



*Comisión Calificadora de
Competencias en Recursos
y Reservas Mineras*

**Guía complementaria al código CH 20235
para informar sobre recursos y reservas
minerales en salmueras.**

Julio 2021



Tengo el agrado de presentar la Guía Complementaria al Código CH 20235 para informar sobre Recursos y Reservas Minerales en Salmueras.

Es un documento de referencia adaptado por la Comisión Minera sobre la base de un informe técnico, realizado por la empresa Atacama Water para el Ministerio de Minería de Chile. Los autores del informe original son los especialistas en salmueras señores Frits Riedel y George McIsaac.

Agradezco especialmente a las personas que hicieron posible esta publicación, quienes además aportaron con sus experiencias en la versión final: los señores Mauricio González de Ministerio de Minería de Chile; y Guillermo López, Rodrigo Carrasco y Nicolás Cádiz de Sernageomin.

Agradezco los comentarios y revisión crítica de los Directores de la Comisión Minera señores Sergio Vicencio, Hans Göpfert, Ricardo Arias, Ricardo Miranda, Fernando Flores, Iván Cerda, Waldo Cuadra y Luis Bernal. Además, agradezco la colaboración del consultor Juan Pablo González, por sus valiosos comentarios; y a Gladys Hernández quien ha facilitado el proceso de edición de la versión final.

Aquiles González, Presidente Comisión Minera Chile

Julio 2021

Índice

1. Introducción	5
2. Aplicabilidad del Código CH 20235 para Proyectos de Salmueras	6
3. Tipos de Salares	7
4. Conceptos hidrogeológicos y definiciones de parámetros hidráulicos	10
5. Estimación de Recursos en Salmuera	15
6. Protocolos de exploración	19
6.1 Perforación	19
6.2 Muestreo y análisis químico de salmuera	20
6.3 Porosidad drenable / Specific yield	21
7. Estimación de Reservas en Salmuera	22
7.1 Introducción	22
7.2 Consideraciones preliminares en torno a la declaración de Reservas Minerales	22
7.3 Modelos hidrogeológicos conceptuales	25
7.4 Modelos numéricos de flujo y transporte	28
7.5 Factores modificantes en la conversión de Recursos a Reservas	30
8. Reportar	32
9. Referencias	34
Anexo 1: Contenido Sugerido del Informe Técnico	37
Anexo 2: Glosario de Términos Acrónimos	38

GUIA COMPLEMENTARIA AL CODIGO CH 20235 PARA INFORMAR SOBRE RECURSOS Y RESERVAS MINERALES EN SALMUERAS.

1. Introducción

La Guía Complementaria al Código Chileno CH 20235 sobre Recursos y Reservas Minerales en Salmueras (“Guía”) es un documento que contiene la terminología técnica, conceptos y lineamientos necesarios para reportar públicamente los resultados de la estimación de recursos y reservas de depósitos de salmueras continentales. A diferencia de los recursos minerales sólidos, las salmueras son recursos contenidos en fluidos que se pueden mover, mezclar y redistribuir durante la vida de un proyecto.

Esta Guía es una referencia para las Personas Competentes (PC) sobre los aspectos técnicos de interés en ambientes salinos, permitiendo así generar un lenguaje de referencia común ante la estimación de los recursos y reservas minerales presentes en este tipo de depósitos, a saber: litio, potasio y boro, entre otros.

Asimismo, esta Guía contiene una descripción específica de los factores modificantes que se deben incorporar en proyectos y operaciones en salmueras continentales, de acuerdo con pautas establecidas en diferentes cuerpos regulatorios.

La Guía se basa en una adaptación realizada por la Comisión Minera de Chile de un informe preparado en el año 2020 por consultores especialistas en salmueras y el Ministerio de Minería de Chile. (AWC, 2020).

Se ha considerado tanto instrumentos desarrollados por organismos internacionales (por ejemplo, CIM de Canadá, SME de Estados Unidos, JORC de Australia, y PERC europeo) como nacionales (Código CH 20235). Cabe mencionar que los códigos se encuentran orientados a los minerales sólidos.

Considerando las características particulares de las salmueras, algunas asociaciones profesionales en Australia y Canadá (AMEC, CIM, OSC, entre otros) han elaborado guías de mejores prácticas (AMEC, 2019; Hains, 2012; OSC, 2011) para la recolección de datos relevantes, estimación de recursos y/o reservas y la presentación de resultados de recursos y/o reservas y la presentación de resultados de recursos y reservas en salmueras bajo los códigos JORC¹ y NI 43-101².

2. Aplicabilidad del Código CH 20235 para Proyectos de Salmueras

De acuerdo con lo indicado en el artículo 9, el Código CH 20235 es aplicable a todos los minerales sólidos, incluyendo piedras preciosas y minerales industriales. Este código no considera los hidrocarburos ni los recursos submarinos.

Aunque los proyectos de salmuera difieren en la naturaleza del mineral objetivo, se enfrentan a los mismos problemas de divulgación técnica que los proyectos más tradicionales y sí aplican los mismos principios que sustentan los códigos.

Los emisores de reportes deben esforzarse por proporcionar un nivel de claridad y detalle técnico que cumpla con el espíritu y la intención del Código CH 20235.

¹ *Australasian Code for Reporting of Exploration Results, Mineral Resources and Ore Reserves*

² *National Instrument 43-101*

3. Tipos de Salares

Es posible reconocer dos tipos de salares (Houston, 2011) que alojan acuíferos de diferentes características, los que se resumen en:

1. Salares Inmaduros: salares donde dominan facies sedimentarias clásticas, por ejemplo, el Salar de Imilac.
2. Salares Maduros: salares donde dominan facies de halita, por ejemplo, el Salar de Atacama.

De manera particular, Salares Inmaduros en el pasado pueden haber estado asociados a condiciones de mayor humedad, por lo que tienden a ser más frecuentes en elevaciones más altas donde la precipitación es mayor y la evaporación menor. Se caracterizan por presentar una secuencia alternada de sedimentos de grano fino con lechos evaporíticos de halita y/o ulexita, que representan el aumento y disminución en el suministro de sedimentos bajo una historia tectónica y climática variable. En general, la salmuera asociada a estos salares apenas alcanza la saturación de halita, sugiriendo que la condición climática al momento de su formación no necesariamente era severamente hiperárida. Las salmueras normalmente están saturadas en cloruro, sulfato y carbonato, lo que conlleva a una presencia ubicua de yeso (selenita) a lo largo de la secuencia. A lo largo de la historia de este tipo de salares, los intervalos climáticos secos quedan evidenciados por lechos de halita enterrados, sugiriendo que las menores entradas y/o mayor evaporación del sistema, pudieron formar salmueras saturadas en cloruro y sodio. La presencia de lechos de mayor permeabilidad, subyacentes o intercalados, permiten la transmisión de agua más dulce desde fuera de los márgenes del salar en dirección a su centro, donde producto de la diferencia de densidad que existe con la salmuera del núcleo, existe un potencial de flujo vertical (Houston, 2011).

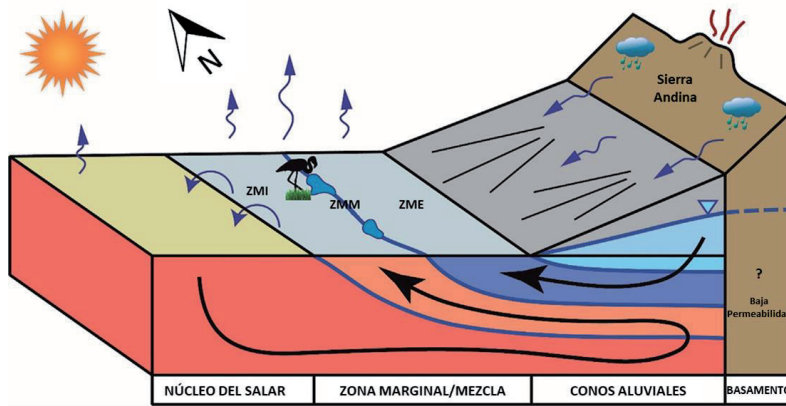
Por su parte los Salares Maduros se encuentran asociados a sectores con menor humedad, tendiendo a ubicarse en las partes más bajas y

secas. Se caracterizan por presentar una secuencia relativamente uniforme y gruesa de halita, depositada bajo condiciones subacuáticas a subaéreas variables. Sin embargo, antiguas inundaciones generaron unidades de material arcillo-limoso, los que, en conjunto con depósitos volcánicos de caída, generan niveles finos intercalados. Tales capas de permeabilidad variable, que pueden ser reconocidas en testigos de roca y/o perfiles geofísicos en algunos de estos salares, pueden conducir a la formación de acuíferos alternantes o acuicluados que se acuñan alrededor de los márgenes del núcleo. Es posible que unidades de mayor permeabilidad transmitan agua dulce/salobre desde fuera del salar en dirección al borde de su núcleo, donde una vez desconfinada suba a superficie como resultado de la diferencia de densidad con la salmuera del lugar. El diferencial de presión está compuesto por dos elementos: la carga impuesta y la diferencia de densidad. Así, el agua más dulce que fluye a superficie disolverá halita en su ascenso y llevará a la formación de chimeneas y dolinas de sal, especialmente en zonas marginales; la Figura 1 muestra un ejemplo de trayectorias de flujo conceptual en el Salar de Atacama (Marazuela, 2018). Las salmueras asociadas a este tipo de salares están invariablemente saturadas en cloruro y sodio, sin embargo, la presencia de múltiples composiciones apunta a una variación hidroquímica no menor de las aguas contribuyentes. Dicha relación está directamente asociada a la presencia de unidades volcánicas adyacentes a estos depósitos. Ciertos elementos como Litio, Potasio y Boro pueden alcanzar concentraciones muy altas en este tipo de salares, y por supuesto, los depósitos clásticos poseen porosidades considerablemente más altas que la halita (Houston, 2011).

Una opción para identificar estos tipos de salares, ya sea en terreno o por medio de sensores remotos, corresponde al análisis del patrón y la distribución de las costras superficiales del salar. El análisis de la costra salina requiere cierta cautela debido a que no siempre tiene relación con la estructura del subsuelo del salar. Si bien ambos tipos de salares muestran los mismos rasgos (desarrollo de una costra re-di-

suelta de alta reflectancia, existencia de polígonos de sal y formación pináculos de halita de baja reflectancia), los salares inmaduros a diferencia de los maduros, tienden a tener una mayor proporción de su superficie representada por costra re-disuelta y áreas relativamente pequeñas de desarrollo de pináculos de halita (Houston, 2011). Una explicación en detalle de estas estructuras y una distribución preliminar de éstos para salares del norte de Chile puede encontrarse en Stoertz et al. (1974).

Figura 1. Trayectorias de flujo conceptuales para el Salar de Atacama.



Conceptualización del flujo de agua dulce desde los conos aluviales hacia las zonas marginales y de mezcla en el Salar de Atacama. ZMI representa la zona de mezcla interna; ZMM la zona de mezcla media y ZME a la zona de mezcla externa. La ubicación de la interfaz de salmuera /agua dulce se produce dentro de estas zonas de mezcla. Modificado de Marazuela (2018).

4. Conceptos hidrogeológicos y definiciones de parámetros hidráulicos.

Con el propósito de generar un lenguaje común para la declaración de recursos y reservas en salmueras, se debe tener en cuenta los siguientes conceptos base³:

- **Acuífero:** Un acuífero corresponde a un cuerpo de roca y/o sedimento que contiene agua subterránea y que es capaz de transmitirla a caudales económicamente rentables. El agua subterránea es la palabra utilizada para describir la precipitación que se ha infiltrado en el suelo más allá de la superficie y ha sido almacenada de manera saturada en su espacio poroso bajo tierra. Muchos tipos diferentes de sedimentos y rocas pueden formar acuíferos (incluyendo grava, arenas, limos y halita), los que a veces se clasifican según el tipo de roca o sedimentos que los componen. La velocidad de las aguas subterráneas a través de un acuífero varía dependiendo de la permeabilidad del sedimento. Un acuífero tiene suficiente permeabilidad para que las aguas subterráneas puedan ser extraídas eficientemente por pozos.
- **Acuífero freático (libre, no confinado):** Corresponde a un acuífero permeable parcialmente saturado y que en la superficie del nivel de agua se encuentra a presión atmosférica. Una característica de los pozos habilitados en acuíferos libres es que presentan niveles freáticos contenidos dentro del acuífero, debido a encontrarse a presión atmosférica.
- **Acuífero (semi)confinado:** Término asociado a un acuífero cuyo techo y base corresponden a un sustrato de baja permeabilidad, por lo que el acuífero se encuentra en presión y totalmente saturado. Una característica de los pozos habilitados en acuíferos confinados es que presentan niveles piezométricos ubicados sobre el contacto del acuífero con su techo, producto de encontrarse a

³ Para fines de homogenización, se recomienda el uso de unidades del sistema internacional S.I.

una presión mayor que la atmosférica.

- Nivel freático: Superficie de equilibrio que alcanza el nivel de agua en un acuífero libre; corresponde al nivel de agua donde la presión de fluidos en los poros de un medio poroso es igual a la presión atmosférica.
- Nivel piezométrico: Corresponde a la superficie de equilibrio que alcanza el nivel de agua de un acuífero. En sistemas libres se refiere al nivel freático (ubicado al interior del acuífero), mientras que en sistemas confinados (al estar en presión) este nivel se encuentra sobre el techo del acuífero.
- Porosidad total (Pt): Propiedad que permite a un acuífero albergar agua o salmuera; corresponde a la razón entre el volumen de vacíos (poros) y el volumen total de estudio.
- Porosidad efectiva (Pe): Corresponde a una fracción de la porosidad total, asociada al porcentaje de poros efectivamente conectados. Se define como la razón entre el volumen de poros interconectados y el volumen total de estudio.
- Porosidad drenable (o rendimiento específico) (Sy): Término que aplica a los acuíferos no confinados (freáticos), corresponde a la fracción de agua o salmuera que puede drenar libremente desde la porosidad efectiva, producto de la gravedad y en el largo plazo.
- Retención específica (Sr): Corresponde a la fracción de agua o salmuera que no puede ser fácilmente extraída desde el acuífero freático bajo gravedad; nótese que la suma de la retención específica (Sr) con la porosidad drenable (Sy) resulta en la porosidad efectiva (Pe). Esta relación se ilustra de forma gráfica en la Figura 2.
- Permeabilidad: Capacidad de un medio poroso o fracturado de

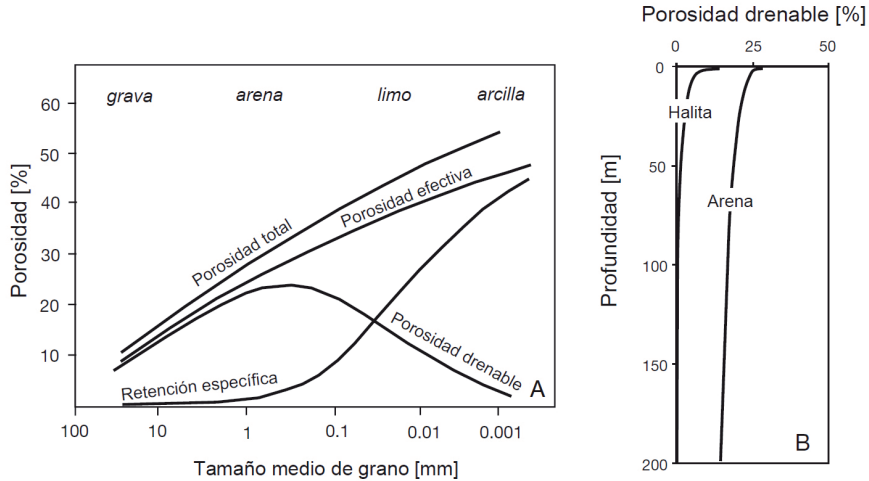
transmitir un fluido (sea salmuera o agua dulce).

- Conductividad hidráulica (K): Medida de la capacidad de un medio poroso o fracturado para transmitir un fluido (sea salmuera o agua dulce). Depende de la permeabilidad del medio, la densidad y viscosidad del fluido.
- Coeficientes de almacenamiento (S, Ss): El almacenamiento o coeficiente de almacenamiento (S) corresponde a la cantidad de agua o salmuera almacenada en un acuífero, disponible para su uso. Sin embargo, debido a que ante un bombeo los acuíferos libres y confinados responden de manera diferente (los primeros principalmente se desaturan, mientras que los segundos se descomprimen⁴), es necesario estudiarlos por separado.

Para acuíferos confinados el almacenamiento se define según la relación $S = Ss \cdot b + S_y$, donde “b” corresponde al espesor del acuífero y “Ss” al coeficiente de almacenamiento específico, donde este último se define como el volumen de agua o salmuera que cada sección superficial unitaria de acuífero libera desde el almacenamiento ante una disminución del nivel piezométrico de 1 m. A su vez, el principal mecanismo por el cual un acuífero freático libera agua es por la desaturación desde la porosidad drenable (el efecto asociado a la descompresión es despreciable). Por ello, en acuíferos libres el almacenamiento es igual a la porosidad drenable (S_y).

⁴ Debe notarse igualmente que un acuífero confinado, ante un bombeo significativo, pueda cambiar su comportamiento al de un acuífero desconfinado.

Figura 2. Relaciones de porosidad para cuencas y salares



Relaciones de porosidad para cuencas sedimentarias y salares: la figura (A) muestra la relación entre porosidad total, efectiva, drenable y retención específica. Los valores presentados son los típicos para sedimentos no consolidados bajo condiciones de presión litoestáticas en los primeros 30 metros de profundidad. La figura (B) muestra como la porosidad cambia en profundidad para arenas y halita. Aunque se considera generalmente que la halita casi no tiene porosidad bajo los 30 m producto de la compactación y sobrecrecimiento de cristales, en salares andinos se han observado fisuras abiertas rellenas de salmuera a profundidades mayores a 100 m. Modificado de Houston (2011).

- Densidad de fluido: Dependiendo del contenido de sales disueltas las muestras líquidas salinas reciben distinta clasificación. Esto se debe tener en cuenta al considerar que la densidad sube de acuerdo con la cantidad de solutos incorporados a la solución. Freeze & Cherry (1979) realizan una clasificación de aguas en base al

contenido de sólidos totales disueltos (STD), estableciendo rangos limitados por valores en escala logarítmica de base 10, dividiendo las muestras líquidas según su contenido disuelto en aguas dulces, salobres, saladas y salmueras, información que se resume en la Tabla 1. Esta clasificación ha sido usada tanto a nivel internacional por la UNESCO (Van Weert, 2009), como a nivel nacional por la Dirección General de Aguas (DGA, 2009).

Tabla 1. Clasificación de aguas según contenido disuelto, Freeze & Cherry (1979)

Calificación de agua	STD [mg/l]
Agua dulce	<1000
Agua salobre	1000 – 10000
Agua salada	10000 – 100000
Salmuera	>100000

- Advección: Mecanismo principal de transporte de masa en agua o salmuera. En él, las partículas de soluto viajan por medio del flujo de manera homogénea, con su misma dirección y velocidad.
- Dispersión: Mecanismo secundario de transporte de masa en agua o salmuera. En él, las partículas de soluto modifican su velocidad producto de las heterogeneidades del medio, promoviendo que el soluto se disperse de manera no homogénea (tanto en la componente horizontal como vertical) a través del medio permeable. Para efectos de modelación numérica se utilizan coeficientes de dispersividad.
- Difusión: Mecanismo minoritario de transporte de masa en agua o salmuera. Este mecanismo opera principalmente en aguas subterráneas estancadas, producto de la existencia de un gradiente de concentración entre el fluido y el medio transmisor. Si bien siempre está presente, su

magnitud es significativamente menor a los mecanismos anteriores.

- Reacciones de sorción: Mecanismo minoritario de transporte de masa en agua o salmuera que corresponde a la combinación de dos procesos que tienden a retrasar el transporte: 1) absorción: incorporación de soluto a la matriz; y 2) adsorción: retención en superficie sin asimilación de soluto en las paredes de los sólidos del acuífero. Al igual que el caso anterior, su contribución al transporte de masas del acuífero es menor en comparación a la advección y dispersión.

5. Estimación de Recursos en Salmuera

Requisitos para la definición de recursos en salmuera

La estimación de recursos en salmuera debe estar enfocada en cuantificar elementos de interés, tales como litio, boro y otros elementos o compuestos, que existan en un salar en condiciones estáticas o de pre-bombeo. Para ello la Persona Competente debe considerar el cumplimiento de los siguientes requisitos:

- Determinación de la geometría del depósito de salmuera: La geometría de los sedimentos que alojan el depósito de interés puede ser determinada a partir de estudios geofísicos y el desarrollo de campañas de perforaciones. Sin embargo, se debe considerar que en salares profundos no siempre se podrá definir a partir de sondeos el contacto entre los sedimentos del salar y el lecho rocoso impermeable, debido a las grandes profundidades en las que este contacto se puede ubicar. En estos casos se deberá confiar en ensayos geofísicos.
- Conocimiento de la distribución 3-D de las concentraciones de los elementos de interés: Los análisis de laboratorio de las mues-

tras de salmuera extraídas desde las perforaciones (a intervalos de profundidad apropiados), permitirán mapear la distribución tridimensional de la concentración de los elementos de interés. El intervalo vertical de muestreo de salmuera durante las perforaciones será ajustado de acuerdo con la variabilidad de las unidades hidrogeológicas encontradas en el salar. Es necesario asegurar que la muestra de salmueras no se ha contaminado con filtraciones desde otros sectores o por fluidos de perforación.

- **Categorización de Recursos:** Para obtener una categorización de recursos se requerirá perforar y muestrear con un espaciamiento adecuado, específico para cada tipo de salar. La experiencia sugiere que en los salares inmaduros pueden existir cambios laterales entre unidades clásticas y halíticas. Como referencia, las distancias sugeridas en la Tabla 2 deben ser consideradas como máximos. Siempre será la Persona Competente responsable definir la categorización, con criterios trazables y en consideración a la continuidad de unidades geológicas y de leyes.

Tabla 2: Espaciamiento de pozos de exploración (km) según tipo de salar y clasificación de recursos

Tipo Salar	Categoría Inferido	Categoría Indicado	Categoría Medido
Maduro	10	7	3-4
Inmaduro	7	5	2,5

Modificado de Houston (2011)

- Posición de la interfaz salina: Muchos salares se encuentran rodeados por abanicos aluviales que reciben agua dulce de recarga desde mayores elevaciones. Estos flujos avanzan en dirección a los sedimentos marginales que rodean al núcleo del salar (Figura 1). Por lo tanto, es importante definir la posición de la interfaz entre el agua dulce y salmuera, a la vez que el agua dulce puede ser una potencial fuente de complicación durante la etapa de operación de un Proyecto de salmuera, y también, en el impacto a humedales en los márgenes de un salar. Ensayos geofísicos, tipo TEM y SEV pueden proporcionar información adecuada para definir la interfaz.
- Conocimiento de la distribución 3-D de la porosidad drenable de los sedimentos: Se recomienda la obtención de testigos no perturbados con el fin de realizar la descripción litológica, y a la vez recolectar submuestras enteras de los testigos. Estas muestras serán analizadas en laboratorios especializados para determinar la porosidad drenable y otras propiedades hidráulicas, tales como porosidad total, densidad volumétrica/seca, y el desarrollo de análisis granulométricos. Se recomienda que los ensayos de porosidad drenable se realicen sobre muestras recuperadas desde las mismas profundidades en las que se realizó el muestreo de salmuera para análisis químico de laboratorio.
- Ubicación del nivel freático: La profundidad del nivel freático es necesaria para estimar los recursos y puede ser monitoreada a través de piezómetros instalados en los pozos de exploración. En algunos salares se aprecia el nivel de las salmueras que comienzan desde 0,5 metros en adelante, lo cual depende de las condiciones topográficas del ambiente salino.
- Conocimiento de conductividad hidráulica: Durante los trabajos de exploración y definición de recursos es recomendable obtener información acerca de la conductividad hidráulica de las unidades

hidrogeológicas, que alojan el cuerpo de salmuera, con el fin de entregar un juicio fundado y razonable acerca de la posibilidad de realizar la extracción a tasas económicamente viables.

- Estimación de recursos: Visto lo anterior, los recursos son estimados como el producto del volumen acuífero, porosidad drenable (S_y) y las concentraciones del elemento de interés. En la estimación de recursos deben privilegiarse herramientas y software 3D que permitan construir modelos tridimensionales con bloques o grillas, sobre las cuales representar características y atributos asociados a su posición geoespacial como porosidad drenable y concentración de elementos de interés.

Para la definición y estimación de las concentraciones de los elementos de interés, resulta indispensable en cualquier estimación de recursos recurrir a una o múltiples técnicas que cumplan con representar sin sesgo el comportamiento de los elementos que se quieren estimar. Para ello, existen diversas metodologías que cumplen con este requisito desde diversos tipos de Kriging (Simple, Ordinario, Universal, Bayesiano, Indicador, Dual, entre otros) hasta simulaciones geoestadísticas (Gaussianas, Bootstrap Espacial o Seguimiento de proyección multivariante). La selección y aplicación de la metodología utilizada debe encontrarse justificada y documentada de acuerdo con la calidad, cantidad y tipo de información disponible, considerando las recomendaciones del Código CH 20235. Para el proceso de estimación resulta esencial que se proporcione trazabilidad con suficiente detalle tal que una PC pueda comprobar, y de ser necesario volver a calcular la estimación de recursos.

Es recomendable que los reportes de Recursos Minerales incluyan la estimación del volumen del acuífero, porosidad drenable (S_y), volumen de salmuera, concentraciones de los elementos de interés y los tonelajes en cada una de las categorías de recursos minerales (Medidos, Indicados e Inferidos) de acuerdo con la definición del Código

CH 20235. A su vez, es preferible que los compuestos minerales, por ejemplo, carbonato de litio, se reporten por separado.

Asimismo, como metodología el modelo de recursos se utilizará para definir los dominios espaciales de la categorización de recursos (Medidos, Indicados e Inferidos), y que luego servirá de condición inicial para el modelo numérico de flujo y transporte. Con ello, esta metodología permite mantener la trazabilidad en su conversión a Reservas Probables y Probadas.

6. Protocolos de exploración

Los programas de exploración de salmuera deben tener en consideración algunos aspectos que facilitarán el muestreo representativo en zonas profundas de porosidad drenable y hidroquímica. En particular, en salares inmaduros la etapa de perforación puede ser un desafío debido a la naturaleza no consolidada de las unidades hidrogeológicas.

6.1 Perforación

La metodología de perforación sónica ha mostrado ser eficiente al lograr altas tasas de recuperación de testigos en unidades no consolidadas (mayor al 90%). La perforación sónica se puede desarrollar sin la necesidad del uso de fluidos de perforación, por lo que el riesgo de contaminación de las muestras de salmuera se reduce. Sin embargo, la desventaja de esta metodología es la dificultad de lograr profundidades de perforación mayores a 200 metros.

La metodología de perforación diamantina convencional se puede optimizar para la recuperación de testigos en sedimentos no consolidados, mediante el uso de revestimientos plásticos dentro de la tubería de perforación y con arañas de muestreo que ayuden a dismi-

nir la pérdida de testigo. Esta metodología requiere el uso de fluidos de perforación y aditivos que se pueden identificar como potenciales fuentes de contaminación en el muestreo de salmuera, por lo que el uso de trazadores químicos biodegradables en estos líquidos está recomendado para lograr distinguir fluidos de ocurrencia natural de los de perforación. La metodología convencional de diamantina no tiene las restricciones de profundidad asociadas con la metodología sónica.

La metodología de perforación de circulación reversa en doble tubo (DTRC, Dual Tube Reverse Circulation) puede ser efectiva en la recolección de muestras de salmuera profundas y en desarrollar análisis hidráulicos con el fin de evaluar la permeabilidad preliminar del acuífero.

Otras metodologías de perforación para la instalación de pozos de producción o monitoreo incluyen la perforación rotativa convencional (con aditivos), perforación reversa inundado, sistemas de rotación doble y cable tool.

6.2 Muestreo y análisis químico de salmuera

La recolección de muestras de salmuera profundas puede ser un desafío en sedimentos no consolidados, requiriendo equipos y técnicas especiales, tales como: perfiladores para hincar (drive points), bailers (desde intervalos aislados), muestreo a bajo flujo (Low Flow Sampling, LFS) o sistemas de packer.

Se debe incluir el uso de estándares con concentraciones validadas, blancos y análisis en laboratorios externos dentro de los protocolos de procedimientos de aseguramiento de calidad y control (“QA/QC”; Quality Assurance/ Quality Control) para el análisis químico de salmuera. Esto permitirá verificar la validez de las muestras principales recolectadas durante el programa de perforación.

Muestras de salmuera también pueden obtenerse desde testigos no perturbados utilizando técnicas centrifugas y analizarse para obtener análisis de salmuera secundarios con fines de QA/QC.

6.3 Porosidad drenable / Specific yield

Existe una amplia variedad de métodos analíticos de laboratorio para realizar análisis de porosidad drenable sobre muestras recuperadas desde testigos no perturbados, entre los que se incluye: Capacidad Relativa de Liberación de Salmuera (RBRC, Relative Brine Release Capacity), Liberación Rápida de Salmuera (RBR, Rapid Brine Release) y métodos de centrifuga.

Las metodologías de logueo por resonancia magnética de pozos (BMR, Borehole Magnetic Resonance) y logueo por neutrones son alternativas para obtener un registro continuo del perfil de porosidad drenable a lo largo de la perforación. Sin embargo, ambas respuestas se deben comparar con muestras de laboratorio con un valor de porosidad drenable conocido.

7. Estimación de Reservas en Salmuera

7.1 Introducción

La estimación y evaluación de reservas en salmuera debe fundarse en determinar, bajo razonables condiciones técnicas, la cantidad de los recursos económicamente viables de ser extraídos por bombeo (por ejemplo, litio, potasio o boro), cuantificando la proporción de Recursos Minerales que pueden ser convertidos a Reservas Minerales. Esta cuantificación, de acuerdo con el Código CH 20235, debe considerar todos los factores modificantes posibles del proyecto (temas técnicos, económicos, ambientales y sociales) e incluir la componente de temporalidad (por ejemplo, las tasas y tiempos de bombeo que se pueden aplicar sobre los salares), por lo que la modelación hidrogeológica de la cuenca y la implementación de modelos numéricos de flujo y transporte se vuelve una tarea necesaria en esta etapa.

7.2 Consideraciones preliminares en torno a la declaración de Reservas Minerales

En conformidad con lo indicado en los artículos 18 y 26 del Código CH 20235, la estimación de Reservas Minerales debe estar respaldada por al menos un estudio de prefactibilidad, que presenta un rango de opciones para la viabilidad técnica y económica de un proyecto minero, y donde la metodología de explotación ha sido establecida al igual que el método más efectivo de procesamiento de mineral. Adicionalmente, el documento de prefactibilidad debe incluir una evaluación financiera basada en supuestos razonables de factores modificantes y una revisión de cualquier otro factor relevante. Estas evaluaciones son suficientes para que una Persona Competente, quien, actuando razonablemente, pueda determinar que parte del Recurso Mineral puede ser clasificado como Reserva Mineral en el momento de informar, explicando y detallando los respaldos.

La certidumbre asociada a un estudio de prefactibilidad es menor que el de un estudio de factibilidad, y ante nueva información que reduzca las incertezas y minimice los riesgos, el proyecto podrá avanzar de fase. Para ésta y otras etapas del desarrollo de un proyecto de salmuera es aplicable el Gráfico 1 del Código CH 20235, que es replicado en la Figura 3 de este documento.

Así, la estimación de Reservas Minerales se basa en información de estudios robustos y debidamente sustentados, de continuidad geológica, controles estructurales, química de la salmuera y litología; a la vez que la estimación y categorización del Recurso Mineral ha sido debidamente validada en base a una adecuada densidad de muestreo, análisis químicos, pruebas metalúrgicas y parámetros técnico/productivos consistentes con la práctica estándar de la industria para este nivel de ingeniería. Consecuentemente, la calidad de la información adquirida para estos estudios está respaldada por procedimientos de QA/QC.

La información indicada permite el diseño de un plan minero técnicamente factible y económicamente viable, que incluya la totalidad de los factores modificantes (mineros, metalúrgicos, económicos, financieros, comerciales, legales, medioambientales, sociales y gubernamentales). Como resultado de esta etapa, la Persona Competente puede certificar la proporción de Recursos Minerales que alcanza a ser contabilizada como Reservas Minerales.

La preparación de estudios de prefactibilidad y factibilidad para proyectos de salmuera requiere de un equipo multidisciplinario, que entre otros profesionales incluye: geocientíficos, hidrogeólogos, expertos en química de salmuera y metalurgia, ingenieros de procesos y expertos en estimaciones y evaluaciones económicas.

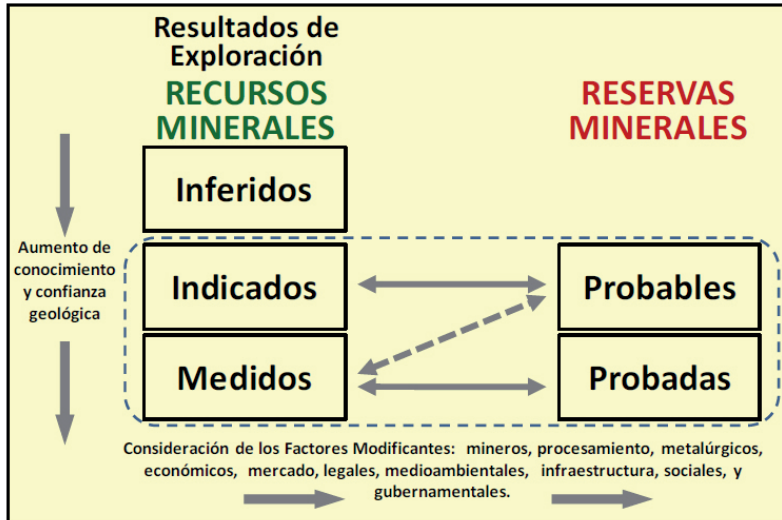
Figura 3. Fases de Conversión y Niveles de Estudios



Fuente: Gráfico 1 del Código CH 20235

Dependiendo del nivel de estudios técnico-económicos de un proyecto desde las Etapas de Exploración a estudios de Factibilidad la disminución de la incertidumbre y riesgos en la estimación permitirá la conversión de Recursos a Reservas.

Figura 4. Relación general entre los Resultados de Exploración, Recursos Minerales y Reservas Minerales.



Fuente: Gráfico 2 de Código CH 20235

Este diagrama establece el marco para la categorización de las estimaciones de tonelaje y leyes para reflejar diferentes niveles de confianza geológica y diferentes grados de evaluación técnica y económica.

7.3 Modelos hidrogeológicos conceptuales

Un modelo hidrogeológico conceptual de la cuenca de un salar sirve como de base en el desarrollo de un modelo numérico de flujo y transporte que simule la extracción de salmuera del proyecto, en evaluar los potenciales efectos ambientales y estimar las reservas de salmuera. El modelo hidrogeológico conceptual incorporará las siguientes temáticas:

- Un modelo geológico/hidrogeológico que incluya las diferentes unidades geológicas/hidrogeológicas identificadas. Es importante entender la posible continuidad lateral de las unidades más allá de los bordes del núcleo del salar, que puedan facilitar entradas de agua dulce bajo condiciones de bombeo y que puedan actuar como mecanismo de dilución para las concentraciones de salmuera durante la etapa operacional del proyecto.
- Parámetros hidráulicos de las unidades hidrogeológicas pueden ser cuantificados a través de una combinación de pruebas hidráulicas tales como pruebas de bombeo, pruebas de slug, pruebas de packer o ensayos de laboratorio, entre otras. Las pruebas de bombeo deben apuntar a las unidades hidrogeológicas principales desde donde se estime implementar el futuro bombeo de salmuera. Los ensayos de bombeo y pozos de observación que se ubiquen en las cercanías de cada uno de los pozos productores, y estén específicamente ranurados en las unidades que sobreyacen y subyacen al bombeo, entregarán información acerca de cómo se comporta el sistema bajo condiciones de estrés. Adicionalmente se deben recolectar muestras de salmuera durante las pruebas de bombeo con el fin de monitorear la evolución en las concentraciones de los elementos de interés a lo largo del ensayo. Los resultados de las pruebas de bombeo entregan información importante para la calibración del modelo numérico en condiciones transientes.
- Patrones de flujo subterráneo: Pueden determinarse de la información obtenida de pozos de monitoreo instalados en la cuenca del salar. Es recomendable que se implementen planes de monitoreo regulares y sistemáticos, de manera de observar variaciones estacionales. Se recomienda la instalación de pozos de monitoreo multinivel anidados con el fin de estimar gradientes hidráulicos verticales en el salar.
- Condiciones de borde: Se necesita comprender las condiciones de

borde de la cuenca que hospeda al salar, e idealmente cuantificarlas. Las condiciones de borde pueden incluir zonas de no flujo a lo largo del contacto con el basamento rocoso, flujos de entrada desde cuencas vecinas, interacción de agua superficial y subterránea, evaporación desde el núcleo y de los sedimentos marginales del salar. La investigación de las condiciones de borde requerirá de mapeo geológico, monitoreo hidrogeológico, mediciones de escurrimientos superficiales y caracterización de manantiales, vegas y bofedales dentro de la cuenca, entre otros.

- **Definición de la interfaz salina:** La identificación y localización de la interfaz entre salmuera y aguas dulces/salobres es una tarea importante que se debe considerar en el diseño y configuración del futuro campo de pozos de producción, sus tasas de bombeo y su calendarización. El desplazamiento de la interfaz durante la vida del proyecto puede resultar en la dilución de las concentraciones de salmuera y, por lo tanto, una influencia en la calidad de salmuera que ingresa a las instalaciones del proceso de recuperación de litio. También, el desplazamiento de la interfaz tiene potencial de destrucción de humedales en los márgenes del salar. Se recomienda su caracterización en la etapa de evaluación del proyecto y su monitoreo en su posterior desarrollo. La posición de la interfaz puede ser ubicada y mapeada a través de una combinación de geofísica superficial, perforaciones, geofísica en pozos y muestreo hidroquímico de las perforaciones.
- **Balance hídrico:** Debe prepararse a nivel de cuenca y requiere la cuantificación de entradas subterráneas y superficiales, recarga por precipitación y descarga a través de evaporación, almacenamiento, y el uso de derechos de agua por parte de terceros. Para su estimación, se recomienda la instalación de estaciones climáticas tanto en el núcleo de salar como en la cuenca, en conjunto con la realización de estudios de evaporación de suelo en función del nivel freático, tipo de suelo, y densidad de salmuera. La cuantifi-

cación del balance hídrico es una consideración importante para el diseño y operación sustentable del proyecto.

7.4 Modelos numéricos de flujo y transporte

Los trabajos de modelación numérica de flujo/transporte generalmente se inician cuando se ha realizado la estimación de los Recursos de Salmuera, con categoría Medidos e Indicados y cuando se cuenta con un modelo hidrogeológico conceptual adecuado, que sea la base de la construcción y calibración de la modelación numérica. Esta etapa en un proyecto de salmuera es una actividad especializada y compleja, que requiere de modeladores con alta experiencia que permitan completar el trabajo de manera técnicamente adecuada y en plazos razonables.

Como observación, se encuentra fuera de los alcances de esta Guía adentrarse en detalles, teoría y procedimientos de modelación numérica.

Los esfuerzos en la modelación de flujo y transporte en proyectos de salmuera generalmente involucran las siguientes etapas:

- Construcción del modelo.
- Calibración del modelo (en régimen estacionario y transiente).
- Simulación del caso base en condiciones preminado, que sirva de fuente a la estimación de reservas y a un potencial análisis de impactos.
- Simulaciones predictivas que evalúen lo siguiente⁵:
 - » Diseño del campo de pozos, sus lugares óptimos, tasas de bombeo y su calendarización.

⁵ Para proyectos de producción en salmuera es importante evaluar estos factores potencialmente modificantes (exclusivos para salares), ya que pueden tener un impacto significativo en la estimación de Reservas Minerales final.

- » Evolución de concentraciones del elemento de interés en salmuera, a lo largo de la vida del proyecto.
 - » Optimización y alternativas para el diseño del campo de pozos.
 - » Operación de pozos productores fuera del núcleo del salar para el suministro de agua industrial a la planta de procesos.
 - » Evaluación de potenciales consideraciones ambientales que afecten las tasas de bombeo e impongan limitantes a la extracción de salmuera y agua industrial del proyecto. Estas consideraciones deben incluir regulaciones gubernamentales para la operación de proyectos mineros con relación a parques nacionales, sitios RAMSAR (humedales de importancia internacional), sitios turísticos (ZOIT) y zonas protegidas por la DGA bajo la designación de “vegas y bofedales” en las regiones de Tarapacá, Antofagasta y Atacama de Chile.
 - » Múltiples propietarios de concesiones mineras dentro del salar que conlleven a planes de desarrollo conjunto complejos.
 - » Evaluación y cuantificación de la salmuera capturada desde el exterior de las concesiones mineras del proyecto.
 - » Estimación de reservas minerales para apoyar el desarrollo de un proyecto.
- La PC debe determinar al principio del proceso de modelación si se requerirá una modelación de densidad variable basada en la extensión del cono de descenso, en las zonas de captura de salmuera creadas por el campo de pozos de producción de salmuera y su ubicación relativa a la interfaz de salmuera y agua dulce, y en el potencial de inducir flujos de entrada de agua más frescas.

- **Análisis de sensibilidad e incertidumbre:** Se debe realizar un análisis de sensibilidad sobre elementos críticos del modelo que verifiquen su robustez, y en consecuencia la confianza sobre la estimación de Reservas Minerales. Como caso ideal se recomienda realizar un análisis de incertidumbre, para definir el rango factible de la proyección de extracción de los recursos, y en consecuencia la estimación de las reservas.

7.5 Factores modificantes en la conversión de Recursos a Reservas

Para la conversión de recursos a reservas se requiere la generación de un plan de extracción o minero técnicamente realizable y económicamente viable en el cual se han considerado todos los factores modificantes (mineros, metalúrgicos, económicos, financieros, comerciales, legales, medioambientales, sociales y gubernamentales).

Destacan en este caso múltiples factores modificantes para proyectos de salmueras, entre los que se cuenta los siguientes:

- **Eficiencia de acuífero / bombeo:** El bombeo de salmueras está limitado por la eficiencia del diseño del campo de pozos y las propiedades del acuífero bombeado. La experiencia comparada de proyectos en salmueras, muestran recuperaciones en rangos muy amplios (30% hasta 60% según las características propias de los proyectos y el elemento a recuperar, en caso del litio). La modelación del flujo y transporte de aguas subterráneas y salmueras permitirá cuantificar esta eficiencia.
- **Eficiencia de recuperación de litio (u otros elementos de interés) en la Planta:** Los resultados de los estudios de (pre)factibilidad deben proporcionar una indicación clara de la recuperación que razonablemente puede esperarse con la tecnología de procesamiento y la Planta propuestas. Para el proceso de evaporación

convencional conocido en la industria local, las recuperaciones en las Plantas se aprecian usualmente en rangos entre 80% a 90% para la obtención de los productos comerciales de litio. Se proyectan mejoras a futuro en los niveles de eficiencia global con nuevas tecnologías hoy en estudio.

- Obtención de salmuera proveniente desde el exterior de las concesiones mineras del proyecto: Durante las fases operativas y de cierre de un campo de pozos de salmuera, las zonas de captura pueden extenderse a lo largo del tiempo más allá de los límites de las concesiones mineras del proyecto y requerirán la optimización del diseño del campo de pozo y los cronogramas de bombeo con el fin de minimizar esta cantidad.
- Potenciales factores ambientales: Algunos salares en el norte de Chile están rodeados de áreas ambientalmente sensibles que pueden limitar los descensos aceptables del nivel piezométrico del campo de pozos de producción.
- Derechos de agua de terceros / uso de agua de comunidades: El diseño y la operación de un campo de pozos de producción de salmuera puede requerir optimización para minimizar los efectos potenciales sobre los derechos de agua de terceros y el uso del agua de la comunidad.
- Otros operadores: Múltiples operadores de proyectos de salmuera en un mismo salar pueden afectar la sostenibilidad económica y ambiental a largo plazo para cada operador. Los efectos de varios operadores deben evaluarse con modelos numéricos e incorporarse a la estimación de la reserva de salmuera. La posible reinfiltración o reinyección de salmuera de las cuales se ha extraído el litio también debe ser evaluado.
- Debido a los potenciales de redistribución de las concentraciones

de salmuera, la mezcla y las entradas de agua dulce como resultado de la operación del campo de pozos, las estimaciones de reservas pueden requerir actualizaciones periódicas basadas en los resultados del monitoreo del sistema hidrogeológico en el salar.

8. Reportar

Para desarrollar un informe técnico, ningún código internacional de recursos y reservas tiene un formato, a excepción del estándar NI 43101, que propone una plantilla o índice patrón para este objetivo. Sin embargo, los códigos restantes existentes, incluyendo el código chileno CH 20235, tienen un Anexo 1 que presenta una guía o lista de verificación y referencia sobre información que las personas competentes deben considerar para preparar informes sobre los Resultados de Exploración, Recursos y Reservas Minerales, que en este caso se complementará con esta Guía metodológica y sus lineamientos para los depósitos de salmueras.

La lista no es excluyente y, como siempre, la relevancia y materialidad son los principios fundamentales que determinan qué información debe ser reportada públicamente. No obstante, es importante reportar cualquier asunto que pudiera afectar la comprensión e interpretación de un lector acerca de los resultados o estimaciones que se están informando. Esto es particularmente importante cuando datos inadecuados o inciertos afectan la exactitud o la confianza en una declaración de los Resultados de Exploración o una estimación de Recursos y/o Reservas Minerales.

De acuerdo con la secuencia de etapas que involucra un proyecto, las materias que aborda esa lista de verificación son:

- Las Técnicas y Datos de Muestreo

- Los Resultados de Exploración
- La Estimación de Recursos
- La Estimación de Reservas

Considerando lo indicado en el código CH 20235, el informar sobre los Resultados de Exploración, Recursos Minerales, y Reservas Minerales, en este caso para los proyectos de salmueras es una tarea multidisciplinaria que por la naturaleza del negocio minero requiere de la participación de expertos, especialistas y Personas Competentes Calificadas en las distintas áreas de la cadena de valor del negocio minero. Si bien esta participación es necesaria, se debe distinguir entre la responsabilidad general que asume la Persona Competente Calificada líder por la elaboración y emisión del informe, y la que asumen las Personas Competentes Calificadas en sus áreas de especialidad del ámbito geo-minero-metalúrgico. Cada integrante del equipo deberá ser identificado en el reporte correspondiente, de acuerdo con su área temática y detallando su responsabilidad específica en la elaboración del estudio.

Esta Guía propone un índice para la presentación de informes de proyectos de salmuera basada en el Formulario F1 (2011) de NI 43-101. En el Anexo 1 de esta guía metodológica se proporciona el índice sugerido para la presentación de informes sobre proyectos de salmuera.

9. Referencias

AMEC. (2019). Guidelines for Resource and Reserve Estimation for Brines

AWC, Atacama Water Consultants (2020). Reporte Técnico Interno del Ministerio Minería de Chile, “Guía Complementaria al Código 20235 sobre Recursos y Reservas Mineras en Salmueras”,

Canadian Institute of Mining. (2005). CIM Definition Standards–For Mineral Resources and Mineral Reserves.

Canadian Institute of Mining. (2010). CIM Definition Standards–For Mineral Resources and Mineral Reserves.

Canadian Institute of Mining. (2018). CIM Exploration Best Practices Guidelines.

Canadian Institute of Mining. (2003). Estimation of mineral resources and mineral reserves, best practices guidelines.

DGA. (2009). Levantamiento Hidrogeológico para el Desarrollo de Nuevas Fuentes de Agua en Áreas Prioritarias de la Zona Norte de Chile, Regiones XV, I, II, y III. Etapa 2 Sistema Piloto III Región Salares de Maricunga y Pedernales. Realizado por Departamento de Ingeniería Hidráulica y Ambiental Pontificia Universidad Católica de Chile (PUC). SIT No. 19.

Freeze, R. A., & Cherry, J. A. (1979). Groundwater (No. 629.1 F7).

Hains, D. H. (2012). CIM best practice guidelines for resource and reserve estimation for lithium brines. Ontario, CIM.

Houston, J., Butcher, A., Ehren, P., Evans, K., & Godfrey, L. (2011).

The evaluation of brine prospects and the requirement for modifications to filing standards. *Economic Geology*, 106(7), 1225-1239.

IIMCh. (2003). Código para la Certificación de Prospectos de Exploración, Recursos y Reservas Mineras

CH 20235 (2015) Código para Informar sobre los Resultados de Exploración, Recursos Minerales y Reservas Minerales

JORC. (2013). Australasian Code for Reporting of Exploration Results, Mineral Resources and Ore Reserves (The JORC Code). The Joint Ore Reserves Committee of The Australasian Institute of Mining and Metallurgy, Australian Institute of Geoscientists and Minerals Council of Australia.

Ley N° 20235. Diario Oficial de la República de Chile, Santiago, Chile, 31 de diciembre de 2007.

Marazuela, M. A., Vázquez-Suñé, E., Custodio, E., Palma, T., García-Gil, A., & Ayora, C. (2018). 3D mapping, hydrodynamics and modelling of the freshwater-brine mixing zone in salt flats similar to the Salar de Atacama (Chile). *Journal of Hydrology*, 561, 223-235.

Marazuela, M. A., Vázquez-Suñé, E., Ayora, C., García-Gil, A., & Palma, T. (2019). The effect of brine pumping on the natural hydrodynamics of the Salar de Atacama: The damping capacity of salt flats. *Science of The Total Environment*, 654, 1118-1131.

Marazuela, M. A., Ayora, C., Vázquez-Suñé, E., Olivella, S., & García-Gil, A. (2020). Hydrogeological constraints for the genesis of the extreme lithium enrichment in the Salar de Atacama (NE Chile): A thermohaline flow modelling approach. *Science of The Total Environment*, 739, 139959.

Marazuela, M. A., Vázquez-Suñé, E., Ayora, C., & García-Gil, A. (2020). Towards more sustainable brine extraction in salt flats: Learning from the Salar de Atacama. *Science of The Total Environment*, 703, 135605.

OSC. (2005). OSC Bulletin.

OSC. (2005). Companion Policy 43-101cp To National Instrument 43-101 Standards of Disclosure for Mineral Projects.

OSC (2011). Repeal and Replacement of National Instrument 43-101 Standards of Disclosure for Mineral Projects, Form 43-101f1 Technical Report, and Companion Policy 43-101cp.

Securities and Exchange Commission. (2018). Modernization of property disclosures for mining registrants.

Servicio de Evaluación Ambiental, Chile. (2012). Guía para el uso de Modelos de Aguas Subterráneas en el SEIA,

SERNAGEOMIN. (2014). Base de Datos de Sistemas Salinos del Norte de Chile. Base de datos disponible en portal GEOMIN.

Stoertz, G.E.; Ericksen, G.E. (1974). Geology of salars in northern Chile. U.S. Geological Survey, Professional Paper: 70 p. Washington.

Van Weert, F., Van der Gun, J., & Reckman, J. (2009). Global overview of saline groundwater occurrence and genesis. *International Groundwater Resources Assessment Centre*, 105.

Anexo 1

CONTENIDO SUGERIDO DEL INFORME TÉCNICO

Temas

1. Resumen
2. Introducción
3. Dependencia de otros expertos
4. Descripción y ubicación de la propiedad
5. Accesibilidad, clima, recursos locales, infraestructura y fisiografía
6. Historia del proyecto
7. Entorno hidrogeológico y modelo conceptual
8. Cuerpo de salmuera
9. Exploración
10. Perforación, muestreo, y pruebas
11. Preparación, análisis y seguridad de la muestra
12. Verificación de datos
13. Procesamiento y pruebas metalúrgicas
14. Estimaciones de recursos minerales
15. Estimaciones de reservas minerales
16. Métodos de minería
17. Procesos y métodos de recuperación
18. Infraestructura del proyecto
19. Estudios de mercado y contratos
20. Estudios Ambientales, Permisos e Impacto Social o Comunitario
21. Costos de capital y de explotación
22. Análisis económico
23. Propiedades adyacentes
24. Otros datos e información relevantes
25. Interpretación y Conclusiones
26. Recomendaciones
27. Referencias

Anexo 2: Glosario de Términos Acrónimos

Lista de siglas	
AMEC	Association of Mining and Exploration Companies - Asociación de empresas mineras y de exploración
BMR	Borehole Magnetic Resonance - Logueo por resonancia magnética de pozos
CIM	Canadian Institute of Mining, Metallurgy and Petroleum - Instituto Canadiense de Minería, Metalurgia y Petróleo
DGA	Dirección General de Aguas
DHI	Danish Hydraulic Institute - Instituto Danés de Hidráulica
DTRC	Dual Tube Reverse Circulation - Circulación reversa de tubo dual
JORC	Joint Ore Reserves Committee - Comité conjunto para las reservas minerales
K	Conductividad hidráulica
LFS	Low flow sampling - Muestreo de flujo bajo
NI 43-101	National instrument for the Standards of Disclosure for Mineral Projects
OSC	Ontario Securities Commission - Comisión de Seguridad de Ontario
PC	Persona Competente
Pe	Porosidad efectiva
PERC	Pan European Reporting Code - Código de reportes Paneuropeo
Pt	Porosidad total
QA/QC	Quality Assurance/Quality Control - Gestión de Calidad/Control de Calidad
RBR	Rapid Brine Release - Liberación Rápida de Salmuera
RBRC	Relative Brine Release Capacity - Capacidad Relativa de Liberación de Salmuera
S	Storage - Almacenamiento
SEA	Servicio de Evaluación Ambiental
SEIA	Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental
SERNAGEOMIN	Servicio Nacional de Geología y Minería
SEV	Sondaje eléctrico vertical
SME	Society for Mining, Metallurgy & Exploration - Sociedad de Minería, Metalurgia y Exploración
Sr	Specific retention - Retención específica
Ss	Specific storage - Coeficiente de almacenamiento específico
STD	Sólidos totales disueltos
Sy	Specific yield - Porosidad drenable o rendimiento específico
TEM	Transiente electromagnético
UTM	Universal Transversal de Mercator - Sistema de coordenadas universal transversal de Mercator)
WGS84	World Geodetic System 1984 - Sistema Geodésico Mundial
ZMI	Zona de mezcla interna
ZMM	Zona de mezcla media
ZME	Zona de mezcla externa
ZOIT	Zonas de interés turístico

**Comisión Calificadora de Competencias
en Recursos y Reservas Mineras.**

Av. Luis Thayer Ojeda 166, oficina 706
Providencia, Santiago.

(562) 22343016 - (562) 22345134
www.comisionminera.cl