumo mensual promedio de energía eléctrica de la unidad minera "j"

n : Número de días del mes

Al respecto del reporte de la demanda de energía en minería, la Dirección General de Promoción y Sostenibilidad Minera recoge diariamente el IEOD del COES, con lo cual se realiza el seguimiento del consumo eléctrico de las 17 unidades mineras más representativas (grandes usuarios libres) teniendo como unidad de medida al megavatio-hora (MWh), la cual se encuentra publicado en la página web oficial del COES⁵³. A continuación, se presenta el cuadro 19, que consta del consumo promedio mensual de las unidades mineras seleccionadas por la DGPSM durante el 2019.

⁵³ COES – Portal Web: "Informe de Evaluación de la Operación Diaria" <https://www.coes.org.pe/Portal/PostOperacion/Reportes/leod>

Cuadro 19
Consumo mensual promedio de las 17 unidades mineras peruanas más representativas, en el 2019
(En MWh)

Titular	Unidad	2019											
		Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Sociedad Minera Cerro Verde S.A.A.	U.M. Cerro Verde 1,2,3	9 831	8 922	9 512	9 749	9 617	10 457	9 972	9 969	8 911	10 178	9 645	10 065
Southern Peru Copper Corporation Sucursal del Peru	Cuajone, Toquepala e Ilo	4 082	3 763	4 951	4 938	5 201	496	5 048	4 982	4 948	4 992	4 859	4 971
Compañía Minera Antapaccay S.A.	Antapaccay	2 642	2 728	2 392	2 666	2 689	2 677	2 741	2 734	2 429	2 593	2 628	2 723
Compañía Minera Antamina S.A.	Antamina	2 269	2 43	2 805	2 618	2 861	2 896	2 43	2 829	2 82	2 642	2 569	2 942
Minera las Bambas S.A.	Las bambas	3 192	3 037	3 237	2 028	3 407	3 303	3 224	3 369	3 274	2 833	3 259	3 21
Hudbay Peru S.A.C.	U.M. Constancia	1 962	1 959	1 929	1 942	2 079	1 664	2 069	2 039	2 104	2 066	1 644	1 938
Minera Chinalco Peru S.A.	Toromocho	2 642	2 584	2 058	2 575	2 691	2 503	2 681	2 296	2 549	2 632	2 57	2 445
Minera Yanacocha S.R.L.	Yanacocha	1 075	1 148	1 184	1 2	1 268	1 186	1 159	1 097	1 102	1 056	1 197	1 155
Sociedad minera el brocal S.A.A.	Colquijirca	793	817	798	810	778	808	655	699	638	741	819	708
Minsur S.A.	U.m. Nueva Acumulación Quenamari San Rafael	373	396	407	495	416	407	392	417	421	382	404	338
Union Andina de Cementos S.A.A.	Agrupamiento Andino Huancayo	1 235	1 27	1 386	1 499	1 629	1 256	1 681	1 524	1 577	1 506	1 54	1 449
Minera Barrick Misquichilca S.A.	Lagunas Norte y Misquichilca	471	457	479	470	441	408	371	367	356	369	386	399
Nexa Resources el Porvenir S.A.C.	U.M. Milpo n° 1 (El Porvenir)	292	304	295	267	255	275	292	259	279	251	286	271
Compañía Minera Miski Mayo S.R.L.	U.M. Bayovar 2	261	266	273	288	285	293	290	281	281	259	255	249
Gold Fields la Cima S.A.	U.M. Carolina n°1 (Cerro Corona)	535	553	510	585	575	577	549	572	590	561	784	575
Compañía de Minas Buenaventura S.A.A.	U.M. Uchucchacua	295	539	495	380	378	366	325	362	355	367	372	468

Fuente: elaborado por la Dirección de Promoción y Sostenibilidad Minera sobre la base de información de COES-SEIN, MINEM.

Nota: La escala de colores de cada unidad minera representa la relación que tiene un resultado mensual respecto a lo reportado durante todo el año. El **verde** agrupa a los valores más altos del año, mientras que los de color **amarillo** representan los valores intermedios de cada grupo (unidad minera) y los de color **rojo** representan los menores valores del año. Para el **verde y amarillo**: A mayor intensidad de color, mayor será la cifra respecto a lo reportado durante todo el año. Para el **rojo**: A mayor tonalidad de color, menor será la cifra respecto a lo reportado durante el año.

6. Proyecciones de demanda eléctrica en la minería de Perú

En el marco de la iniciativa conjunta “Estadísticas Mineras, Transferencias Metodológicas entre Perú y Chile”; la Dirección General de Promoción y Sostenibilidad Minera (DGPSM) inició un trabajo colaborativo con la Dirección General de Eficiencia Energética (DGEE), con quien compartió información técnica de los proyectos que formarían parte la Cartera de Construcción 2019⁵⁴ a fin de poder homogeneizar las cifras de consumo energético de cada proyecto. Por su parte, la DGEE, quien también se vio beneficiada con este trabajo mancomunado, se encuentra elaborando el Balance Nacional de Energía 2019.

En el Cuadro 20, se presenta la demanda eléctrica futura de los proyectos de la Cartera de Construcción de Minas 2019, agrupados en tres grupos según nivel de consumo expresados en megavatios (MW).

Cuadro 20
Demanda eléctrica futura de los proyectos de la Cartera de Construcción de Minas

Demanda	Proyectos
Mayor a 100 MW	Pampa del Pongo, Michiquillay, Quellaveco, Haqira y Los Chancas
Entre 10 MW y 100 MW	Zafranal, Mina Justa, Yanacocha, Ampliación Toromocho, Corani, Magistral, Coroccohuayco y San Gabriel
Menor a 10 MW	Ariana, Quecher Main, Inmaculada, Ampliación Pachapaqui y Santa María

Fuente: Cartera de Construcción de Mina, edición setiembre 2019 – Ministerio de Energía y Minas.

Al cierre de la edición de este documento, la DGPSM se encuentra trabajando en la elaboración de la nueva Cartera de Construcción de Minas 2020, la cual presentará los status actualizados de los proyectos que conformarán dicha cartera, y entre las características presentadas por cada proyecto, estará incluido el consumo energético validado y/o actualizado. Por su parte la DGEE, se encuentra elaborando el Balance Nacional de Energía 2019 con la finalidad de dar a conocer los resultados de los flujos físicos de los diferentes energéticos utilizados en el país por cada sector y subsector, entre ellos el minero, utilizando en parte los datos remitidos por la DGPSM.

⁵⁴ Ministerio de Energía y Minas: “Cartera de Proyectos de Construcción de Minas”. Publicada en setiembre de 2019.

IV. Eficiencia en el uso de los recursos agua y energía en la minería

A. Importancia de medir la eficiencia en el uso de agua y energía en la minería

Hace casi cincuenta años, en la conferencia de Estocolmo en el año 1972, se hizo presente a nivel mundial la preocupación del ambiente; veinte años más tarde, en la Conferencia de Río del año 1992, el enfoque se fue modificando desde lo ambiental hacia la sostenibilidad⁵⁵, oportunidad en que los actores privados se incorporaron como protagonistas proponiendo mecanismos para una producción con responsabilidad ambiental, en tiempos en que los esfuerzos eran casi de exclusiva responsabilidad Estatal mediante políticas públicas. Derivado de la Conferencia de Río 92, en la década de los noventa se acuñaron conceptos como producción limpia y el de ecoeficiencia; este último, propuesto por el Consejo Empresarial Mundial para el Desarrollo Sostenible (CEMDS)⁵⁶. De estas cuestiones es que se define que la producción limpia sería una iniciativa estatal mediante políticas, mientras que la ecoeficiencia sería impulsada desde las estrategias corporativas, vinculando la economía y el medio ambiente desde una perspectiva de sostenibilidad empresarial.

La ecoeficiencia se orienta al uso y consumo eficiente de recursos naturales y energéticos, además de la gestión de los residuos, efluentes y emisiones derivados de la producción, incorporando también, el concepto de uso de los recursos naturales como elemento del desarrollo económico. Identifica las siguientes dimensiones: i) uso eficiente de los recursos naturales, ii) Provisión de servicios ecológicos para contribuir a la vida de ecosistemas y absorber los desechos de la actividad económica y, iii) la protección de la diversidad biológica. Su alcance se limita a las necesidades empresariales en las zonas territoriales donde se emplazan. Los indicadores asociados de ecoeficiencia son técnicos, de fácil comparabilidad y se orientan a la solución de problemas (Leal, 2005).

⁵⁵ Concepto que fue lanzado el año 1987, en el informe "Nuestro futuro común" o conocido también como el informe Brundtland.

⁵⁶ La ecoeficiencia se entendió como un proceso continuo para maximizar la productividad de los recursos, disminuyendo emisiones y desechos, generando valor empresarial, a los accionistas, clientes y otros stakeholders, Schmidheiny (1992). Algunas definiciones de ecoeficiencia se pueden encontrar en EEA, OCDE, WBCSD o la ISO 14045: 2012.

En relación con la minería, el agua y la energía son insumos estratégicos, ambos recursos se extraen desde la naturaleza y son utilizados para poder extraer otro tipo de recurso natural, que, dependiendo del mineral, necesitan distintas etapas de transformación (extracción de la mina, planta de beneficio y refinación) hasta llegar a su estado más puro o producto comerciable. Cabe cuestionarse de que forma podría afectar el cambio climático en el aseguramiento del suministro de minerales y metales que demandan las sociedades actuales, además, si es que habrá seguridad en el suministro del agua y energía para estos fines. En países y continentes donde se concentran las mayores reservas de minerales, como Chile, Perú, Australia y África, se esperan los efectos del cambio climático, como sequías o estrés hídrico, lo que supone un aumento del riesgo de suministro de materias primas críticas⁵⁷ de estos países o regiones. Entonces, las estadísticas e indicadores para el uso de agua y energía toman mayor relevancia, considerando la gestión y eficiencia en su uso, pero también, la proyección de inversiones necesarias en infraestructura resiliente que permita el aseguramiento del suministro de estos insumos para la continuidad de estas actividades.

La sistematización de la metodología empírica que implemento COCHILCO de Chile, sería uno de los principales aportes a la gestión empresarial y sectorial de estos recursos escasos y siempre en competencia con otras actividades económicas y humanas. El modelo de COCHILCO incluye asociaciones público-privadas para el levantamiento periódico de información, sobre la base de encuestas normalizadas que están orientadas a recoger datos sobre el uso de agua y energía en distintos procesos en la cadena de valor minera. Además, considera que la gestión en la recolección de la información sea llevada a cabo por el ministerio asociado a la actividad minera. La documentación de la Cooperación Sur-Sur que se ha llevado a cabo entre los gobiernos de Chile y Perú es un instrumento relevante para la gestión de estos recursos en la actividad extractiva.

Algunos aspectos del trabajo realizado por COCHILCO es que esta metodología es pionera en la región y entre países mineros a nivel mundial, la documentación de esta iniciativa permite la difusión de buenas prácticas, como también, la transferencia metodológica realizada al MINEM ha permitido que esta institución haya comenzado en el tema mediante algunos pilotos que han elaborado, o los aspectos relevantes a considerar si se quiere elaborar una adecuación metodológica hacia el oro, que desde el MINEM mediante sus especialistas intercambiaron para COCHILCO información técnica pertinente, que sirve para ampliar la aplicabilidad metodológica y para futuras asistencias técnicas y Cooperaciones Sur-Sur de la materia. Las instituciones encargadas del agua de estos países (por ejemplo, ANA de Perú o DGA de Chile) cuentan con estadísticas más agregadas sin ser tan específicas como para llegar hasta los procesos de la actividad minera.

Un potencial de este trabajo es que, si se pudiera replicar el levantamiento de estas estadísticas entre los países de la región, se podrían realizar *benchmarking* y gestionar de manera coordinada la demanda de estos insumos escasos y estratégicos, además, se podrían generar oportunidades de cooperación en cuanto se refiera a transferencia de conocimientos y mejores prácticas en la región sobre estas cuestiones. Todo lo anterior permitiría una gestión más sostenible mediante el levantamiento de datos, que servirían para que la sociedad civil participe informada en las deliberaciones y decisiones, y podría ayudar a disminuir la conflictividad social, mejorar la transparencia, como también mitigar impactos y gestionar los riesgos socioambientales.

B. Definiciones de eficiencia en el uso del agua y la energía en la minería

La eficiencia es uno de los criterios esenciales en variados estudios económicos, que al ser aplicados a recursos naturales no renovables adquiere mayor relevancia, como es el caso de los recursos minerales, los que se diferencian entre minerales energéticos (que tienen distintas transformaciones, para disiparlos en una combustión) y los que permanecen (Azqueta y Sotelsek, 2019), pudiendo ser estos últimos en variados casos reciclados o/y reutilizados en la etapa de disposición final en su ciclo de vida.

Según el PNUMA y Red Mercosur (2011), al analizar la eficiencia en relación con la disponibilidad de recursos naturales y sus impactos, ésta se entendería como el uso de la menor cantidad de recursos, considerando el menor impacto ambiental posible, en la entrega de un servicio o en la elaboración de un determinado producto. Es necesario considerar todo el ciclo de vida del producto o servicio, desde la obtención

⁵⁷ Véase publicaciones de Materias Primas Críticas en OCDE, Unión Europea, EEUU, JORC y otros.

de las materias primas e insumos, las distintas transformaciones hasta el consumo y la disposición final, incluso, atender los impactos futuros que podrían percibirse como los residuos persistentes y bioacumulables.

Simpson, Toman y Ayres (2005), consideraron que ciertos estudios económicos tenían una percepción generalizada de que el progreso tecnológico y económico podría minimizar las restricciones físicas de los recursos —como la posibilidad de sustitución de factores e insumos productivos— necesarios para la producción y consumo (considerando también los servicios de limpieza y disposición de residuos que suministra la naturaleza). Sin embargo, los análisis de eficiencia del uso de los recursos consideran estimaciones, mediciones, balances y formas de maximizar la utilización o consumo, entonces, ciertos resultados podrían contribuir a mejorar la valoración de los recursos naturales y sus servicios, que en numerosas ocasiones son limitados en relación con los impactos ambientales o si es que se han valorado de forma correcta en los mercados.

Debido al aumento significativo de la explotación de los recursos naturales, actualmente las presiones y degradaciones ambientales están siendo históricamente inéditas en magnitud, es por esa razón que cada vez se considera de mayor importancia la búsqueda de eficiencia en el uso de los recursos naturales, los que, en mayor medida, están siendo extraídos en los países de menores ingresos, y como consecuencia, aumentando el riesgo de caer en la trampa de la pobreza debido al agotamiento del recurso y la acotada disponibilidad de capital que tendrían para el desarrollo (desde la explotación de los recursos naturales), dejando en el proceso una importante degradación ambiental (Dasgupta, 2005 y 2006; PNUD, 2007).

1. Definición de eficiencia en el uso del agua en la minería

El agua es un insumo imprescindible en todos los sectores productivos, siendo la agricultura uno de los de mayor demanda que a nivel global, representa en promedio sobre el 70% del agua extraída⁵⁸. En contraste, el consumo de agua en países mineros, según datos del presente documento (países como Australia, Canadá, Chile y Perú) fluctúa entre un 2% a un 8%, sin embargo, es un insumo crucial. Una primera aproximación para la definición del uso eficiente del recurso hídrico en una actividad dada sería toda medida tendiente a minimizar la cantidad utilizada por unidad de producto.

COCHILCO (2011), define la eficiencia hídrica como el desarrollo del proceso utilizando la mínima cantidad de agua sin afectar la calidad del proceso en sí. Considera en sus criterios la tasa de recirculación (que es un indicador de eficiencia) del agua en sus procesos, mejoramiento de la gestión en la operación de relaves (espesamiento) o fuentes diferentes a las superficiales o subterráneas, como el uso de agua de mar.

Por su parte, el ICMM (2017), en su guía práctica para el reporte de agua en explotaciones mineras, establece cuatro parámetros, uno de ellos es la eficiencia que la definen como el volumen total de agua (con o sin tratamiento), que incluye la reutilizada y reciclada, utilizada por la explotación con el propósito de reducir la demanda total de agua consumida.

En el estándar internacional para la gestión sostenible del agua (Alliance for Water Stewardship, 2019) indican que el uso eficiente del agua se refiere a la utilización de menos agua neta para un fin o volumen de producción equivalente. Para mejorar la eficiencia del uso del recurso recomiendan la implementación de tecnología, minimizar fugas, la reutilización y reciclaje de aguas residuales.

Uno de los incentivos para mejorar la eficiencia del uso del agua responde al sacrificio de valor que debe hacer el productor para acceder a ella, sin embargo, el agua podría ser uno de los insumos más estratégicos dependiendo del lugar geográfico que se encuentre la explotación, por ejemplo, para grandes productores que materializan inversiones de más de 1.000 millones de dólares en plantas de beneficio⁵⁹, con una vida útil superior a 15 años, necesariamente requieren asegurar el suministro de agua, considerando posibles escenarios de escases hídrica en el mediano y largo plazo (que estarían en directa relación al aumento de su costo o el aumento del riesgo de suministro del agua, pudiendo incluso llegar a no contar con el recurso desde fuentes tradicionales).

⁵⁸ Banco mundial, en línea <https://www.bancomundial.org/es/topic/water-in-agriculture>.

⁵⁹ BHP el año 2016 inauguró la planta concentradora de sulfuros de cobre en Antofagasta con inversión de 4600 millones de dólares <https://www.bhp.com/media-and-insights/news-releases/2016/04/con-inauguracion-de-tercera-planta-concentradora-escondida-celebro-25-anos-de-operaciones/>. Antofagasta PLC, el proyecto Centinela estima una inversión de 2700 millones de dólares para la planta de beneficio, <https://www.antofagasta.co.uk/media/3507/antofagasta-presentacion-de-resultados-fy-2018-espanol-v8.pdf>

Otra de las dimensiones para tener en cuenta es el cambio climático, que derivado de sus efectos se están presentando situaciones como zonas con escasez hídrica sin precedentes. En este contexto, los productores podrían enfrentarse al escenario de competición del recurso con otros agentes mineros, con otros sectores productivos, con otras actividades económicas de subsistencia o incluso con el consumo humano. Normalmente, estas circunstancias son una de las principales causas de conflictos (ya sea por cuestiones sociales, por razones ambientales o por intereses entre agentes). En conjunto con el uso racional y eficiente, se debe tener una adecuada normativa relacionada con derechos o licencias, sobre todo en países en donde existe un mercado del agua.

Por otra parte, aumentos de productividad mediante la implementación de avances tecnológicos justificaría ciertas inversiones necesarias para mejorar la eficiencia y gestión del agua. La cantidad de agua usada varía ampliamente entre las distintas escalas de explotación, entre ellas estarían la minería artesanal (rudimentaria) y los grandes agentes. Esto se asocia a la cantidad y calidad del agua, tanto en el acceso o captación a ella como en su disposición o efluentes desde los procesos productivos, que, dependiendo del tipo de mineral y escala de la operación, podrían significar riesgos ambientales importantes.

Entonces, las acciones que aportan al uso eficiente de este recurso se relacionan con numerosas variables y múltiples criterios. El alcance de este estudio estaría enfocado al levantamiento de datos del uso del agua y la energía por los agentes, lo que podría entenderse dentro de los alcances de la ecoeficiencia.

2. Definición de eficiencia en el uso de la energía en minería

La definición de la eficiencia energética responde a los mismos lineamientos antes señalados del agua, es decir, toda medida tendiente a minimizar el uso de energía por unidad de producto. Debido a la alta participación de combustibles fósiles en las matrices energéticas de la región, mejorar el nivel de eficiencia ayudaría a mitigar los GEI, sin embargo, es necesario indagar las potencialidades que tienen los países de la región para lograr avances en la sostenibilidad energética, mediante los desafíos que contempla la transición energética, de esta manera, el cambio en la demanda de fuentes primarias y secundarias hacia energías renovables (eólica, solares, entre otras), disminuirían las emisiones de GEI, mitigando los problemas del cambio climático.

En general, existen dos formas de lograr eficiencia energética en la minería, disminuyendo la intensidad energética en la producción misma, con acciones como medir el consumo y generar balances, luego, identificar mejoras en la gestión de los procesos y equipos, implementar mejoras tecnológicas o mediante mecanismos de conservación de la energía para su reutilización en otros subprocesos en el ciclo de la producción, entre otros; otra forma sería complementar la demanda de minerales de mina aumentando el reciclaje, minería secundaria o reutilización. La segunda alternativa es incipiente, además, las tendencias internacionales se orientan hacia la electro movilidad, la descarbonización de la matriz energética (energías renovables), el almacenamiento energético, o la urbanización⁶⁰, entre otras, por lo que se espera que aumente la demanda de minerales como cobre, litio, cobalto, níquel, tierras raras, hierro y otros, que en el mediano plazo es poco probable suplir solo con las cuotas de reciclaje o minería secundaria, como también, sería poco plausible substituir cuotas de extracciones desde la naturaleza. En paralelo, las sociedades exigen trazabilidad y sostenibilidad tanto en los productos finales como en las materias primas utilizadas, entonces, desde la extracción de los recursos minerales se están haciendo esfuerzos como disminuir su dependencia energética (directa e indirecta) de combustibles fósiles y mejorar la eficiencia energética.

Se requiere de una serie de medidas para mejorar la eficiencia energética, estas contemplan distintos actores y distintas acciones, a saber, orientar las tendencias de los marcos institucionales, políticos y normativos nacionales hacia acciones propicias para estos fines; identificar a los actores claves en el impulso de esta materia; que se establezcan recursos, mecanismos de financiamiento e incentivos, además, una adecuada planificación, seguimiento de resultados (esperados), como también, minimizar barreras (integración) y diseminar lecciones aprendidas en las acciones para la consecución de la eficiencia energética (Carpio y Coviello, 2013).

⁶⁰ CEPAL, VIII Dialogo Político Regional de eficiencia Energética en América Latina y el Caribe, Buenos Aires, Argentina, 2017. Presentación: Eficiencia y transición Energética, interconectando eficientemente la región por medio de energías sostenibles.

C. Eficiencia energética en minería

Las prácticas y políticas de eficiencia energética cada vez son más comunes en la industria minera, en principio se aplicaron a procesos y equipos con consumos críticos, sin embargo, se han ampliado hacia edificios de oficinas, transporte de personal, logística y a toda actividad susceptible de aplicar eficiencia. La norma ISO 50001, es un sistema de gestión de la energía en donde la eficiencia es fundamental y la define como la **proporción u otra relación cuantitativa entre un resultado de desempeño, servicio, producto, materias primas, o de energía y una entrada de energía**. Este sistema define el conjunto de elementos que en una organización se deben establecer como políticas, objetivos, metas energéticas y procesos para el éxito de los planteamientos.

Recuadro 4

Eficiencia energética y la gran minería del cobre en Chile, 2020

El año 2015 el Ministerio de Energía y el Consejo Minero de Chile (CM), firmaron un Convenio de colaboración para impulsar un uso eficiente de la energía y para fomentar iniciativas que contribuyan a la innovación y la cultura en el buen uso, siguiendo las mejores prácticas internacionales en la materia. Se llevaron a cabo auditorías energéticas que fueron parte del convenio, las que cubrieron el 66% del total de empresas pertenecientes a CM, puesto que cinco empresas señalaron contar con un Sistema de Gestión de la Energía (SGE), sin embargo, sólo una tenía un SGE certificado (parcialmente). La inversión por faena auditada fue entre 47.000 a 150.000 USD (dependiendo del tipo de faena). Las auditorías fueron elaboradas por cinco empresas de Ingeniería/consultoría y, los resúmenes en eficiencia energética (EE) están disponibles en página web del CM.

Las auditorías energéticas identificaron oportunidades de mejorar la EE en las operaciones, mantenimiento, reemplazo de equipos e introducción de nuevas tecnologías, además, las empresas pertenecientes al CM tomaron el compromiso de implementar SGE con estándares internacionales, y los que ya contaban con estos sistemas tenían que fortalecerlos o incorporar criterios en la evaluación y diseño de proyectos mineros mayores, sensibilizar al personal y a sus proveedores en EE y mantener una constante optimización mediante la implementación de Planes de Eficiencia Energética. Los pasos por seguir fueron reportes de avance de los planes de EE al Ministerio de Energía, que considero un total de 316 oportunidades, de éstas, sólo 226 cuentan con ahorros energéticos declarados. El ministerio estima un ahorro potencial total de un 5%, además, considera oportunidades como el recambio y mejoramiento tecnológico, gestión operacional y administrativa y autoconsumo energético.

Anticipando la implementación del proyecto de Ley de Eficiencia Energética, el sector minero fue el primero en firmar un acuerdo de este tipo, en el marco de la Agenda de Energía del Ministerio de Energía. Por su parte, Codelco, aunque integra el CM, firmó un convenio directo con el Ministerio de Energía sobre la misma materia, dada su condición de empresa pública. La gran minería decidió avanzar en EE, debido a que enfrenta desafíos estructurales que los induce a un mayor consumo energético como el envejecimiento de las minas, mayores distancias de acarreo, baja de leyes, mayor dureza del mineral y mayor producción de concentrados, proceso intensivo en el uso de energía eléctrica y agua, principalmente en explotaciones ubicadas en la zona norte del país que cuenta con escasos recursos hídricos, motivo por el que usa agua de mar, consumiendo más energía para la desalinización y la impulsión del agua de mar a la operación.

Chile está viviendo un nuevo escenario energético, con reducción de precios de la energía con mayor competencia, eficiencia y diversificación en el mercado energético. El Estado con las iniciativas energéticas que ha impulsado recientemente, ha dotado al mercado de mayor competencia y ha trabajado en facilitar el ingreso de nuevos actores, como son las Energías Renovables No Convencionales, logrando una mayor diversificación en el uso de tecnologías. Además, el Estado está impulsando la Ley de Eficiencia Energética, mediante un anteproyecto que espera enviar al Congreso durante el segundo semestre de 2020. Los instrumentos básicos que contempla esta nueva Ley son los Sistemas de Gestión de la Energía y las Auditorías Energéticas.

Las principales áreas de consumo de energía en la minería del cobre son la Mina rajo (mayormente combustibles) y Concentradora (mayormente electricidad). Se proyecta que se acentuará el año 2026, además, el mismo año la desalinización aumentará 5,6 veces su consumo de energía eléctrica comparado al 2020, convirtiéndose en el segundo proceso, después de la concentración, que más demandará energía eléctrica. Esta proyección es una consecuencia del aumento de operaciones de concentración, proceso intensivo en el uso de agua, insumo ya escaso en las regiones del norte, por tanto, las medidas de EE enfocada a estos procesos serán necesarias y absolutamente oportuna. Los desafíos en EE en el sector minero identificados son las barreras informativas, barreras culturales o conductuales, barreras económicas, barreras técnicas y barreras institucionales. Para abordar estos desafíos en EE, es necesario basarlos en una correcta medición y verificación de los indicadores de EE.

Fuente: Sobre la base de información proporcionada por Rosana Brantes, analista de COCHILCO, que incluye información del Ministerio de Energía, ACHEE, CM y COCHILCO. Agosto 2020.

La ISO 50001⁶¹ se lanzó en 2011 y fue modificada el año 2018, este sistema de gestión permite levantar información documentada para la realización de auditorías y seguimientos a los procesos establecidos; con estas acciones se establecen sistemáticamente la medición y el desempeño energético partiendo de la línea base establecida al inicio de la implementación del sistema de gestión. La norma implementa el mejoramiento continuo mediante las acciones de Planificar, Hacer, Verificar y Actuar (PHVA) en donde se analizan cuestiones como la eficiencia, las metas energéticas y los riesgos asociados, entre otros.

Desde una perspectiva de política ambiental, se podría incentivar la eficiencia energética asignándole valor al carbono mediante ciertos instrumentos como los permisos de emisión transables, los subsidios y los impuestos (Bárcena y otros, 2020, p. 237). Estos instrumentos se han aplicado en algunos sectores y países con el propósito de reducir la generación de gases de efecto invernadero, sin embargo, de manera indirecta mejorarían la eficiencia energética⁶².

La unión europea adopto el primer sistema de comercio de emisiones (EU ETS por sus siglas en ingles), y es el mercado de carbono más grande del mundo, abarca centrales termoeléctricas, plantas industriales y aerolíneas europeas, cubriendo cerca del 45% de las emisiones de GEI de la zona. Los ETS establecen un límite de la cantidad total de emisiones de GEI que puede cubrir el sistema, que con el tiempo se van disminuyendo para reducir las emisiones totales (Unión Europea, 2015). Esto incentiva en las operaciones la reducción del uso y a la eficiencia energética de las fuentes de energía fósiles, tanto directas como indirectas, debido a que después de cada año las empresas deben entregar suficientes derechos para cubrir sus emisiones, de lo contrario se le aplican importantes multas.

Por otra parte, en algunos países ya se discuten impuestos al carbono para cubrir todos los combustibles fósiles (carbón, gas natural y petróleo), aplicando sobre el precio una tasa impositiva, que dependería del nivel de emisiones asociadas en toneladas de CO₂ (Galindo y otros, 2017). Este tipo de impuestos incentiva a las empresas a bajar sus emisiones, entre otras acciones con tecnologías eficientes energéticamente, disminuir la utilización de combustibles fósiles, o mediante otras acciones que reduzcan las emisiones de GEI.

Los balances energéticos, las auditorías, el mantenimiento de la infraestructura, la implementación de nuevas tecnologías (en la generación y equipos), mejoras en la gestión y en los procesos productivos son acciones que se aplican continuamente, esto incentiva innovaciones que permitirían un mejor aprovechamiento de la disipación o mejorar la conservación de los distintos tipos de energía asociada a un proceso de manera de poder utilizarla en otros, así lograr una óptima utilización de los flujos de energía disponibles en la minería.

⁶¹ Norma ISO 50001:2018, en línea, <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:50001:ed-2:v1:es>.

⁶² Consultar: "Climate and carbon aligning prices and policies", environment policy paper (OCDE, 2013), en esta publicación indican en varios pasajes que estos instrumentos son medidas que indirectamente mejoran la eficiencia energética, ya sea por mejoramiento de la tecnología o mejoramiento en la gestión, procesos y reducción de uso de combustibles fósiles. Además, véase: "Interactions between emission trading systems and other overlapping policy instruments", (OCDE, 2011).

V. Reflexiones finales y conclusiones

Chile y Perú son el primer y segundo productor mundial de cobre de mina respectivamente, en conjunto, tienen el potencial de llegar a ser los proveedores de alrededor del 50% del cobre de mina mundial por sus cuantiosas reservas y por sus importantes anuncios de inversiones. Además, la actividad minera es fundamental en la economía nacional de estos países, representando en el último decenio más de la mitad de las exportaciones, alrededor del 10% del PIB y una importante participación fiscal.

Dado que ambos países afrontarán los desafíos internacionales de las exigencias de sostenibilidad en la gestión de los recursos naturales, como también, los desafíos internos de avanzar hacia cambios estructurales progresivos de la matriz productiva, este contexto amerita entendimientos e interrelaciones cada vez más enfatizadas. Debido a la pandemia, se ha agilizado la implementación de tecnología como la operación remota, sin embargo, este cambio tecnológico puede facilitar la transformación del modelo de negocio hacia uno cada vez más sostenible.

El mejoramiento de las capacidades y los instrumentos públicos, permiten una gestión acorde a las exigencias de los ciudadanos y de los agentes nacionales e internacionales, además de sinergias entre ministerios y organismos especialistas de agua, de energía, de control y fiscalización. Todo lo anterior, permitirá una gestión más sostenible de los recursos mineros, atendiendo mediante el levantamiento de datos, la necesidad de información para que la sociedad civil participe instruida en las deliberaciones y decisiones, disminuir la conflictividad social, mejorar la transparencia, como también mitigar impactos y gestionar los riesgos socioambientales, todos elementos necesarios para la gobernanza de los recursos mineros.

Ciertas operaciones mineras se realizan en zonas alejadas de asentamientos humanos, con un escaso, o en ocasiones, sin acceso a servicios de agua y de energía. Un patrón que se replica a nivel mundial es que la industria minera presenta un consumo industrial menor de agua, lo que se observa en Canadá, el año 2013 alcanzó su máxima participación de 8,3%, Australia 0.9% el 2017-18, Chile con 3% el 2016 y Perú con un 2% del uso consuntivo en el año 2018, sin embargo, los potenciales impactos ambientales que podría causar son de alto riesgo, considerando la escala de la explotación, el tipo de mineral y la ubicación geográfica (cabecera de la cuenca).

Por múltiples factores el acceso al agua es cada vez más desafiante para la minería, la escasez del suministro hídrico, impactos debido a inundaciones sin precedentes debido al cambio climático, la incertidumbre regulatoria, los efluentes y calidad del agua en las operaciones pueden causar limitaciones en

la producción, daños a la propiedad e impactos en la reputación. Esto puede impactar en la producción y los costos asociados, en la gestión sostenible, la transparencia y la resolución de conflictos con otros usuarios (comunidades, industrias, agricultura, otros), lo que incrementa los riesgos a largo plazo de las inversiones.

Distintos actores internacionales y a niveles nacionales están alentando el desarrollo de estándares para reconocer la naturaleza que tiene el agua como un recurso compartido, con alto valor social, cultural, ambiental y económico; que refuerza las iniciativas de estadísticas y contabilidad, mayor divulgación y transparencia por parte de las empresas y los gobiernos sobre los riesgos asociados, incluyendo la gestión del territorio (las cuencas hidrográficas) y el valor compartido mediante infraestructura de abastecimiento, agua potable y saneamiento. Los mismos conceptos son aplicados para la energía, agregando la necesidad de una transición hacia matrices energéticas bajas en carbono.

La transición energética hacia sistemas sostenibles y fuentes renovables, más el aumento de la electrificación, demandarán una proporción importante de minerales y metales (como cobre, hierro, aluminio, cemento y otros insumos que se extraen desde minas), presionando al incremento del suministro, que se traduce en ampliar la capacidad productiva o incorporar nuevos proyectos para suplir los déficits de oferta, los que deben ser explotados con racionalidad y sostenibilidad, así asegurar el suministro de materias primas necesarias para la infraestructura de servicios energéticos modernos, con fuentes renovables, que expanden la disponibilidad de nuevas tecnologías. Las energías renovables como la eólica o solar debido a la intermitencia de la fuente (luz solar solo en el día o la variabilidad del viento) hacen necesario una capacidad de almacenamiento, que en conjunto con el mercado de vehículos eléctricos (el sector transporte es el segundo mayor emisor de GEI después de la generación de energía eléctrica con fuentes fósiles), impulsan la demanda de baterías de ion litio o tecnologías de almacenamiento energético, que requieren metales como níquel, litio, cobalto, manganeso y grafito, entre otros.

Sin agua y energía, en estos momentos sería imposible la explotación minera. La importancia del uso del agua es que es un medio eficiente para transportar partículas, suministrar y extraer reactivos en procesos específicos, un medio adecuado para el proceso de separación por gravedad y esencial para las reacciones químicas de algunos procesos. En cada proceso indicado, es indispensable el uso del agua y energía, estos insumos aún son insubstituíbles y la falta de estos significaría dejar de realizar la actividad.

El norte de Chile es una de las áreas más secas del planeta y presenta escases hídrica, esto se podría convertir en un factor limitante para el desarrollo regional, tomando en cuenta los importantes niveles de inversión anunciados en la actividad. Por estas razones, las cuotas de extracción de agua de mar seguirán aumentando. Por su parte, el consumo de energía en la minería representó el 14% del consumo total del país en el año 2018. Las fuentes energéticas utilizadas (combustibles y electricidad) están en proporciones similares, el 77% del consumo total de combustibles se da en la minería superficial seguido de las fundiciones con un 9%; mientras que el consumo eléctrico del proceso de concentración representa un 57%, seguido del proceso de electro-obtención con un 22% del total.

Además, Chile enfrenta desafíos estructurales principalmente el aumento de los procesos de concentración en relación a los procesos de lixiviación, como también la disminución en la calidad de los yacimientos durante la vida útil de la mina, lo que impulsa el incremento del consumo hídrico y energético, debido a que se debe tratar mayor cantidad de mineral para obtener una tonelada de producto, además, mayor energía para la conminución debido a la dureza de la roca (minería profunda); otros costos a considerar son el aumento de las distancias de acarreo de material y la energía para el bombeo de agua (desde el mar hasta la faena en altura).

Por su parte, en Perú para el año 2018, el consumo de agua en las actividades mineras en su conjunto, representó el 2% del volumen de uso consuntivo. Mientras que el consumo de energía en el subsector minero ascendió a 75.847TJ, que representa el 8.4% del consumo total, las fuentes principales fueron la electricidad con el 75.2% y el diésel con el 17.4%. La información de estos insumos estratégicos es fundamental para afianzar la cartera de inversiones, promover un ambiente de transparencia hacia las comunidades y fomentar la licencia social.

La sistematización de la Cooperación Sur-Sur: intercambio metodológico de estadísticas mineras entre Chile y Perú, que se llevó a cabo mediante 2 talleres, uno en Lima el año 2019 y otro en Santiago el año 2020, deja instrumentos relevantes para la gestión de estos recursos en la actividad extractiva y la difusión de buenas prácticas. La metodología empírica que implemento COCHILCO de Chile es pionera en la región y un ejemplo de ayuda y colaboración público-privado, esto sería uno de los principales aportes a la gestión empresarial y sectorial de estos recursos escasos y siempre en competencia con otras actividades económicas y humanas. El modelo de COCHILCO incluye asociaciones público-privadas para el levantamiento periódico de información, sobre la base de encuestas normalizadas que están orientadas a recoger datos sobre el uso de agua y energía en distintos procesos en la cadena de valor minera, además, considera el levantamiento de información referente a producción y productividad de las operaciones.

Algunos resultados de la Cooperación Sur-Sur, fueron las transferencias metodológicas desde COCHILCO a la DGPSM del MINEM que permitieron implementar la caracterización de las fuentes de extracción de agua de la cartera de proyectos. Además, que, después de la primera fase de la iniciativa conjunta "Estadísticas Mineras, Transferencias Metodológicas entre Perú y Chile se logró un trabajo colaborativo entre la DGPSM del Viceministerio de Minas y la Dirección General de Eficiencia Energética (DGEE) del Viceministerio de Electricidad, ambas pertenecientes al MINEM, con la finalidad de dar la validación técnica del consumo de energía futura de los proyectos de la cartera de construcción, lo cual se vio plasmado en la Cartera de Construcción de Mina 2019, así como en la actual Cartera en elaboración correspondiente al 2020 del Viceministerio de Minas y en el documento en desarrollo de elaboración Plan Energético al 2040 del Viceministerio de Electricidad.

Por su parte, el MINEM mediante sus especialistas entregaron los aspectos relevantes a considerar si se quiere elaborar una adecuación metodológica hacia el oro, con información técnica pertinente a COCHILCO, que le permite tener elementos para la adecuación de las estadísticas del cobre al oro.

Esta sistematización pone a disposición un valioso set de instrumentos estadísticos a los países de la región para la gestión del uso del agua y la energía en la minería. Uno de los potenciales de este trabajo es que, si se pudiera replicar entre los países de la región, se podrían realizar *benchmarking* y gestionar de manera coordinada la demanda de estos insumos escasos y estratégicos, además, generar oportunidades de cooperación en cuanto se refiera a transferencia de conocimientos y mejores prácticas sobre estas cuestiones, considerando que los procesos en la extracción mina (superficiales y subterráneos) son similares en la mayoría de los yacimientos de minerales metálicos (perforación, tronadura, carguío y transporte, y chancado primario), solo se ajustan al método de explotación, a la capacidad productiva y a las condiciones específicas de cada yacimiento.

Las diferencias en la utilización de agua y energía se observan en mayor medida a partir de la etapa de beneficio debido a las características mineralógicas de cada yacimiento. Las operaciones unitarias como el chancado, la molienda o la clasificación, entre otras, siguen los mismos principios aplicados en los diferentes minerales, pero que difieren por la escala y por el tipo de mena a procesar, es decir, en la obtención de oro se utilizan procesos como la cianuración, concentración gravitacional o amalgamación con características distintas entre ellos, y mayores diferencias si se comparan a la metalurgia extractiva del cobre con la lixiviación de los óxidos o flotación de los sulfuros, además, si el nivel de producción es masivo o selectivo.

Las metodologías internacionales analizadas de las estadísticas del agua y la energía difieren entre ellas, lo que impide realizar *benchmarking*; la mayoría se basa en encuestas y censos, tienen conceptos parecidos, pero con diferencias en su alcance y significado; respecto al agua son agregadas por industria (Australia y Canadá) y algunas metodologías no son obligatorias como el GRI. Los ACV son sensibles a la definición de los límites geográficos, siendo los consumos directos más precisos, pero los consumos indirectos condicionan de manera importante el resultado final. En las estadísticas de uso de energía, la mayoría de las fuentes primarias y secundarias son similares, mas no la totalidad, utilizan distintos códigos de clasificación (Australia y Canadá), siendo iguales las categorías principales de Minería e Industrias, pero al desagregarlas se observan diferencias; en conjunto con las encuestas otras fuentes son utilizadas como los informes de organismos públicos especialistas, los que incluyen los GEI.

Las cuentas ambientales de Las Naciones Unidas están orientadas a la economía en su conjunto y su relación con la naturaleza, siendo difícil adaptar solo al sector minero. Estas metodologías consideran flujos de entrada y salida del agua y energía, los flujos internos entre la economía y la contabilidad económica, monetaria y las presiones ambientales debido al uso de estos recursos, atendiendo de manera amplia las actividades humanas tanto económicas como su relación con el medio ambiente.

En síntesis, la contabilidad del uso de los recursos agua y energía que se observa en la metodología implementada por COCHILCO en la industria del cobre chilena, es un instrumento único que permite identificar de forma desagregada los consumos unitarios por tipo de proceso, hacer proyecciones de consumo y contabilizar los GEI directos e indirectos. Esta metodología podría contribuir al cálculo del consumo directo de los ACV. Considerando que los procesos unitarios de extracción mina y de la metalurgia extractiva son conocidos para los distintos metales base, los preciosos y también para los ferrosos, sería posible adaptar la metodología del cobre hacia otros metales, posibilitando gestionar los procesos críticos por tipo de mineral, lo que hace más sostenible la utilización de estos recursos, obteniendo mayor y mejor información por metal, como también, para la toma de decisiones de políticas sobre la base de información y orientadas a mitigar impactos ambientales específicos.

El primer paso para implementar medidas e indicadores de eficiencia energética y del agua, es poder contar con metodologías de levantamiento de datos, que sean de bajo costo, estables, bien definidos y ampliamente aceptados, luego, elaboración de estadísticas de consumo unitario por procesos, con series históricas, y metodologías probadas. Esto sería relevante para la consecución de los objetivos de desarrollo sostenible 6 y 7 del agua y la energía.

Sería conveniente la posibilidad de lograr homologar las estadísticas del uso de agua para los distintos procesos aplicados a los distintos minerales. El intercambio metodológico de estadísticas entre Chile y Perú, se enfoca en la armonización y convergencia conceptual para el levantamiento de datos y elaboración de las estadísticas mineras del uso del agua y la energía. Aun si se pudiera mejorar la eficiencia del uso del agua y la energía, se debe mantener un seguimiento ininterrumpido del consumo de estos insumos de manera de gestionar y controlar los nuevos costos asociados al aumento del uso. Por todas las razones expuestas, la cuantificación de estos insumos estratégicos se hace indispensable.

Bibliografía

- Alliance for Water Stewardship (2019). Estándar Internacional para la Gestión Sostenible del Agua, Versión 2.0. Escocia, Mach 2019. En línea <https://mkoa4wsorgk6akjsiboq.kinstacdn.com/wp-content/uploads/2020/05/AWS-Standard-V2.0-en-Espanol.pdf>
- Australian Government (2016). Water Stewardship, Leading Practice Sustainable Development Program for the Mining Industry. September 2016, en línea, <https://www.industry.gov.au/sites/default/files/2019-04/lpsdp-water-stewardship-handbook-english.pdf>.
- Autoridad Nacional del Agua (ANA) (2019). "Compendio Nacional de Estadísticas de Recursos Hídricos 2018. Lima, primera edición. ISBN: 978-612-4273-26-1. En línea <http://repositorio.ana.gob.pe/handle/20.500.12543/4231>
- Azqueta, D. y Sotelsek, D. (2019). "Recursos minerales: capacidad de carga y desarrollo sostenible" Capítulo I, R. Sánchez (ed.), La bonanza de los recursos naturales para el desarrollo: dilemas de gobernanza, Libros de la CEPAL, N° 157 (LC/PUB.2019/13-P), Santiago, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), 2019.
- Bárcena, A., Samaniego, J.L., Peres, W., y Alatorre, J. E. (2020). "La emergencia del cambio climático en América Latina y el Caribe: ¿seguimos esperando la catástrofe o pasamos a la acción?", Libros de la CEPAL, N° 160 (LC/PUB.2019/23-P), Santiago, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), 2020.
- Carpio, C. Coviello, M. (2013), "Eficiencia energética en América Latina y el Caribe: avances y desafíos del último quinquenio". Santiago, Documento de Proyecto.
- Columbia Water Center (CWC), (2017). Mining and Water Risk: Diagnosis, Benchmarking, and Quantitative Analysis of Financial Impacts. Earth Institute, Columbia University, December 2017, en línea <http://water.columbia.edu/files/2015/05/NBIM-Synthesis-Chapter-Final-4.11.18.pdf>.
- Comisión Chilena del Cobre (COCHILCO) (2019a) "Uso de energías renovables no convencionales en la minería del cobre chilena", Dirección de estudios de políticas públicas, en línea <https://www.cochilco.cl/Paginas/Inicio.aspx>.
- _____ (2019b) "Informe de actualización del consumo energético de la minería del cobre al año 2018", Dirección de estudios de políticas públicas, en línea <https://www.cochilco.cl/Listado%20Temtico/Informe%20de%20Consumo%20de%20Energ%C3%ADa%202018.pdf>.
- _____ (2018) "Informe de actualización del consumo energético de la minería del cobre al año 2017", Dirección de estudios de políticas públicas, en línea <https://www.cochilco.cl/Listado%20Temtico/Informe%20de%20Consumo%20de%20Energ%C3%ADa%202017%20final.pdf>.

- _____ (2017) "Consumo de agua en la minería del cobre al 2016", Dirección de estudios de políticas públicas, en línea <https://www.cochilco.cl/Listado%20Temtico/Consumo%20de%20agua%20en%20la%20minería%20del%20cobre%20al%202016%20-%20version%20final.pdf>.
- _____ (2016) "Proyección del consumo de energía eléctrica en la minería del cobre 2016-2027", Dirección de estudios de políticas públicas, en línea <https://www.cochilco.cl/Listado%20Temtico/Proyecci%C3%B3n%20del%20consumo%20de%20energía%20el%C3%A9ctrica%20en%20la%20miner%C3%ADa%20del%20cobre%20%202016%20-%202027.pdf>.
- _____ (2015) "Consumo del agua en la minería del cobre al año 2014", Dirección de estudios de políticas públicas, en línea [https://www.cochilco.cl/Listado%20Temtico/Informe_consumo_agua_04-15_\(rev_F\).pdf](https://www.cochilco.cl/Listado%20Temtico/Informe_consumo_agua_04-15_(rev_F).pdf).
- _____ (2013). Actualización de la información sobre el consumo de agua en la minería del cobre al año 2012, Dirección de estudios de políticas públicas, en línea <https://www.cochilco.cl/Listado%20Temtico/CONSUMO-DE-AGUA-EN-LA-MINERIA-DEL-COBRE-2012.pdf>.
- _____ (2011). Consumo de Agua en la Minería del Cobre 2010, Dirección de estudios de políticas públicas, en línea https://www.cochilco.cl/Listado%20Temtico/INFORME_AGUA_2010.pdf
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) (2018). La ineficiencia de la desigualdad, (LC/SES.37/3-P). LC/SES.37/3-P, Santiago, 2018, en línea https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/43442/6/S1800059_es.pdf.
- Dasgupta, P. (2005): «Sustainable Economic Development in the World of Today's Poor» en Scarcity and Growth Revisited. Natural Resources and the Environment in the New Millenium. Eds. R.David Simpson, Michael A. Toman y Robert Ayres.
- _____ (2006), "Nature and the Economy". Lecture. En línea: <http://www.econ.cam.ac.uk/faculty/dasgupta/LECTURE.pdf>
- Dirección General de Aguas (DGA), Chile (2016), "Atlas del Agua Chile 2016". Santiago, diciembre.
- Ferro, G., Lentini, E. J. (2015), "Eficiencia energética y regulación económica en los servicios de agua potable y alcantarillado", División de Recursos Naturales e Infraestructura, CEPAL, Series N°170.
- Galindo, L. M., Beltrán, A., Ferrer, J., Alatorre, J. E. (2017). Efectos potenciales de un impuesto al carbono sobre el producto interno bruto en los países de América Latina. CEPAL, Documento de proyecto, Santiago.
- Gerbens-Leenes W., Hoekstra A., Holland R., Koch G., Moss J., Ndebele P., Orr S., Ronteltap M., Stevenink, E., (2007). Water Neutrality: a concept paper.
- Global Reporting Initiative (GRI) (2018). GRI 303: Water and effluents. ISBN: 978-90-8866-092-4. En línea . <https://www.globalreporting.org/standards/gri-standards-download-center/>.
- _____ (2016). GRI302: Energy. ISBN: 978-90-8866-105-1. En línea. <https://www.globalreporting.org/standards/gri-standards-download-center/>.
- Gunson, A. J. (2013). Quantifying, Reducing and Improving Mine Water Use. The University of British Columbia, Vancouver, Canadá, May 2013.
- Hoekstra, A. Y., Chapagain, A. K., Aldaya, M. M. and Mekonnen, M. M. (2009). Water Footprint Manual: State of the Art 2009, Water Footprint Network, Enschede, the Netherlands, en línea www.waterfootprint.org/downloads/WaterFootprintManual2009.pdf.
- _____ (2011), "The Water Footprint Assessment Manual. Setting the Global Standard". Published by Earthscan, ISBN: 978-1-84971-279-8.
- International Council on Mining and Metals (ICMM), (2017). Guía práctica para una presentación coherente de informes sobre el agua. Marzo 2017. En línea https://www.icmm.com/website/publications/pdfs/water/170315_water-reporting-guidance_es.pdf.
- _____ (2015). A practical guide to catchment-based water management for the mining and metals industry. En línea https://www.icmm.com/website/publications/pdfs/water/practical-guide-catchment-based-water-management_en.
- International Organization for Standardization (ISO) (2014). ISO 14046:2014 Environmental management — Water footprint — Principles, requirements and guidelines. En línea <https://www.iso.org/standard/43263.html>
- IRMA (Initiative for Responsible Mining Assurance), (2018). IRMA Standard for Responsible Mining IRMA-STD-001, https://responsiblemining.net/wp-content/uploads/2018/07/IRMA_STANDARD_v.1.0_FINAL_2018.pdf.
- Kickler K. y Franken G. (2017), Sustainability Schemes for Mineral Resources: A Comparative Overview, Federal Institute for Geosciences and Natural Resources, https://www.bgr.bund.de/EN/Themen/Min_rohstoffe/Downloads/Sustainability_Schemes_for_Mineral_Resources.pdf?__blob=publicationFile&v=6.

- Leal, J. (2005). "Ecoeficiencia: marco de análisis, indicadores y experiencias". División de Desarrollo Sostenible y Asentamientos Humanos, CEPAL, Series N°105.
- Lewinsohn, J. Salgado, R. (2017), La eficiencia en el uso del agua y la energía en los procesos mineros: casos de buenas prácticas en Chile y el Perú. Documento de proyectos de la CEPAL. Diciembre 2017. https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/43282/1/S1701066_es.pdf.
- Minerals Council of Australia (MCA) (2018). Submission to Senate environment and communications references committee on water used by the extractive industry. Water use by the extractive industry Submission 13. January 2018, en línea <https://minerals.org.au/sites/default/files/Water%20Use%20by%20the%20Extractive%20Industry.pdf>.
- Ministerio de Energía y Minas de Perú (MINEM) (2019). "Anuario Minero 2019, Ministerio de Energía y Minas", Primera edición, Lima, Mayo de 2020. En línea <http://www.minem.gob.pe/minem/archivos/file/Mineria/PUBLICACIONES/ANUARIOS/2019/AM2019.pdf>.
- Naciones Unidas (2018), La Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible: una oportunidad para América Latina y el Caribe (LC/G.2681-P/Rev.3), Santiago.
- Napier-Munn, T., y Morrison, R. (2003). The potential for the dry processing of ores. Proceeding of Water in Mining, Brisbane, Australia. 3-14.
- Northey, S.A. y Haque, N. (2013). Life cycle based water footprint of selected metal production – Assessing production processes of copper, gold and nickel. CSIRO, Australia. EP137374.
- ONU-Agua (2020). UN-Water Analytical Brief on Unconventional Water Resources. Geneva, Switzerland. ISBN: 978-92-808-6103-7. June 2020.
- PNUD (2007). "¿Cómo romper las trampas de la pobreza en Buenaventura? Propuestas desde las comunidades y las instituciones". Cuadernos PNUD 2007. En línea <http://www.pnud.org.co/sitio.shtml?apc=jAa-5-&x=18650>.
- PNUMA y Red Mercosur (2011). Eficiencia en el uso de los recursos en América Latina: Perspectivas e implicancias económicas. Panamá, ISBN: 978-92-807-3121-7.
- Potts J., Wenban-Smith M., Turley L., Lynch M. (2018), Standards and the Extractive Economy: State of Sustainability Initiatives Review, International Institute for Sustainable Development, <https://www.iisd.org/sites/default/files/publications/igf-ssi-review-extractive-economy.pdf>.
- Quiroga R. (2009), Guía metodológica para desarrollar indicadores ambientales y de desarrollo sostenible en países de América Latina y el Caribe, Serie Manuales, CEPAL, <https://www.cepal.org/es/publicaciones/5502-guia-metodologica-desarrollar-indicadores-ambientales-desarrollo-sostenible>.
- Revista Minería Chilena (mch, 2012), "Gobierno estudia regular agua de contacto", publicado el 1 de agosto de 2012, en línea <https://www.mch.cl/reportajes/gobierno-estudia-regular-aguas-de-contacto/#>.
- Santero, N. y Hendry, J. (2016). Harmonization of LCA methodologies for the metal and mining industry. The International Journal of Life Cycle Assessment, Springer. January 2016. En línea <https://link.springer.com/article/10.1007/s11367-015-1022-4>.
- Simpson, R., Toman, M. y Ayres, R. (2005). Ed. «Scarcity and Growth Revisited. Natural Resources and the Environment in the New Millennium».
- Statistics Canada (2019). Report on Energy Supply and Demand in Canada 2017 Preliminary. ISSN 1708-1580, Published by authority of the Minister responsible for Statistics Canada. En línea https://www150.statcan.gc.ca/n1/en/pub/57-003-x/57-003-x2019002-eng.pdf?st=d8jjrIS_.
- UNDESA (2012). Sistema de Contabilidad Ambiental y Económica para el agua (SCAE-Agua, 2012). Statistics Division. ISBN: 978-92-1-161554-8. En línea https://seea.un.org/sites/seea.un.org/files/seeawaterwebversion_final_sp.pdf.
- _____(2019). System of Environmental-Economic Accounting for Energy (SEEA-Energy, 2019). Statistics Division. ISBN: 978-92-1-161623-1. En línea https://seea.un.org/sites/seea.un.org/files/documents/seea-energy_final_web.pdf.
- Unión Europea (2015). EU ETS Handbook. En línea https://ec.europa.eu/clima/sites/clima/files/docs/ets_handbook_en.pdf.
- World Economic Forum, PNUD, Columbia Center on Sustainable Investment y Sustainable development solutions network (2016), Cartografía de la minería en relación con los Objetivos de Desarrollo Sostenible: Un Atlas. Julio de 2016, Libro blanco, en línea http://www3.weforum.org/docs/IP/2016/IU/Mapping_Mining_SDGs_An_Atlas_Es.pdf.

Anexos

Anexo 1

Talleres de Mayo 2019 en Lima, Perú y Marzo 2020 en Santiago de Chile



Agenda Cooperación Sur – Sur

Taller: Intercambio metodológico de estadísticas mineras entre Chile - Perú

Hotel Sol de Oro¹, 14 y 15 de mayo 2019, Lima, Perú.

Sesión 1 martes 14 mayo	
	Inauguración
10:00 – 10:30	<ul style="list-style-type: none"> • Jaime Gálvez, Director de Promoción y Sostenibilidad Minera • Jorge Cantallopts, Director de Estudios y Políticas Públicas de COCHILCO • Rene Salgado, Funcionario de Naciones Unidas, CEPAL
10:30 – 11:30	Presentación MINEM Perú.
11:30 – 12:30	Presentación COCHILCO sobre el rol institucional y utilización de la información recopilada.
12:30 – 14:00	Almuerzo
14:00 – 15:00	Presentación encuesta de producción, consumo de agua y energía – glosario de términos.
15:00 – 16:00	Metodología encuesta de consumo de agua en la minería: recopilación de data, balance hídrico y otros.
16:00 – 16:30	Coffe break
16:30 – 17:30	Consultas generales y conclusiones de la jornada - Cierre primer día.

Sesión 2 miércoles 15 mayo	
10:00 – 11:15	Metodología encuesta de consumo de energía en la minería: recopilación de datos, análisis consumo de energía y combustibles.
11:15 – 12:30	Metodología encuesta de consumo de energía en la minería: cálculo gases de efecto invernadero.
12:30 – 14:00	Almuerzo
14:00 – 15:00	Consultas generales y discusión del Intercambio metodológico.
15:00 – 16:00	Definición de encuesta piloto en Perú, planificación de las actividades COCHILCO-MINEM-CEPAL.
16:00 – 17:00	Pasos por seguir, comentarios finales y cierre de las actividades entre Chile – Perú.
17:00 – 18:30	Ceremonia de cierre.

Participantes**CHILE, COCHILCO**

Camila Montes	Analista de estrategias y políticas públicas, especialista en agua
Rossana Brantes	Analista de estrategias y políticas públicas, especialista en energía

PERÚ, MINEM

Jaime Gálvez	Director General de Promoción y Sostenibilidad Minera
Walter Sanchez	Director de Promoción Minera
Diego Hoyos	Dirección de Promoción Minera
Valeria Aguinaga	Dirección de Promoción Minera
Deivid Ramírez	Dirección de Promoción Minera
Frances Valdivia	Dirección de Promoción Minera
Carlos Abanto	Dirección de Promoción Minera
Gaby Palacios	Dirección General de Minería
Alí Meres	Dirección General de Minería
Katherine Meza	Dirección General de Asuntos Ambientales Mineros
Manuel Heredia	Dirección General de Eficiencia Energética
Luis Islas	Dirección General de Eficiencia Energética
Guillermo Tardillo	Dirección General de Eficiencia Energética

BGR

Carla Rodriguez	Consultora Senior, BGR Perú
Dolfer Julca Zuloeta	Consultor, BGR Perú

CEPAL

Rene Salgado	funcionario de CEPAL, Naciones Unidas
Jose Lewinsohn	funcionario de CEPAL, Naciones Unidas



Agenda

Taller 2: "Estadísticas mineras, transferencia metodológica entre Chile y Perú" 10 y 11 de marzo 2020, Santiago de Chile

Martes 10 de marzo, COCHILCO, Agustinas 1161 piso 4, Santiago Chile

09:00 - 09:30	Palabras inicio COCHILCO – MINEM - BGR - CEPAL
09:30 - 10:30	Adecuación metodológica al oro – MINEM Manuel Requena, Ciro Alvarado y Diego Hoyos – MINEM
10:30 – 11:15	Adecuación metodológica al oro – MINEM Manuel Requena, Ciro Alvarado y Diego Hoyos - MINEM
11:15 - 11:30	Café
11:30 - 13:00	Metodología de Encuesta: Producción, leyes y recuperaciones. Procesamiento de mineral. Productividad Cristian Cifuentes y Felipe Sánchez - COCHILCO
13:00 - 14:00	Almuerzo
14:00 - 15:30	Metodología de proyección de producción / Metodología de cartera inversional y condicionalidad de inversiones mineras. Cristian Cifuentes - COCHILCO
15:30 – 16:15	Entrenamiento: recepción de encuestas y trabajo de datos - Chile Cristian Cifuentes, Rosana Brantes, Felipe Sánchez - COCHILCO
16:15 – 16:30	Café y cierre primer día

Miércoles 11 de marzo, CEPAL, Av. Dag Hammarskjöld 3477, Vitacura. Sala Z-407

09:00 - 10:00	Programa Piloto de estadísticas mineras MINEM Valeria Aguilnaga y Diego Hoyos - MINEM
10:00 - 11:00	Mesa de trabajo Piloto MINEM a. Agua b. Energía / Emisiones directas e indirectas COCHILCO – BGR – MINEM - CEPAL
11:00 - 11:20	Café
11:20 – 12:50	Mesa 2 de trabajo del Piloto MINEM / pasos a seguir a. Producción / Productividad b. Cartera de inversión / Condicionalidad COCHILCO – BGR – MINEM - CEPAL
13:00 - 14:30	Almuerzo
14:30 - 15:00	Mesa de trabajo: documento conjunto intercambio metodológico COCHILCO – BGR – MINEM - CEPAL
15:00 - 15:45	Presentación del Programa RIMAY e Inversión en Desarrollo Sostenible del MINEM Evelyn Contreras y Valeria Aguilnaga - MINEM
15:45 - 16:25	Presentación de la política minera de Chile Jorge Cantallopis - COCHILCO
16:25	Palabras de Cierre y coctel COCHILCO – MINEM – BGR - CEPAL



Participantes**PERÚ, MINEM**

Walter Sanchez	Director de Promoción y Sostenibilidad Minera
Diego Hoyos	Dirección de Promoción Minera
Valeria Aguinaga	Dirección de Promoción Minera
Evelyn Contreras	Dirección de Promoción Minera
Manuel Requenoa	Ministerio de Energía y Minas de Perú
Ciro Alvarado	Ministerio de Energía y Minas de Perú

CHILE, COCHILCO

Marcos Riveros	Vicepresidente Ejecutivo
Jorge Cantallopts	Director de Estrategias y políticas publicas
Cristian Cifuentes	Coordinador de estrategias y políticas públicas
Rossana Brantes	Analista de estrategias y políticas públicas, especialista en energía
Ronald Monsalve	Analista de estrategias y políticas publicas
Felipe Sánchez	Analista de estrategias y políticas públicas

BGR

Achim Constantin	Director MINSUS/BGR
------------------	---------------------

GIZ

Nicolas Maennling	Asesor Principal MINSUS/GIZ
-------------------	-----------------------------

CEPAL

Jeannette Sanchez	Directora de la División de Recursos Naturales
Mauricio Leon	Jefe de Unidad de No Renovables de la División de Recursos Naturales
Jose Lewinsohn	Oficial Asociado de Asuntos Económicos de la Unidad de No Renovables

Anexo 2

Detalle de la encuesta EMPAE de COCHILCO

Paso 1: Caracterización de empresa

CARACTERIZACIÓN																															
Nombre Empresa																															
Nombre Faena (Mina Site)																															
Región																															
Año del reporte																															
Altitud Mina	m.s.n.m																														
Altitud Planta	m.s.n.m																														
PROCESOS MINEROS																															
Mina Rajo	<input type="checkbox"/>	Número de rajos	<input type="text" value="1"/>	Nombres	<input type="text" value="rajo 1"/>																										
Mina Subterránea	<input type="checkbox"/>																														
Planta Concentradora	<input type="checkbox"/>	Tecnología utilizada	<table border="1"> <tr><td>SAG</td><td><input type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>Tradicional</td><td><input type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>Otro</td><td><input type="checkbox"/></td></tr> </table>	SAG	<input type="checkbox"/>	Tradicional	<input type="checkbox"/>	Otro	<input type="checkbox"/>	Origen del Mineral	<table border="1"> <tr><td>Mineral Propio</td><td><input type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>Mineral de Terceros</td><td><input type="checkbox"/></td></tr> </table>	Mineral Propio	<input type="checkbox"/>	Mineral de Terceros	<input type="checkbox"/>	Planta de Molibdeno	<input type="checkbox"/>	Tostador Fluosólido de Concentrados	<input type="checkbox"/>												
SAG	<input type="checkbox"/>																														
Tradicional	<input type="checkbox"/>																														
Otro	<input type="checkbox"/>																														
Mineral Propio	<input type="checkbox"/>																														
Mineral de Terceros	<input type="checkbox"/>																														
Planta de Lixiviación	<input type="checkbox"/>	Tipo de pilas	<table border="1"> <tr><td>HEAP</td><td><input type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>ROM</td><td><input type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>DRUMP</td><td><input type="checkbox"/></td></tr> </table>	HEAP	<input type="checkbox"/>	ROM	<input type="checkbox"/>	DRUMP	<input type="checkbox"/>	Tipo de Hornos	<table border="1"> <tr><td>Reverbero</td><td><input type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>Basculante</td><td><input type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>Fusión Flash</td><td><input type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>Eléctricos</td><td><input type="checkbox"/></td></tr> </table>	Reverbero	<input type="checkbox"/>	Basculante	<input type="checkbox"/>	Fusión Flash	<input type="checkbox"/>	Eléctricos	<input type="checkbox"/>	Tipo de Convertidores	<table border="1"> <tr><td>Teniente</td><td><input type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>Pierce Smith</td><td><input type="checkbox"/></td></tr> </table>	Teniente	<input type="checkbox"/>	Pierce Smith	<input type="checkbox"/>	Origen del oxígeno	<table border="1"> <tr><td>Planta Propia</td><td><input type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>Terceros</td><td><input type="checkbox"/></td></tr> </table>	Planta Propia	<input type="checkbox"/>	Terceros	<input type="checkbox"/>
HEAP	<input type="checkbox"/>																														
ROM	<input type="checkbox"/>																														
DRUMP	<input type="checkbox"/>																														
Reverbero	<input type="checkbox"/>																														
Basculante	<input type="checkbox"/>																														
Fusión Flash	<input type="checkbox"/>																														
Eléctricos	<input type="checkbox"/>																														
Teniente	<input type="checkbox"/>																														
Pierce Smith	<input type="checkbox"/>																														
Planta Propia	<input type="checkbox"/>																														
Terceros	<input type="checkbox"/>																														
Fundición	<input type="checkbox"/>	Planta de Metales Nobles	<input type="checkbox"/>																												
Refinería	<input type="checkbox"/>																														
MINERALES																															
Oxidos	<input type="checkbox"/>																														
Sulfuros	<input type="checkbox"/>																														
Sulfuros de baja ley	<input type="checkbox"/>																														
Sulfuros Biohixiviables	<input type="checkbox"/>																														
OTROS																															
Agua de Mar	<input type="checkbox"/>																														
Energía Renovable	<input type="checkbox"/>																														
Puerto	<input type="checkbox"/>	Nombre Puerto	<input type="text"/>																												
Campamentos	<input type="checkbox"/>																														

Paso 2
Datos de Producción

Paso 2: Datos de producción

PRODUCCIÓN			
Mina Rajo			Observaciones
Mineral Extraído		Ley del mineral	
Mineral sulfuro extraído a planta	ETM	Ley	%
Mineral oxidos extraído	ETM	Ley	%
Mineral biooxidable extraído	ETM	Ley	%
Mineral sulfuro de baja ley extraído a lixiviación	ETM	Ley	%
Mineral HEAP	ETM	Ley	%
Mineral ROM	ETM	Ley	%
Mineral DUMP	ETM	Ley	%
Horas promedio trabajadas mina rajo	hrs/año		
Trabajadores operativos mina rajo	un./año		
Latre		Ley del latre	
Latre Extraído	ETM	Ley	%
Bazon latre/Mineral	un.		
Material cargado			
Material cargado por palas eléctricas	ETM		
Material cargado por palas/cargadores a combustibles	ETM		
Tiempo mantenimiento correctivo (TMC)	hrs		
Tiempo mantenimiento planificado (TMP)	hrs		
Tiempo de detenciones súbitas	hrs		
Tiempo efectivo palas	hrs		
Disponibilidad	%		
Eficiencia	%		
Chancado			
Chancado primario	ETM		
Chancado latre	ETM		
Tiempo mantenimiento correctivo (TMC)	hrs		
Tiempo mantenimiento planificado (TMP)	hrs		
Tiempo de detenciones súbitas	hrs		
Tiempo efectivo chancador	hrs		
Disponibilidad	%		
Eficiencia	%		
Acarreo			
Distancia media equivalente de acarreo de mineral	Emc.		
Distancia media equivalente de acarreo de latre	Emc.		
Tiempo mantenimiento correctivo camiones (TMC)	hrs		
Tiempo mantenimiento planificado camiones (TMP)	hrs		
Tiempo de detenciones súbitas	hrs		
Tiempo efectivo camiones	hrs		
Disponibilidad camiones	%		
Eficiencia camiones	%		
Mina Subterránea			Observaciones
Mineral Extraído		Ley del mineral	
Mineral sulfuro extraído a planta	ETM	Ley	%
Mineral oxidos extraído	ETM	Ley	%
Mineral biooxidable extraído	ETM	Ley	%
Mineral sulfuro de baja ley extraído a lixiviación	ETM	Ley	%
Horas promedio trabajadas mina subterránea	hrs/año		
Trabajadores operativos mina subterránea	un./año		
Acarreo			
Distancia media equivalente de acarreo de mineral	Emc.		
Tiempo mantenimiento correctivo LHD (TMC)	hrs		
Tiempo mantenimiento planificado LHD (TMP)	hrs		
Tiempo de detenciones súbitas	hrs		
Tiempo efectivo LHD	hrs		
Disponibilidad	%		
Eficiencia	%		
Planta Concentradora			Observaciones
Procesamiento		Ley	
Mineral procesado	TMS	Ley	%
Concentrado Producido	TMS	Ley de Cu	%
Recuperación en concentración	%		
Índice de dureza del mineral procesado	kWh/tr.coma		
Tiempo mantenimiento correctivo molinera (TMC)	hrs		
Tiempo mantenimiento planificado molinera (TMP)	hrs		
Tiempo de detenciones súbitas	hrs		
Tiempo efectivo	hrs		
Disponibilidad	%		
Eficiencia	%		
Producción			
Cobre fino producido	TMS		
Capacidad			
Capacidad nominal planta	TPO		
Días de operación	días		
Horas promedio trabajadas concentradora	hrs/año		
Trabajadores operativos concentradora	un./año		
LIXIVIACIÓN			Observaciones
Procesamiento		Ley	
Mineral lixiviable tratado HEAP	ETM	Ley de Cu	%
Mineral lixiviable tratado ROM	ETM	Ley de Cu	%
Recuperación en lixiviación HEAP	%		
Recuperación en lixiviación ROM	%		
Producción de PLS	m3		
Contenido de cobre en PLS	gr./Cu/lit		
Consumo de ácido	Ton		
Área seca			
Tiempo mantenimiento correctivo (TMC)	hrs		
Tiempo mantenimiento planificado (TMP)	hrs		
Tiempo de detenciones súbitas	hrs		
Tiempo efectivo	hrs		
Disponibilidad	%		
Eficiencia	%		
Área húmeda			

Tiempo mantenimiento correctivo (TMC)	hrs	
Tiempo mantenimiento planificado (TMP)	hrs	
Tiempo de detenciones súbitas	hrs	
Tiempo efectivo	hrs	
Disponibilidad	%	
Eficiencia	%	
Producción		
Producción de Cátodos GI-EW	TMF	
Capacidad		
Capacidad nominal de nave (D)	TMF	
Horas promedio trabajadas planta hidrometalúrgica	hrs/año	
Trabajadores planta hidrometalúrgica	un./año	

Fundición		Ley del Concentrado		Observaciones
		Ley de Cu	%	
Volumen procesado				
Volumen del Concentrado fundido	TMS			
Volumen de cargas frías	TMS			
Volumen de cemento fundido	TMS			
Volumen de otros elementos fundidos	TMS			
Concentrado procesado				
Concentrado Propio fundido	TMS	Ley de Cu	%	
Concentrado Interdivisional fundido	TMS	Ley de Cu	%	
Concentrado Externo fundido	TMS	Ley de Cu	%	
Fuente 1 (indicar nombre)	TMS	Ley de Cu	%	
Fuente 2 (indicar nombre)	TMS	Ley de Cu	%	
Fuente 3 (indicar nombre)	TMS	Ley de Cu	%	
Fuente 4 (indicar nombre)	TMS	Ley de Cu	%	
Fuente 5 (indicar nombre)	TMS	Ley de Cu	%	
Otras fuentes	TMS	Ley de Cu	%	
Alimentación a Hornos Flash	TMS			
Alimentación a Convertidor Pierce Smith (según sea)	TMS			
Alimentación a Convertidor Teniente	TMS			
Volumen de concentrado secado al 0%	TMS			
Recuperación de Cu	%			
Producción				
Producción Total de Cu Fundición	TMF			
Volumen de Billeter producido	TMF			
Volumen de Anodos producido	TMF			
Producción neta de Cu (producción - recirculación)	TMF			
Volumen Cobre molleado Externo	TMF			
Producción Ácido y Oxígeno				
Producción Ácido Sulfúrico	Ton			
Producción de Oxígeno	m3			
Capacidad				
Días de operación	días			
Horas promedio trabajadas fundición	hrs/año			
Trabajadores fundición	un./año			

Refinería		Observaciones
Producción de Cátodos ER		
Producción total de Cátodos ER Propios	Ton	
Producción total de Cátodos ER Externos	Ton	
Fuente 1 (indicar nombre)	Ton	
Fuente 2 (indicar nombre)	Ton	
Fuente 3 (indicar nombre)	Ton	
Fuente 4 (indicar nombre)	Ton	
Fuente 5 (indicar nombre)	Ton	
Otras fuentes	Ton	
Barros Anódicos		
Producción de barros anódicos	Ton	
Ley de Au en barro anódico	%	
Ley de Ag en barro anódico	%	
Capacidad		
Días de operación	días	
Horas promedio trabajadas refinería	hrs/año	
Trabajadores refinería	un./año	

Paso 3 Combustibles

Paso 3: Datos de combustibles

COMBUSTIBLES												
Mina Rajo												
Proceso	Carbón (kg)	Gasolina (m3)	Diesel (m3)	Etap 4 (ton)	Keroseno (m3)	Gas Licuado (kg)	Gas Natural (m3)	Litro/Pellets/Astillas (kg)	Butano (lit)	Nafta (m3)	Propano (m3)	Observaciones
Perforación												
Tronadura												
Cargado												
Transporte												
Movimiento Tierra												
Equipo Apoyo												
Otros												
Fuente de consumo 1 (indicar nombre)												
Fuente de consumo 2 (indicar nombre)												
Veritas												
TOTAL MINA RAJO ABIERTO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Mina Subterránea												
Proceso	Carbón (kg)	Gasolina (m3)	Diesel (m3)	Etap 4 (ton)	Keroseno (m3)	Gas Licuado (kg)	Gas Natural (m3)	Litro/Pellets/Astillas (kg)	Butano (lit)	Nafta (m3)	Propano (m3)	Observaciones
Perforación												
Tronadura												
Cargado												
Transporte												
Movimiento Tierra												
Equipo Apoyo												
Otros												
Fuente de consumo 1 (indicar nombre)												
Fuente de consumo 2 (indicar nombre)												
Veritas												
TOTAL MINA SUBTERRANEA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Planta Concentradora												
Proceso	Carbón (kg)	Gasolina (m3)	Diesel (m3)	Etap 4 (ton)	Keroseno (m3)	Gas Licuado (kg)	Gas Natural (m3)	Litro/Pellets/Astillas (kg)	Butano (lit)	Nafta (m3)	Propano (m3)	Observaciones
Planta Chancado												
Molienda Tradicional												
Molienda S.A.G.												
Flotación												
Planta Tratamiento Relaves												
Disposición Relaves												
Servicios												
Operación recuperación de agua												
Filtras												
Secado												
Otros												
Fuente de consumo 1 (indicar nombre)												
Fuente de consumo 2 (indicar nombre)												
Veritas												
TOTAL PLANTA CONCENTRADORA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
LIXIVIACION												
Proceso	Carbón (kg)	Gasolina (m3)	Diesel (m3)	Etap 4 (ton)	Keroseno (m3)	Gas Licuado (kg)	Gas Natural (m3)	Litro/Pellets/Astillas (kg)	Butano (lit)	Nafta (m3)	Propano (m3)	Observaciones
Aglomeración												
Lechadura DDM (LX)												
Lechadura DEAP (LX)												
Lechadura con Solvente												
Desaglomeración												
Otros												
Fuente de consumo 1 (indicar nombre)												
Fuente de consumo 2 (indicar nombre)												
Veritas												
TOTAL TRATAMIENTO MINERALES LIXIVABLES	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Servicios												
Proceso	Carbón (kg)	Gasolina (m3)	Diesel (m3)	Etap 4 (ton)	Keroseno (m3)	Gas Licuado (kg)	Gas Natural (m3)	Litro/Pellets/Astillas (kg)	Butano (lit)	Nafta (m3)	Propano (m3)	Observaciones
Servicios Generales												
Compras/ventas												
Veritas												
Cuentas por pagar (C/P)												
Planta de Cal												
Caldera industriales												
Equipo de Servicio												
Comerciales												
Otros												
Fuente de consumo 1 (indicar nombre)												
Fuente de consumo 2 (indicar nombre)												
Veritas												
TOTAL SERVICIO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
*) Incluir extracción, parter y distribución												
Fundición												
Proceso	Carbón (kg)	Gasolina (m3)	Diesel (m3)	Etap 4 (ton)	Keroseno (m3)	Gas Licuado (kg)	Gas Natural (m3)	Litro/Pellets/Astillas (kg)	Butano (lit)	Nafta (m3)	Propano (m3)	Observaciones
Calentado												
Calentamiento												
Reverbero												
horno flash												
horno Normada												
Convertidores Tampico												
Convertidores Pisco Smith												
Refino y Moldeo												
Refract. Escoria												
horno eléctrico												
Plantas Diapama												
Servicios auxiliares												
Plantas ventas												
Planta Acido Sulfurico												
Planta Fierro Sulfadico												
Planta Refinación acorion												
Otros												
Fuente de consumo 1 (indicar nombre)												
Fuente de consumo 2 (indicar nombre)												
Veritas												
TOTAL FUNDICION	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Refinería												
Proceso	Carbón (kg)	Gasolina (m3)	Diesel (m3)	Etap 4 (ton)	Keroseno (m3)	Gas Licuado (kg)	Gas Natural (m3)	Litro/Pellets/Astillas (kg)	Butano (lit)	Nafta (m3)	Propano (m3)	Observaciones
Operación Refinería Comercial												
Mantenimiento Refinería												
Caldera Refinería												
Otros												
Fuente de consumo 1 (indicar nombre)												
Fuente de consumo 2 (indicar nombre)												
Veritas												
TOTAL REFINERIA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Planta Metales Nobles												
Proceso	Carbón (kg)	Gasolina (m3)	Diesel (m3)	Etap 4 (ton)	Keroseno (m3)	Gas Licuado (kg)	Gas Natural (m3)	Litro/Pellets/Astillas (kg)	Butano (lit)	Nafta (m3)	Propano (m3)	Observaciones
Servicio de Fundido												
Otros												
Fuente de consumo 1 (indicar nombre)												
Fuente de consumo 2 (indicar nombre)												
Veritas												
TOTAL PLANTA METALES NOBLES	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
TOTAL CONSUMO ANUAL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
*) Combustibles usados como reactivos												

Paso 4: Datos de energía eléctrica

ENERGÍA ELÉCTRICA			
Mina Rajo			Observaciones
Proceso		Unidad	
Perforación		KWh	
Tronadura		KWh	
Carguo		KWh	
Transporte		KWh	
Chancado Primario		KWh	
Otros		0	
	Fuente de consumo 1 (indicar nombre)	KWh	
	Fuente de consumo 2 (indicar nombre)	KWh	
	Varios	KWh	
TOTAL MINA RAJO ABIERTO		0	
Mina Subterránea			Observaciones
Proceso		Unidad	
Perforación		KWh	
Tronadura		KWh	
Carguo		KWh	
Transporte		KWh	
Chancado Primario		KWh	
Ventilación		KWh	
Otros		0	
	Fuente de consumo 1 (indicar nombre)	KWh	
	Fuente de consumo 2 (indicar nombre)	KWh	
	Varios	KWh	
TOTAL MINA SUBTERRÁNEA		0	
Planta Concentradora			Observaciones
Proceso		Unidad	
Plantas Chancado		KWh	
Molienda Tradicional		KWh	
Molienda S.A.G.		KWh	
Flotación		KWh	
Planta Tratamiento Relaves		KWh	
Operación recirculación de aguas		KWh	
Filtros		KWh	
Otros		0	
	Fuente de consumo 1 (indicar nombre)	KWh	
	Fuente de consumo 2 (indicar nombre)	KWh	
	Varios	KWh	
TOTAL PLANTA CONCENTRADORA		0	
LIXSEW			Observaciones
Proceso		Unidad	
Aglomeración		KWh	
Lixiviación BDM (LX)		KWh	
Lixiviación HEAP (LX)		KWh	
Extracción por Solvente		KWh	
Electroobtención		KWh	
Otros		0	
	Fuente de consumo 1 (indicar nombre)	KWh	
	Fuente de consumo 2 (indicar nombre)	KWh	
	Varios	KWh	
TOTAL TRATAMIENTO MINERALES LIXIVABLES		0	
Servicios			Observaciones
Proceso		Unidad	
Servicios Generales		0	
	Componentos	KWh	
	Talleres	KWh	
Suministro Total de Agua (*)		0	
	Desalinización	KWh	
	Sistema de Inyección	KWh	
Otros		0	
	Fuente de consumo 1 (indicar nombre)	KWh	
	Fuente de consumo 2 (indicar nombre)	KWh	
	Varios	KWh	
TOTAL SERVICIOS		0	
(*) Incluir extracción, porteo y distribución			
Fundición			Observaciones
Proceso		Unidad	
Secado		KWh	
Horno Flash		KWh	
Horno Noranda		KWh	
Convertidores Pierce-Smith		KWh	
Convertidores Teniente		KWh	
Bafino y Moldeo		KWh	
Hornos Escoria		KWh	
Planta de oxígeno		KWh	
Horno Eléctrico		KWh	
Planta de aire y vapor		KWh	
Captación de Gases		KWh	
Planta de ácido sulfúrico		KWh	

Planta Polvos Fundición		KWh
Otros	0	KWh
<i>Fuente de consumo 1 (Indicar nombre)</i>		KWh
<i>Fuente de consumo 2 (Indicar nombre)</i>		KWh
Varios		KWh
TOTAL FUNDICIÓN	0	KWh

Refinería

Observaciones

Proceso		Unidad
Electrorefinación		KWh
Otros	0	KWh
<i>Fuente de consumo 1 (Indicar nombre)</i>		KWh
<i>Fuente de consumo 2 (Indicar nombre)</i>		KWh
Varios		KWh
TOTAL REFINERÍA	0	KWh

Autogeneración

Observaciones

Proceso		Unidad
Energía autogenerada		KWh
Otros		KWh
TOTAL AUTOGENERACIÓN	0	KWh

TOTAL CONSUMO ANUAL	0	KWh
----------------------------	----------	------------

**Paso 5
Recursos Hídricos**

Paso 5: Datos de recursos hídricos

FUENTES DE EXTRACCIÓN

Aguas Superficiales

Origen		Unidad
Aguas lluvias		lts/seg
Escorrentias	0	lts/seg
<i>Nombre Escorrentia 1 (Indicar nombre)</i>		lts/seg
<i>Nombre Escorrentia 2 (Indicar nombre)</i>		lts/seg
Embalses Artificiales	0	lts/seg
<i>Nombre Embalse 1 (Indicar nombre)</i>		lts/seg
<i>Nombre Embalse 2 (Indicar nombre)</i>		lts/seg
Lagos		lts/seg
Ríos (Cuenca)	0	lts/seg
<i>Nombre cuenca 1 (Indicar nombre)</i>		lts/seg
<i>Nombre cuenca 2 (Indicar nombre)</i>		lts/seg
TOTAL AGUAS SUPERFICIALES	0	lts/seg

Aguas Subterráneas

Origen		Unidad
Aguas de contacto		lts/seg
Aguas del minero		
Acuíferos	0	lts/seg
<i>Nombre acuífero 1 (Indicar nombre)</i>		lts/seg
<i>Nombre acuífero 2 (Indicar nombre)</i>		lts/seg
TOTAL AGUAS SUBTERRÁNEAS	0	lts/seg

Aguas adquiridas a terceros

Origen		Unidad
Aguas adquiridas a terceros		lts/seg
TOTAL AGUAS ADQUIRIDAS A TERCEROS	0	lts/seg

Aguas Recirculadas

Origen		Unidad
Recirculación desde relaves		lts/seg
Recirculación desde espesadores		lts/seg
Otros recirculación		lts/seg
TOTAL AGUAS RECIRCULADAS	0	lts/seg

CONSUMO DE AGUA POR PROCESO

Mina Rajo

Proceso		Unidad
Supresión de polvo en caminos		lts/seg
Otros	0	lts/seg
<i>Fuente de consumo 1 (Indicar nombre)</i>		lts/seg
<i>Fuente de consumo 2 (Indicar nombre)</i>		lts/seg
<i>Varios</i>		lts/seg
TOTAL MINA RAJO ABIERTO	0	lts/seg

Mina Subterránea

Proceso		Unidad
Supresión de polvo en caminos		lts/seg
Otros	0	lts/seg
<i>Fuente de consumo 1 (Indicar nombre)</i>		lts/seg
<i>Fuente de consumo 2 (Indicar nombre)</i>		lts/seg
<i>Varios</i>		lts/seg
TOTAL MINA SUBTERRÁNEA	0	lts/seg

Planta Concentradora

Proceso		Unidad
Plantas Chancado		lts/seg
Molienda Tradicional		lts/seg
Molienda S.A.G.		lts/seg
Flotación		lts/seg
Planta Tratamiento Relaves		lts/seg
Otros	0	lts/seg
<i>Fuente de consumo 1 (Indicar nombre)</i>		lts/seg
<i>Fuente de consumo 2 (Indicar nombre)</i>		lts/seg
<i>Varios</i>		lts/seg
TOTAL PLANTA CONCENTRADORA	0	lts/seg

Anexo 3

Detalle de Declaración Estadística Mensuales (ESTAMIN). Régimen General y pequeño productor minero

ANEXO A

DECLARACIÓN ESTADÍSTICA MENSUAL (ESTAMIN) (RÉGIMEN GENERAL Y PEQUEÑO PRODUCTOR MINERO)

1. INFORMACION DEL TITULAR

1.1. IDENTIFICACIÓN Y UBICACIÓN DEL TITULAR

Representante

Persona natural

- Nombre y apellidos
- Dirección y teléfonos
- Correo Electrónico

Persona jurídica

- Nombre y/o razón social
- Dirección y teléfonos
- Correo Electrónico
- RUC
- Representante legal

Responsable

- Nombre y apellidos
- Cargo
- Documento de Identidad
- Correo Electrónico

1.2. IDENTIFICACION DE CONCESIONES Y/O U.E.A.s DEL TITULAR

- Código de la unidad (concesión)
- Nombre
- Tipo
- Sustancia (metálicas, no metálicas, carboníferas)
- Situación

1.3. INFORMACION DE HECHOS DE IMPORTANCIA, ANUNCIOS Y ASUNTOS QUE EXPLIQUEN LA ESTADISTICA REPORTADA Y/O AFECTE EL DESEMPEÑO DE LA EMPRESA

- Hechos que afectan la declaración (producción, seguridad e inversión).

1.4. CONCESIONES INTEGRANTES DE UEAS EN SITUACIÓN DE EXPLOTACIÓN.

1.5. INFORMACIÓN DE EMPLEO

Datos del Titular y Contratistas.

- Numero de Obreros y Empleados



2. ANEXO I: PRODUCCIÓN

2.1. CONCESIONES MINERAS

Datos de la Unidad (concesión):

- Código de la Unidad
- Nombre
- Sustancia (metálica, no metálica, carbonífera)
- Situación
- Estado (sin datos, incompleto, completo)
- Fecha de actualización

2.1.1. RECURSO EXTRAÍDO

- Procedencia (propio, comprado, acopio artesanal (REINFO))
- Región, Provincia, Distrito
- Recurso Extraído (nombre del recurso extraído)
- Cantidad

2.1.2. DESTINO DEL RECURSO EXTRAÍDO

Datos del recurso extraído en la concesión y/o UEA.:

- Recurso extraído, (nombre del recurso)
- Destino, (botaderos, plantas, stock, circuito productivo, exportación, etc)
- País, (en el caso de ventas al exterior)
- Cantidad
- Valor
- Leyes, (% o cantidad de metal presente en el recurso extraído)



2.1.3. PRODUCCION OBTENIDA

Datos de la producción obtenida en la planta de beneficio:

- Producto, (producto obtenido)
- Cantidad, (cantidad obtenida)
- Leyes, (% o cantidad de metal presente en el mineral a procesar)

2.1.4. DESTINO DE LA PRODUCCION

Datos del destino de la producción obtenida en la planta de beneficio:

- Producto, (producto obtenido)
- Destino, (circuito de producción, exportación, venta local, otra planta, etc)
- País de Exportación
- Cantidad, (cantidad obtenida)
- Valor.

3. ANEXO II: SEGURIDAD

Datos de seguridad de acuerdo al "Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional en Minería" DS. N° 023-2017-EM.

Información para concesiones y/o UEAs declaradas en situación de explotación, exploración o construcción.

- Código de Unidad
- Nombre
- Tipo de Unidad, (concesión, UEA, etc)
- Sustancia, (metálica, no metálica, carbonífera)
- Situación, (exploración, explotación, construcción)
- Estado, (sin datos, incompleto, completo)
- Fecha de actualización

3.1. REGISTRO/LISTA DE CONTRATISTAS MINEROS Y CONEXOS

- Tipo Cliente, (Titular, Contratista Minero, Empresa Conexa)
- Horas hombres trabajadas.
- Actividades mineras Art.2 Reglamento.

3.2. ESTADISTICO DE INCIDENTES (ANEXO 24 DEL REGLAMENTO)

Datos de Incidentes:

- Tipo Cliente, (Titular, Contratista Minero, Empresa Conexa)
- Registro de incidentes, según tabla 10 del Anexo 31 del reglamento de seguridad.

3.3. ESTADISTICO DE INCIDENTES PELIGROSOS (ANEXO 25 DEL REGLAMENTO)

Datos de Incidentes Peligrosos:

- Tipo Cliente, (Titular, Contratista Minero, Empresa Conexa)
- Registro de incidente peligroso, según tabla 9 del Anexo 31 del reglamento de seguridad.

3.4. ESTADISTICO DE ACCIDENTES LEVES (ANEXO 26 DEL REGLAMENTO)

Datos de Accidentes Leves:

- Tipo Cliente, (Titular, Contratista Minero, Empresa Conexa)
- Registro de accidente leve, según tabla 10 del Anexo 31 del reglamento de seguridad.



3.5. ESTADISTICO DE ACCIDENTES ICAPACITANTES (ANEXO 27 DEL REGLAMENTO)

3.6. ESTADISTICO DE SEGURIDAD MENSUAL (ANEXO 28 DEL REGLAMENTO)

Información resumen de los accidentes, de los puntos 3.1 al 3.9.

Análisis y elaboración de índices de Frecuencia, Severidad, y Accidentabilidad.

Información de anexo:

- Nombre de la compañía, contratista minero o empresa conexas.
- Nro. de trabajadores (obreros y empleados)
- Nro. incidentes
- Nro. incidentes peligrosos
- Nro. accidentes leves
- Accidentes con pérdida de tiempo
- Días perdidos
- Horas hombre trabajadas
- Índice de frecuencia
- Índice de severidad
- Índice de accidentabilidad.

3.7. REPORTE DE ENFERMEDADES PROFESIONALES/OCUPACIONALES (ANEXO 29 DEL REGLAMENTO)

Datos de Enfermedades Ocupacionales:

- Tipo Cliente, (Titular, Contratista Minero, Empresa Conexas)
- Registro de enfermedad ocupacional
- Nombre de la compañía, contratista minero o empresa conexas.
- Código único asignado por el Titular Minero.
- Edad
- Sexo
- Ocupación
- Años de trabajo en minería
- Agente causal
- Agente causante (Tabla 5 del Anexo 31)
- Diagnóstico
- CIE 10 (Clasificación internacional de enfermedades)
- Médico (Apellidos y nombres)
- CMP
- Institución calificadoradora
- Actividad Minera Art. 2 del Reglamento



3.8. ANÁLISIS DE ACCIDENTES INCAPACITANTES SEGUN CÓDIGO DE CLASIFICACIÓN (ANEXO 30 DEL REGLAMENTO)

Datos de Accidentes Incapacitantes:

- Tipo Cliente, (Titular, Contratista Minero, Empresa Conexas)
- Registro de enfermedad ocupacional
 - Nombre de la compañía, contratista minero o conexas
 - Tipo de accidente incapacitante (Tabla 10 del Anexo 31)
 - Edad
 - Estado Civil
 - Grado de instrucción
 - Años de experiencia
 - Hora
 - Día
 - Mes
 - Incapacidad

- Días perdidos
- Ocupación
- Remuneración
- Tipo de incapacidad (según Tabla 6 de Anexo 31, parte del cuerpo afectada)

3.9. DÍAS PERDIDOS ORIGINADOS POR ACCIDENTES INCAPACITANTES DE MESES ANTERIORES

Datos de días perdidos por accidentes:

- Tipo Cliente, (Titular, Contratista Minero, Empresa Conexa)
- Días perdidos

4. ANEXO III: INDICADORES DE DESEMPEÑO

Información para concesiones y/o UEAs declaradas en situación de explotación.

Datos de indicadores de desempeño:

- Código de Unidad
- Nombre
- Tipo de Unidad, (concesión, UEA, etc)
- Sustancia, (metálica, no metálica, carbonífera)
- Situación, (exploración)
- Estado, (sin datos, incompleto, completo)
- Fecha de actualización
- Indicadores:
 - Costo de mina
 - Costo de sostenimiento en explotación
 - Costo de sostenimiento en desarrollo
 - Costo de planta
 - Costos ambientales
 - Costo de desarrollos
 - Ratio de desmonte
 - Productividad del trabajador
 - Consumo de agua fresca
 - Consumo energético
 - Costos sociales



5. ANEXO IV: CUMPLIMIENTO MENSUAL DEL PROGRAMA DE EXPLORACIÓN Y DESARROLLO

Información para concesiones y/o UEAs declaradas en situación de explotación, exploración o construcción.

Datos de cumplimiento mensual:

- Código de Unidad
- Nombre
- Tipo de Unidad, (concesión, UEA, etc)
- Sustancia, (metálica, no metálica, carbonífera)
- Situación, (exploración)
- Estado, (sin datos, incompleto, completo)

- Fecha de actualización
- Labor, (para cada una de las etapas de exploración, desarrollo, preparación, explotación)
 - Trincheras
 - Cruceros y/o cortadas
 - Inclinados
 - Chimeneas
 - Ventanas y/o estocadas
 - Galerías
 - Rampas
 - Piques
 - Sub niveles
 - Tajeos
 - Perforaciones y/o sondajes

6. ANEXO V: PROGRAMA DE INVERSIONES

6.1. PROGRAMA DE INVERSIONES

Información para concesiones y/o UEAs declaradas en situación de explotación, exploración, beneficio o construcción.

Datos por Unidad (concesión):

- Código de la Unidad
- Nombre
- Tipo
- Sustancia (motálica, no metálica, carbonífera)
- Situación
- Estado (sin datos, incompleto, completo)
- Fecha de actualización
- Capex sostenimiento
- Capex de crecimiento
- Tipo de inversión, para Capex de Sostenimiento y Capex de Crecimiento.
 - Exploración
 - Estudios geológicos, geoquímicos, geofísicos, satelitales
 - Perforación diamantina
 - Evaluación de recursos (estudios de factibilidad)
 - Estudios ambientales y sociales
 - Otros exploración
 - Desarrollo y preparación
 - Equipamiento minero
 - Planta de Beneficio
 - Infraestructura
 - Vías de comunicación
 - Infraestructura Componentes auxiliares
 - Infraestructura Transporte Minero
 - Otras obras de infraestructura
 - Otros



6.2. PRINCIPALES PROYECTOS DE INVERSIÓN

Información de Principales Proyectos del Titular Minero.

Información específica requerida para la Cartera de Proyectos del MINEM (*)

- Nombre del proyecto
- Región
- Concesiones o UEAs que abarca el proyecto
- Etapa del proyecto
- Producción anual estimada (TMS) (*)
- Presupuesto Anual Estimado USD
- Porcentaje de avance físico
- Fecha de inicio
- Fecha de término
- Inversión acumulada USD (mes anterior)
- Inversión del mes



ANEXO B**PRODUCTOR MINERO ARTESANAL (PMA)****DECLARACIÓN ESTADÍSTICA MENSUAL – (ESTAMIN-PMA)****1. INFORMACION DEL TITULAR****1.1. IDENTIFICACIÓN Y UBICACIÓN DEL TITULAR****Representante****Persona natural**

- Nombre y apellidos
- Dirección y teléfonos
- Correo Electrónico

Persona jurídica

- Nombre y/o razón social
- Dirección y teléfonos
- Correo Electrónico
- RUC
- Representante legal (selección automática)

Responsable

- Nombre y apellidos
- Cargo
- Documento de Identidad
- Correo Electrónico
- Teléfono fijo y móvil

**1.2. IDENTIFICACION DE CONCESIONES Y/O U.E.A.s DEL TITULAR**

- Código de la unidad (concesión)
- Nombre
- Tipo
- Sustancia (metálicas, no metálicas, carboníferas)
- Situación
- Concesiones integrantes de UEAs en situación de explotación.

1.3. INFORMACION DE HECHOS DE IMPORTANCIA, ANUNCIOS Y ASUNTOS QUE EXPLIQUEN LA ESTADISTICA REPORTADA Y/O AFECTE EL DESEMPEÑO DE LA EMPRESA

- Hechos que afectan la declaración (producción, seguridad e inversión).
- Hechos de importancia sobre la situación social.

1.4. INFORMACIÓN DE EMPLEO

Datos del Titular y Contratistas.

- Número de Obreros y Empleados
- Género de los trabajadores
- Funciones generales que desempeñan

2. ANEXO I: PRODUCCIÓN**2.1. CONCESIONES MINERAS****Datos de la Unidad (concesión):**

- Código de la Unidad
- Nombre
- Sustancia (metálica, no metálica, carbonífera)
- Situación
- Estado (sin datos, incompleto, completo)
- Observaciones
- Fecha de actualización

2.1.1. RECURSO EXTRAIDO

- Procedencia (propio, comprado, acopio artesanal (REINFO) , stock propio)
- Región, Provincia, Distrito
- Recurso Extraído (nombre del recurso extraído)
- Cantidad
- Comentarios, Sugerencias u Observaciones

2.1.2. DESTINO DEL RECURSO EXTRAIDO**Datos del recurso extraído en la concesión y/o UEA.:**

- Recurso extraído, (nombre del recurso)
- Destino, (botaderos, plantas, stock, circuito productivo, exportación, etc)
- País, (en el caso de ventas al exterior)
- Concesiones de Beneficio
- Cantidad
- Unidad de Medida
- Valor
- Moneda
- Leyes, (% o cantidad de metal presente en el recurso extraído)
- Comentarios, Sugerencias u Observaciones

2.2. PLANTAS DE BENEFICIO**Datos de la Planta de Beneficio:**

- Código de la Unidad
- Nombre de la Concesión de Beneficio

- Capacidad autorizada
- Área
- Ubicación (región, provincia, distrito)
- Proceso, (tratamiento)
- Sustancia (metálica, no metálica, carbonífera)
- Producción del mes
- Situación
- Estado (sin datos, incompleto, completo)
- Observaciones
- Fecha de actualización

2.2.1. STOCK INICIAL

Datos del Stock inicial para el 1er mes del año.

- Mineral, (nombre del mineral)
- Cantidad de Stock

2.2.2. MINERAL RECIBIDO EN PLANTA

Datos del mineral que ingresa a planta para ser procesado.

- Procedencia (propio, stock propio, comprado, servicio a tercero)
- Mineral, (nombre del mineral)
- RUC
- Nombre de la empresa
- Región
- Cantidad
- Leyes, (% o cantidad de metal presente en el mineral a procesar)

2.2.3. PRODUCCION OBTENIDA

Datos de la producción obtenida en la planta de beneficio:

- Producto, (producto obtenido)
- Cantidad, (cantidad obtenida)
- Ratio de concentración.
- Leyes, (% o cantidad de metal presente en el mineral a procesar)

2.2.4. DESTINO DE LA PRODUCCION

Datos del destino de la producción obtenida en la planta de beneficio:

- Producto, (producto obtenido)
- Destino, (circuito de producción, exportación, venta local, otra planta, etc)
- País de Exportación
- Concesiones de Beneficio
- Destino del Proceso
- Documento Único Administrativo (exportación)
- Cantidad, (cantidad obtenida)
- Valor.
- Tipo de moneda
- Comentarios, Sugerencias u Observaciones



2.2.5. OTROS INDICADORES

Datos de indicadores relacionados con las plantas:

- Indicadores de producción.
 - Indicador consumo de agua.
 - Indicador consumo de energía eléctrica.

2.2.6. MOVIMIENTO DE STOCK

Información de los movimientos de stock x producto y unidad.

6. ANEXO V: PROGRAMA DE INVERSIONES**6.1. PROGRAMA DE INVERSIONES**

Información para concesiones y/o UEAs declaradas en situación de explotación, exploración, beneficio o construcción.

Datos por Unidad (concesión):

- Código de la Unidad
- Nombre
- Tipo
- Sustancia (metálica, no metálica, carbonífera)
- Situación
- Estado (sin datos, incompleto, completo)
- Fecha de actualización
- Capex sostenimiento
- Capex de crecimiento
- Tipo de inversión, para Capex de Sostenimiento y Capex de Crecimiento.
 - Exploración
 - Desarrollo y preparación
 - Equipamiento minero
 - Planta de Beneficio
 - Infraestructura
 - Otros



Chile y el Perú son líderes en la explotación de cobre, metal que tendrá una elevada demanda de países e industrias que tienen como meta la neutralidad en carbono. Ambos países afrontan el desafío de cumplir las exigencias internacionales de sostenibilidad en la explotación de los recursos mineros, así como similares desafíos internos, en especial la gestión del agua y la energía en la minería, lo que amerita interrelaciones cada vez más acentuadas. La cooperación Sur-Sur es uno de los instrumentos que la CEPAL promueve con el fin de que los países de la región intercambien buenas prácticas de políticas, metodologías y estadísticas para mejorar sus capacidades institucionales. La cooperación entre ambos países en el área de la transferencia metodológica de las estadísticas del agua y la energía en la minería ha sido sistemática, colaborativa y coherente, y ha brindado herramientas importantes para una gestión mejorada y transparente de estos insumos críticos, aportando a una renovada gobernanza y a una mayor sostenibilidad de la minería. La CEPAL, mediante el programa MINSUS de la cooperación alemana, impulsó esta cooperación entre países para avanzar hacia la consecución de los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la Agenda 2030.