

# MESA #9

## PROPUESTA PARA DESARROLLO E INVERSIONES MEDIANA Y PEQUEÑA MINERIA

INFORME DE MESA DE TRABAJO ESPECIALIDAD MINERÍA Y METALURGIA

### **TEMA: Revisión del Estado de la Industria Minera Metalúrgica Para una Agenda 2020 - 2025**

La mesa de la Especialidad Minas y Metalurgia del Colegio de Ingenieros se reunió quincenalmente entre los meses de julio y noviembre de 2020, durante ocho sesiones, los colegas participantes discutimos sobre la base de tres líneas temáticas con el objeto de perseguir las definiciones del trabajo, estas fueron:

- 1) La recuperación de elementos valiosos y tierras raras
- 2) La propiedad minera
- 3) Los recursos hídricos y la incidencia de la minería

Se intentaba con el desarrollo de ponencias en estos tópicos, sugerir al Colegio de Ingenieros, una reformulación institucional, de innovación y mejoramiento del desarrollo minero en Chile.

El plebiscito del 25 de octubre pasado y los resultados de la consulta pública vinculante, en especial el hecho de primar la postura de reforma a la Constitución Política del país y preferir un proceso de Convención Constituyente, proyectan un nuevo contexto social y político, lo cual es probable que afecten las bases institucionales económicas y las relaciones de intercambio entre actores y agentes económicos, debido a esto, deberíamos reconsiderar cualquier escenario.

En la sesión de trabajo del lunes 05 de octubre pasado, anterior al plebiscito, se discutió la conveniencia de un reenfoque en consideración a lo que pudiera acontecer, por tanto, esperamos que lo sugerido a continuación sea un aporte efectivo para dar miradas e indicaciones en el marco del proceso constituyente. Es de nuestro interés elaborar ideas donde prevalezca una perspectiva de innovación desde la ingeniería y fortalecer valores profesionales.

El colegio de Ingenieros, en los tópicos que debiera intervenir en el proceso constituyente, necesitaríamos una estrategia que levante capacidad de interlocución válida con los constituyentes de la asamblea elegidos, con los medios sociales y de comunicación que difundan las ideas en discusión durante el proceso, por los trabajos normativos que se emprenda, especialmente sobre principios y conceptos afectados en el sector minero y metalúrgico.

Las instituciones que resulten afectadas en los nuevos preceptos, las abordamos como referencias estratégicas, más que propuestas particularmente específicas, como lo habíamos planteado originalmente, sin embargo, seguimos los tópicos generales y su orden.

Los siguientes son los temas que fueron desarrollados:

## 1) Recuperación de Elementos Valiosos y Tierras Raras

Abrir e incorporar al desarrollo de la minería la extracción y recuperación de Elementos Valiosos y Tierras Raras.

### Ejemplos de Elementos Valiosos Existentes en Nuestras Menas Mineras

Dentro de la amplia variedad de elementos valiosos encontrados en la naturaleza y que en diferentes proporciones se encuentran en nuestras menas mineras y que, por su valor económico y estratégico, vale mencionar, a modo de ejemplo, los siguientes: Galio (Ga), Titanio (Ti), Selenio (Se), Teluro (te), Bismuto (Bi), Polonio (Po), Platino (Pt), Cobalto (Co) y Renio (Re).

Al ser recuperados e incorporar el aporte económico de estos elementos a los beneficios resultantes, el recurso minero puede en algunos casos aumentar significativamente. Es importante mencionar que estos elementos son escasos en la naturaleza, por lo que su valor estratégico es significativo.

En algunas menas de cobre existentes en Chile, se han detectado algunos de estos elementos en contenidos importantes, por lo que su factibilidad de ser encontrados en otras menas es alta.

Como una forma de abordar este desarrollo, indicamos a continuación una estrategia, que nos permitiría materializarlo.

#### *a) Menas Existentes en Producción y Reservas*

- Exploración geológica para identificación y cuantificación de elementos valiosos y tierras raras en menas primarias nuevas y en explotación.
- Identificación de procesos para extracción y recuperación de estos elementos.
- Desarrollo de procesos para los casos que no existen.
- Evaluación de reservas incorporando el aporte económico de estos elementos.

#### *b) Desechos mineros; relaves, desmontes, escoriales, efluentes líquidos*

- Identificación de elementos valiosos y tierras raras, cuantificación de reservas.
- Identificación de procesos para extracción y recuperación de estos elementos.
- Desarrollo de nuevos procesos para los casos que no existan.
- Evaluación técnico - económica para explotación de estos elementos.
- Para aquellos de rentabilidad razonable, desarrollar proyectos de explotación y/o recuperación.

### Estrategias de Desarrollo y Financiamiento del Plan

- Buscar y/o generar una organización para el desarrollo del plan.
- Buscar alternativas de financiamiento, como, por ejemplo, Corfo, Fundación Chile, Capitales de riesgo, entre otros.
- Identificar países en los cuales se han desarrollados planes similares, tales como Australia, Canadá, India, entre otros.

## 2) La propiedad minera

### Perfeccionamiento Propiedad Minera

Por su alto impacto económico y social, la minería ha sido fundamental para Chile. La estabilidad institucional y jurídica de Chile ha permitido una eficiente explotación de nuestros recursos mineros, que se ha traducido en fuertes inversiones lo que ha impactado en un importante crecimiento de esta industria. Este auge minero (boom de los noventa) generó un gran incremento de la producción, sin embargo, las condiciones que propiciaron este auge se han modificado, por lo que se requieren cambios que nos permitan continuar con este.

Los ajustes requeridos, para que el aporte de la minería al desarrollo nacional se mantenga y aumente, se requieren resolver algunos cuellos de botella, ya que de no hacerlo pueden limitar seriamente a este desarrollo. Esto es especial para la pequeña y mediana minería, que permita un impulso a esta actividad.

En el proceso de ajuste al sistema de propiedad minera, es importante considerar algunos aspectos que le han dado fortaleza a este sistema, esto específicamente al mecanismo por el cual se entregan las concesiones mineras, los tipos de concesiones, su duración, costos y el mecanismo de amparo. Así en este caso, centralizaremos el tema en el perfeccionamiento de las concesiones, tales como el mecanismo de amparo y el catastro de peritos.

#### *a) Mecanismo de Amparo*

Según el informe de Cochilco (Propiedad Minera en Chile: estado y medidas de perfeccionamiento, de octubre del 2016), el actual sistema no representa un incentivo para la ejecución de labores de exploración y explotación, ya que no se obliga al concesionario a realizar labores mineras, además atenta el hecho que la patente es de bajo costo. Lo anterior genera efectos nocivos, como la mal utilización de la propiedad con fines no mineros y poca disponibilidad del territorio por pertenencias dormidas.

Lo anterior se ve reflejado en una columna de opinión titulada "Incentivemos la exploración minera" realizada por el profesor de Derecho Minero en la Universidad de Chile, el Sr. Cristian Quinzio, basada en el actual sistema de concesiones, en esta se profundiza en el efecto de la concentración de la propiedad que genera el actual sistema. En la columna basada en información del Catastro Nacional de Concesiones Mineras, se concluye que aproximadamente un 50% de las concesiones de explotación son de propiedad de 20 entidades jurídicas o naturales y que también el 50% de las de exploración son de propiedad del mismo número de entidades.

El Profesor Quinzio, propone que el pago por parte de los concesionarios mineros (con excepción de los pequeños y mineros artesanales) de una patente progresiva, que aumente gradualmente su valor según el tiempo de duración de la concesión. Cochilco en el informe antes indicado, también plantea una patente progresiva en el tiempo, pero con la posibilidad de optar a un régimen rebajado con la condición de que el titular entregue la información geológica al SERNAGEOMIN para comprobar la realización de actividad minera.

Esta mesa está totalmente de acuerdo con estas mociones, por lo que solicitamos incorporarlas como propuestas.

*b) Catastro de Peritos de la Comisión Calificadora de Recursos y Reservas (fuente, Informe de Cochilco 10/2016)*

En la practica una concesión de exploración y explotación se diferencian en el tiempo máximo de duración, la realización de mensura, el costo de patente anual y el tamaño. Ninguna de estas diferencias refleja un hecho fundamental, que existe entre las etapas de exploración y explotación, que contempla el reconocimiento de los recursos geológicos presentes en la concesión. Entre las obligaciones que debiera tener un titular, como se mencionó anteriormente, debiera contemplarse la demostración de una ocurrencia mineral, para justificar el paso de la concesión de exploración a una de explotación.

En el caso que exista tal obligación, no se modificaría el sistema de amparo, pero se seguiría cumpliendo el fin del constituyente, que es reconocer el potencial minero por medio de la generación geológica. Así se propone generar un procedimiento, que no signifique un costo para el estado en la validación de los informes, utilizando la Ley 20.235 Persona Competente, con lo cual se podría contar con profesionales certificados para tal validación. Con esto podría generarse un Catastro de Peritos en la materia.

En base a lo anterior, esta mesa se encuentra de acuerdo con lo planteado y tal como se expone en el caso presentado, solicitamos incorporarla como propuesta.

### 3) Los recursos hídricos y la incidencia de la minería

#### *Antecedentes Hídricos del País*

La situación hídrica del territorio continental de Chile está determinada por su realidad de ser un país largo y angosto que se representa muy bien como una espada o un corvo de 4000 km de longitud en el Sur Oeste de Sudamérica, que va desde los fríos eternos en el extremo Sur con agua abundante al extremo (la Zona Austral representa el 69% del agua del país), al Desierto más árido del mundo en su parte Norte, donde el agua dulce es un bien que se debe atesorar y optimizar su uso (la Zona Norte representa el 0,1% del agua del país), pasando por una gama de zonas intermedias con sus propios y particulares climas (ver tabla).

	Zona Norte	Zona Centro	Zona Sur	Zona Austral	TOTAL PAÍS
Regiones	I a IV	V a VII	VIII a X	XI y XII	
Agua dulce continental	0,1%	3,8%	26,8%	69,3%	100%
Precipitación (mm)	87	943	2420	2963	1.512
Escorrentía m3/s	40	1.116	7.839	20.258	29.253
Nº de Cuencas	39	16	26	20	101
Nº de glaciares	2.142	2.615	2.996	16.361	24.114
Total Glaciares (Gm <sup>3</sup> )	3	33	434	3.463	3.932
km <sup>3</sup> /glaciar	1.541	12.428	144.726	211.662	163.075
Nº cuerpos agua	545	531	1.345	10.363	12.784
m3/persona/año	510	3.169	56.799	2.340.227	

En lo transversal, de Oeste a Este, las distancias son relativamente cortas, con un máximo de 240 km en la Zona Norte (II Región, altura de Antofagasta), hasta menos de 50 km en el Sur Austral (XII Región, zona Campo de Hielo Sur), que nos hacen estar encajonados entre la inmensidad del Océano Pacífico que nos baña en toda nuestra longitud (el “maritorio” Chileno, que nos da la opción de desalinizar agua si fuese necesario y bombearla al continente) -con su corriente de Humboldt, que es una barrera real por el lado Occidental que de alguna forma define nuestro clima, la nubosidad, las lluvias, los vientos y la radiación solar-. En tanto, por el Oriente, tenemos la Cordillera de Los Andes -con cumbres que superan los 5000 a 7000 msnm como un verdadero muro Oriental-, dejando un corredor entre Mar y Cordillera, lo que condiciona nuestra situación hídrica al tener ríos muy rectos de cordillera a mar, y sin meandros -que acumulan, distribuyen y facilitan el uso agrícola del agua de los ríos, y que en nuestro caso prácticamente no tenemos-, y

por ello la mayor parte del caudal de agua dulce se va rápidamente y sin aprovechar al mar, salvo se embalse.

Esta condición de encajonamiento entre el mar y la cordillera, con climas absolutamente diferentes y hasta contrapuestos en lo longitudinal, determina absolutamente nuestra situación como país y todos los aspectos de nuestra sociedad, desde lo “económico-productivo” a lo “socio-cultural”, incluyendo lo hídrico y el aprovechamiento del agua.

Lo anterior, para explicar que desde la perspectiva hídrica nuestro país se ha dividido en cuatro macrozonas: la Zona Norte (Región I a la IV), Zona Centro (Región V a la VII), Zona Sur (Región VIII a la X) y Zona Austral (Regiones XI y XII).

### ***Derechos de Agua para la Minería***

La minería se ubica principalmente en las Zonas Hídricas Norte y Centro, Regiones I a la VI, donde de alguna forma compite con otros por el agua, la que es muy escasa (en la Zona Norte) o no es lo abundante que se requiere (Zona Centro), entrando en conflicto con las comunidades locales, especialmente las de cultura agrícola y ahora último con las grandes ciudades, conflictos que aumentan en tiempos de sequía como los actuales (10 o más años “secos”).

Del total de Derechos de Agua del país, la minería tiene del orden del 5% (la agricultura 85%, la industria 5%, y 3% para el consumo de la población y las ciudades), y usa actualmente menos del 5% del total de agua dulce que se consume en el país (se estima está cercana al 3%), no obstante en el imaginario colectivo se le tiene erradamente por una industria depredadora del agua.

### ***Conflictos***

En lo general, los principales conflictos del agua para la minería están en la Región II y Región III, que históricamente son de poca precipitación, y por lo prolongada de la sequía esta complicación se está corriendo más al Sur y está llegando a la regiones V y Metropolitana, que es probable vayan a desalinización de agua de mar para evitarse los conflictos sociales y lograr su licencia para operar tranquilos, y más cuando las expectativas cercanas es de un nuevo ciclo alto del precio del cobre.

Sin embargo hay un nuevo foco de conflicto que se arrastra desde hace unos 10 o 15 años en aquellos lugares en donde la minería convive con glaciares, resultante de un Proyecto de Ley para proteger los glaciares por temas de ecología, biodiversidad, turismo y futura reserva de agua dulce (que con electricidad barata ya no se ve tan “imprescindible, y más cuando el derretimiento de los glaciares aporta sólo del orden del 3% de las escorrentías de las cuencas en que están), por sobre la necesidad de mantener su industria minera por parte de nuestro país (específicamente las minas Pelambres, Disputada, Andina y El Teniente).

Cabe mencionar que Chile posee del orden de 24.000 glaciares en su territorio continental y cada mina se relaciona con a lo más con uno o dos glaciares (y hay del orden de 2.100 glaciares en la Macro Zona Norte y 2600 glaciares en la Macro Zona Centro). La eventual complicación estará

claramente en las regiones del Centro por la existencia de unos pocos proyectos mineros en operación o en prospecto que “para bien operar” deben vivir con un glaciar, y lo han hecho por años de años).

### ***Costos del Agua***

Es importante tener órdenes de magnitud de los costos del agua para la minería, en que obviamente el costo del agua continental superficial es la más barata, y le sigue la de napas subterráneas por sobre el reciclaje de las aguas ya usadas en los procesos, y también sobre el costo de bombear agua desde el nivel del mar a las cotas en que se ubican las plantas de concentración, pero está la gran incógnita cada vez más relevante de la obtención de la licencia para operar, que es la exigencia de las comunidades aledañas a la mina, razón por la cual estimamos que la opción de minimizar el uso de agua continental será el estándar de la industria, privilegiando la desalación en todos los casos que ello sea posible.

La obtención de la “licencia para operar” de parte de las comunidades será la potente herramienta que empuje a la industria en ese sentido, a pesar de los mayores costos que conllevan la desalación y el bombeo a mayores cotas geográficas.

Esto no será un problema mayor para la gran minería (que ya ha dado el ejemplo abriendo el camino en ese sentido) pero sí puede serlo para las operaciones de mediana y, particularmente, para las de pequeña minería, pues es probable el costo del agua inhabilite el negocio, salvo que logren asociarse y/o un gran productor les venda el agua a precios razonables.

Los precios de licitaciones de grandes plantas fotovoltaicas ya claramente bajan de USD20/MWh, y Chile apunta a precios aún menores, con lo cual el costo actual de US\$0,6/m<sup>3</sup> por desalinizar más el costo de bombear (que es cercano a US\$1/m<sup>3</sup> por cada 1000 metros de desnivel) es probable se reduzca entre un 50% a 70%, viabilizando en mayor medida esta opción que es la más favorable para el país.

### ***Uso del Agua en la Minería***

La minería, como indicamos, está dominada por las faenas que producen cobre, las que utilizan agua prácticamente en toda su cadena productiva, con un consumo global de agua fresca del orden de 4 m<sup>3</sup>/s: 2,1 m<sup>3</sup>/s agua dulce y 1,8 m<sup>3</sup>/s agua salada. El suministro proviene tanto de napas subterráneas como de aguas superficiales, así como de aguas residuales tratadas de ciudad; en tanto las restantes provienen del océano.

La opción del uso del agua de mar, sin desalar, directamente en los procesos de tratamiento de minerales constituye una excelente oportunidad para la obtención de cobre. Esto se ha demostrado viable en varias operaciones nuevas de molienda/flotación. Eso sí, esta opción debe ser considerada desde las etapas de diseño del proyecto para tomar en cuenta los materiales de los equipos involucrados y su resistencia a la corrosión. Sin embargo, definitivamente el uso directo de agua de mar constituye ya un estándar habitual en las operaciones de procesamiento

hidrometalúrgico (LxSxEw), en que la presencia de cloro pasa a ser un reactivo más en el proceso y constituye un elemento esencial en el tratamiento de minerales sulfurados o más refractarios.

Por tecnología, los diferentes consumos de agua en la minería corresponden a:

- El mayor consumo actual de agua en minería se debe a las Plantas de Concentración, vía molienda/flotación y los consiguientes tranques de relaves. El reciclaje de agua desde relaves alcanza al 70% gracias a los avances en espesamiento y filtrado. En total por esta vía se estima que se utiliza un neto de agua de 0,36 m<sup>3</sup>/t mineral. En la pequeña minería estas cifras pueden variar por el menor acceso a tecnologías, aunque existen casos de mucho mejor performance. Aumentar este reciclaje de agua al 85% o 90% desde los relaves en pasta es una meta deseable para el año 2030.
- En la línea hidrometalúrgica (LxSxEw) actualmente se usan del orden de 0,11 m<sup>3</sup>/t mineral.

El mayor consumo actual de agua en minería se debe a las Plantas de Concentración, vía molienda/flotación y los consiguientes tranques de relaves. Se estiman en el orden de un 60-70% del consumo global. Los restantes consumos se estiman en un 13% debido al procesamiento vía LxSxEw, cerca de 5% de consumo en el riego de caminos en la mina, otro 4% en la fundición y refinería, y el resto en misceláneos de servicios, mantención y consumo humano.

En esta década habrá una fuerte variación en la industria de cobre nacional, preponderante en nuestra minería, ya que aumentará la producción de concentrados (nuevos proyectos y menores leyes del mineral, o sea más mineral tratado para similar producción), en desmedro de la línea hidrometalúrgica por agotamiento de las reservas lixiviables. Con esto se requerirá mayor cantidad de agua por tonelada, forzando a introducir mejoras tecnológicas en su reciclaje.

## Conclusiones

Según lo indicado anteriormente y aun cuando se prevé un aumento del requerimiento de agua, se estima que se reducirá cada vez más el uso de agua dulce continental, en favor del uso de agua de mar, sea desalinizada o simplemente salada directa.

Sin embargo, es importante recalcar, que las instalaciones para desalinizar el agua de mar, para cuando las minas se agoten, para el país serán siempre un activo que se podrá seguir aprovechando.

A modo de complemento, actualmente hay 10 plantas desaladoras operando, que suman unos 4,3 m<sup>3</sup>/s, y están en proyecto otras 15 que agregarán entre 5,9 y 7,8 m<sup>3</sup>/s adicionales, por lo que a fines de esta década se espera alcanzar a unos 10 a 12m<sup>3</sup>/s, con costos entre US\$ 0,2/m<sup>3</sup> a US\$ 0,3/m<sup>3</sup> puesto a nivel del mar, y el bombeo no debiera superar los US \$0,3/m<sup>3</sup> por cada 1000 metros de desnivel.





**REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS:**

1. Informe Mesa del Agua del Colegio de Ingenieros (Mesa 18)
2. Informe del agua de Cochilco, Registro Propiedad Intelectual N° 308475
3. Informe Fundación Chile “Transición Hídrica: futuro del agua en Chile”, ISBN: 978-956-8200-49-7
4. Informe de Glaciares del Instituto Libertad, Comisión Minería.
5. Informe Glaciares, Instituto de Ingenieros de Chile, Septiembre 2020