

Reinyección de salmueras de litio

Zelandez, Eramet, Summit Nanotech

2 diciembre 2024





Guía sobre derecho antimonopolio y de competencia

- ILiA está comprometida con el cumplimiento de la ley de competencia y exige el mismo compromiso a sus miembros.
- Los potenciales miembros deben confirmar que han leído y comprendido las Directrices de Derecho de la Competencia y Antimonopolio de ILiA ("Directrices") en <https://lithium.org/antitrust-guidance/>.
- Todas las reuniones plenarias y ejecutivas contarán con la presencia de un abogado especializado.
- El abogado alertará a la Asociación y a sus miembros sobre desarrollos importantes en el derecho de la competencia e investigaciones pertinentes, en particular sobre los mercados de metales.

Breve declaración de cumplimiento de las leyes antimonopolio:

La Asociación Internacional del Litio (ILiA) está comprometida con el pleno cumplimiento de las leyes de competencia o antimonopolio en todas las jurisdicciones en las que operan sus miembros. Las Directrices de la ILiA sobre las leyes antimonopolio y de la competencia que se encuentran en <https://lithium.org/antitrust-guidance/> ayudan a la ILiA y a sus miembros a cumplir con las leyes antimonopolio y de la competencia. Las Directrices no pretenden ser exhaustivas, pero si destacan algunas de las principales áreas clave de preocupación y establecen lo que hay que se debe hacer y lo que no se debe hacer para dar consejos prácticos sobre cómo evitar infracciones. Cuando exista alguna duda sobre la idoneidad de debates o actividades específicas, se debe obtener asesoramiento legal. Todas las agendas de las reuniones se enviarán antes de la reunión y contendrán una declaración que diga lo siguiente: "Esta reunión se llevará a cabo en pleno cumplimiento de las Directrices de Derecho de la Competencia de la ILiA". Todos los presidentes deberán recordar a los miembros del grupo el contenido de las Directrices de forma periódica.





Mejores prácticas en el reciclaje de salmueras

UNITED STATES - CANADA - CHILE - BOLIVIA - ARGENTINA

Agenda

1. **Introducción**
2. **¿Por qué reciclar salmueras?**
3. **Principales desafíos**
4. **Componentes del sistema**
5. **Recomendaciones**
6. **Caso: Problemas geoquímicos en Atacama y Maricunga**
7. **Caso: Flujo de trabajo técnico del plan de reinyección**
8. **Preguntas y respuestas**



1. Introducción

Speakers today



Fernando Lourenco

Director de Geociencias

Fernando lidera el equipo de Geociencias de Zelandez en Argentina. Cuenta con más de 10 años de experiencia como geocientista en la industria del petróleo y gas, especializado en el procesamiento e interpretación de datos de pozos.



Paul Barbaro

Gerente General - Chile

Paul dirige las operaciones de Summit en Chile. Cuenta con más de 20 años de experiencia como gerente senior en empresas que ofrecen servicios de ingeniería y gestión de proyectos para la industria minera.



Ricardo Piethe

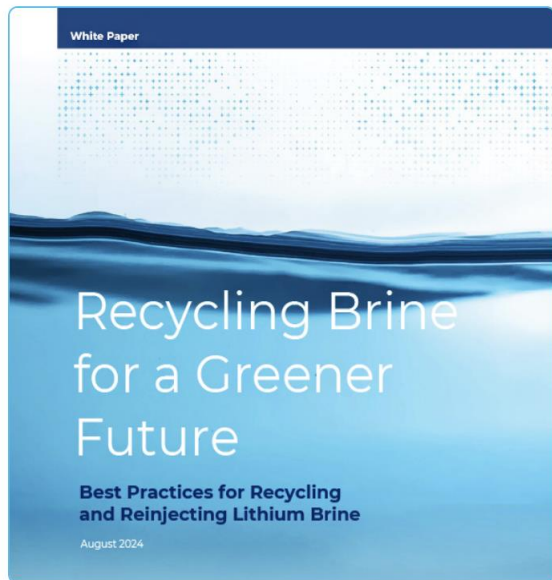
CTO

Ricardo es un geólogo ejecutivo senior con 20 años de experiencia en el sector de energía, principalmente en exploración y producción de petróleo, y en los últimos años en la industria del litio.



Libro blanco liderado por la industria

Publicado en agosto de 2024



“La industria del litio debe adoptar con urgencia las mejores prácticas para la reinyección de salmueras empobrecidas en los salares”

“A medida que las tecnologías de extracción directa de litio (EDL) se generalizan, la gestión de los grandes volúmenes de salmueras empobrecidas presenta un desafío significativo”.

[Descargue el libro blanco aquí](#)

| Authors

| Reviewers

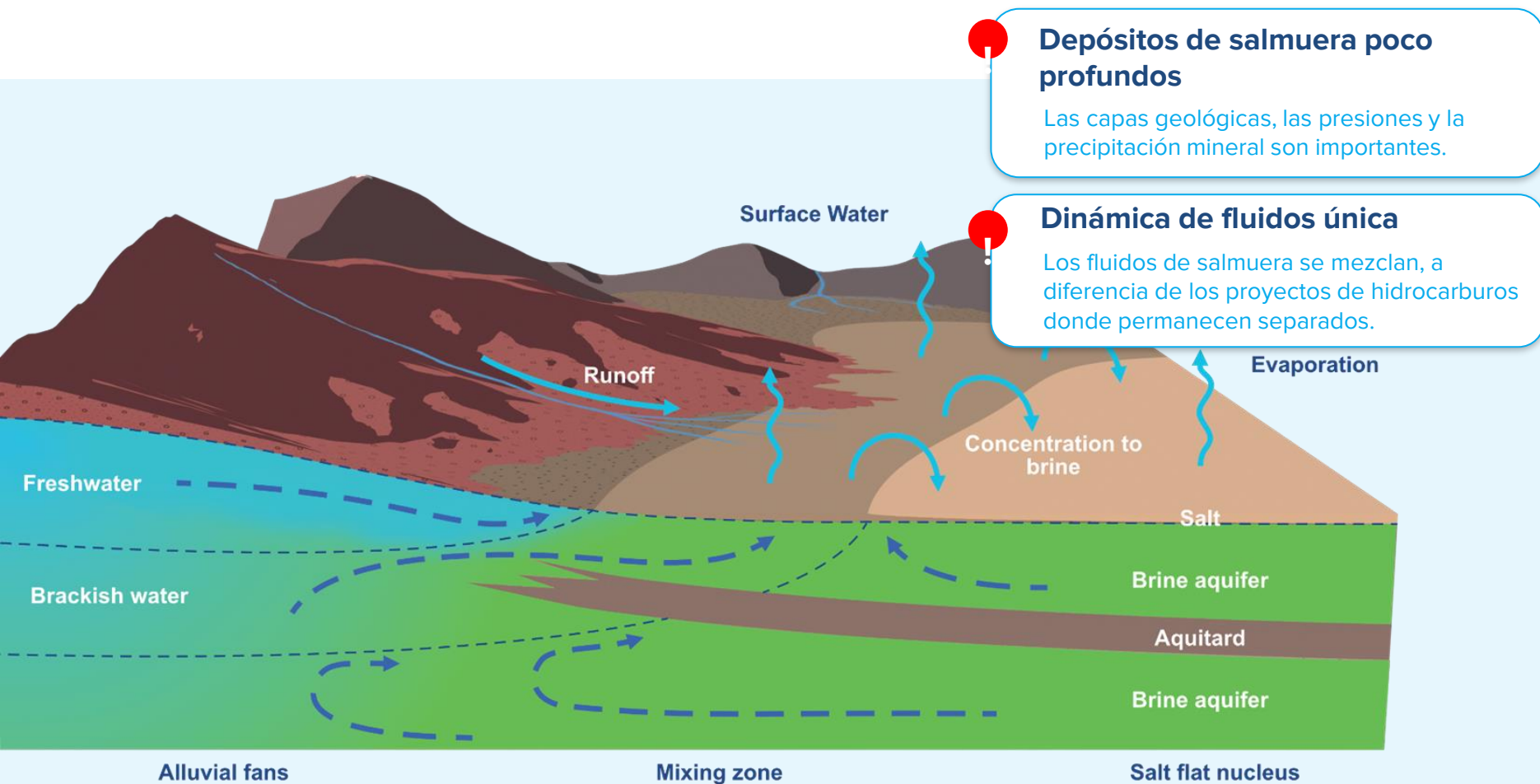
| Supporters



2.

¿Por qué reciclar salmueras?

Los depósitos de salmuera suelen estar ubicados en entornos extremos



El reciclaje de salmueras mejora la eficiencia general de las operaciones de extracción de litio



Mantiene las condiciones del reservorio

Mantiene la presión y el volumen del fluido, evitando la entrada de agua al reservorio.



Permite la escalabilidad con la extracción directa de litio

La EDL requiere la eliminación de grandes volúmenes de salmuera. La alternativa son los estanques de evaporación-infiltración.



Al reciclar salmueras, la industria del litio puede reducir significativamente su huella ambiental y social

Conservar los recursos de agua subterránea



Previene el agotamiento de los niveles de agua subterránea

Previene la intrusión de agua dulce/salobre

Preservar las características del agua superficial



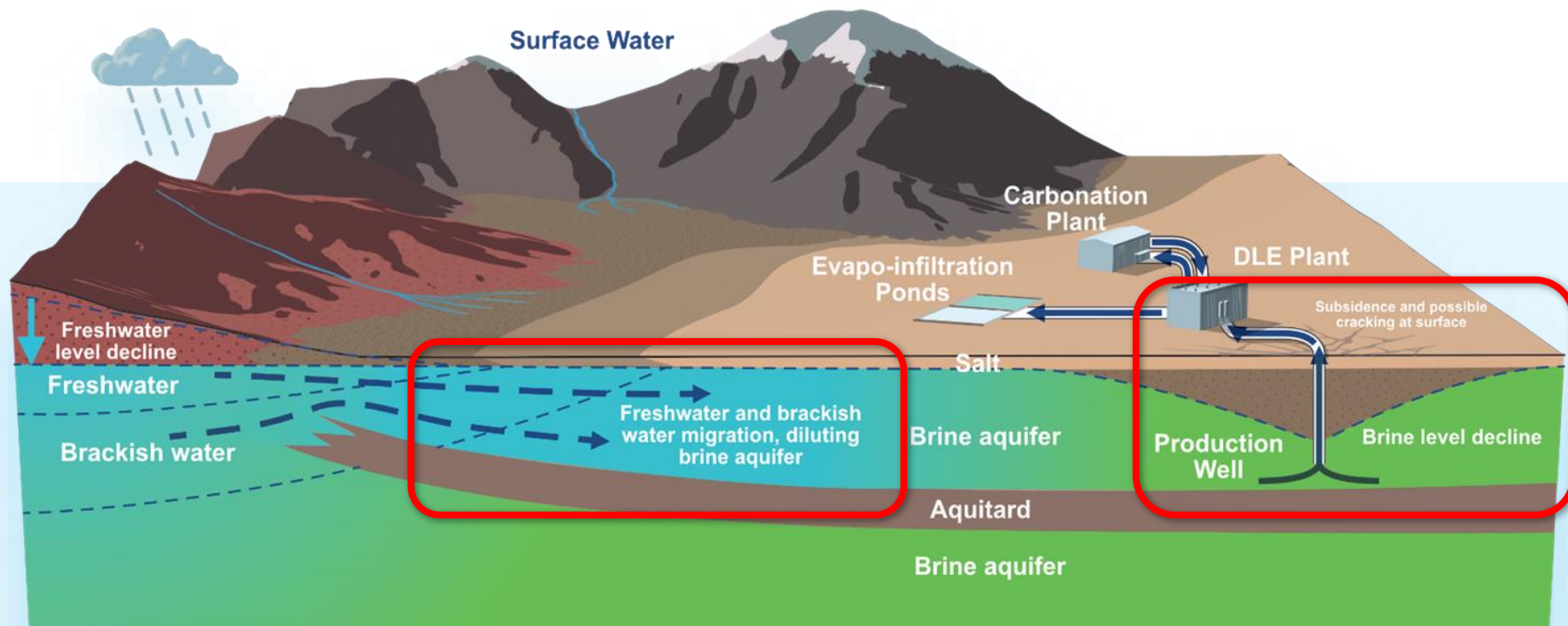
Previene la perturbación de arroyos y lagunas.

Prevenir hundimientos del terreno

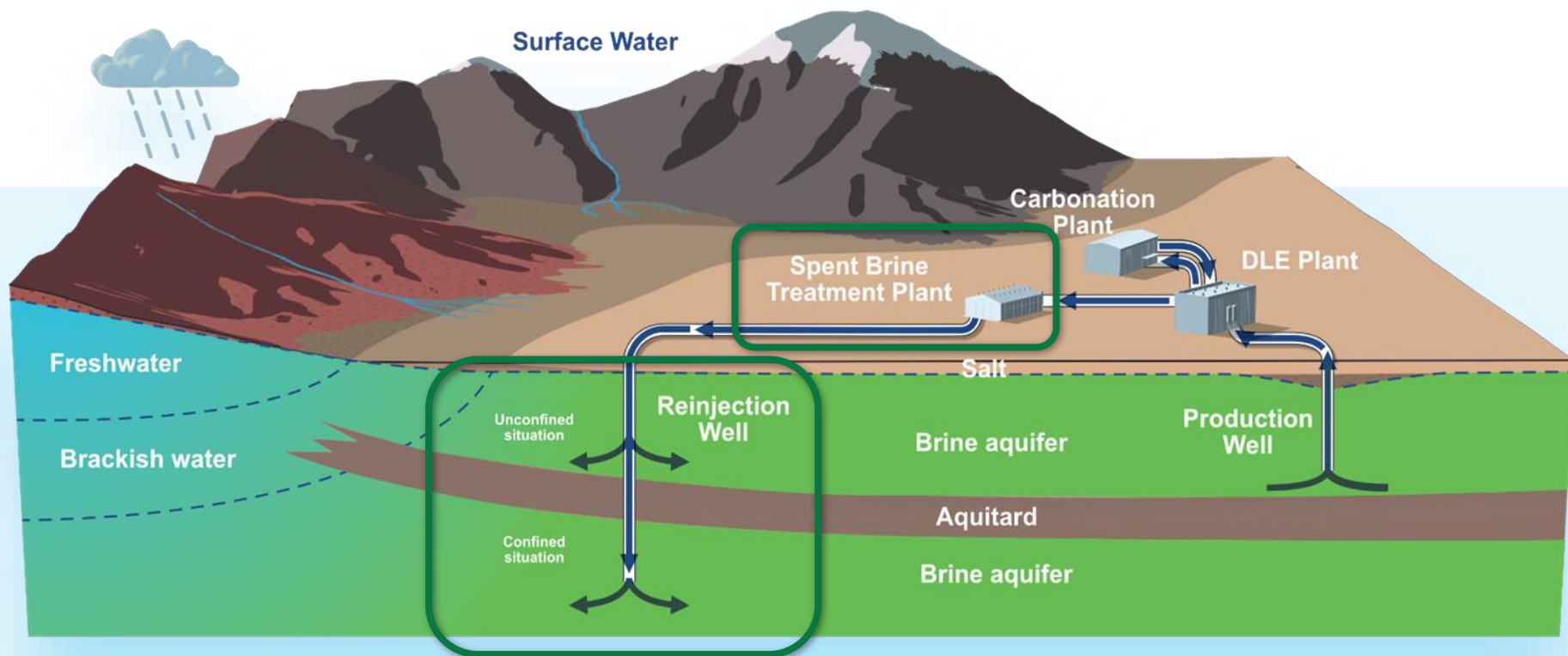


Mantiene las presiones del reservorio y evita el hundimiento.

Sin reciclaje de salmuera



Con reciclaje de salmuera



3.

Principales desafíos para el reciclaje sostenible de salmueras

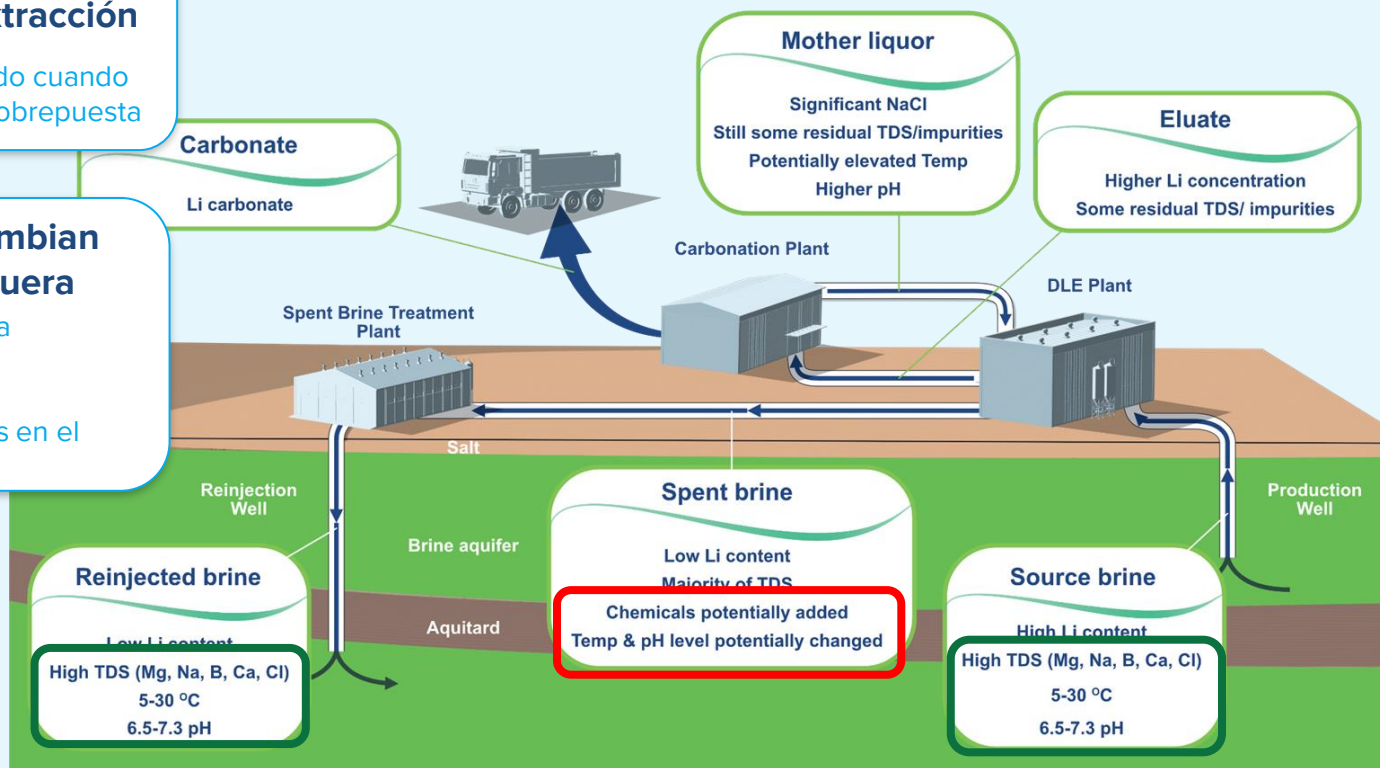
Puede ser un desafío asegurar que la salmuera reinyectada tenga una geoquímica similar a la de la salmuera original

La química de la salmuera cambia durante la extracción

Se requiere especial cuidado cuando hay agua salobre o dulce sobrepuesta

Los reactivos EDL cambian la química de la salmuera

- Varía según la tecnología
- Puede obstruir pozos de reinyección
- Puede crear precipitados en el reservorio



Los marcos regulatorios actuales pueden no ser adecuados ni apropiados para el reciclaje de salmueras

Falta de supervisión ambiental

Aún no existen regulaciones específicas para el reciclaje de salmueras de salares.

Preocupaciones transfronterizas

Necesidad de minimizar los impactos a través de los límites de propiedad / concesión.

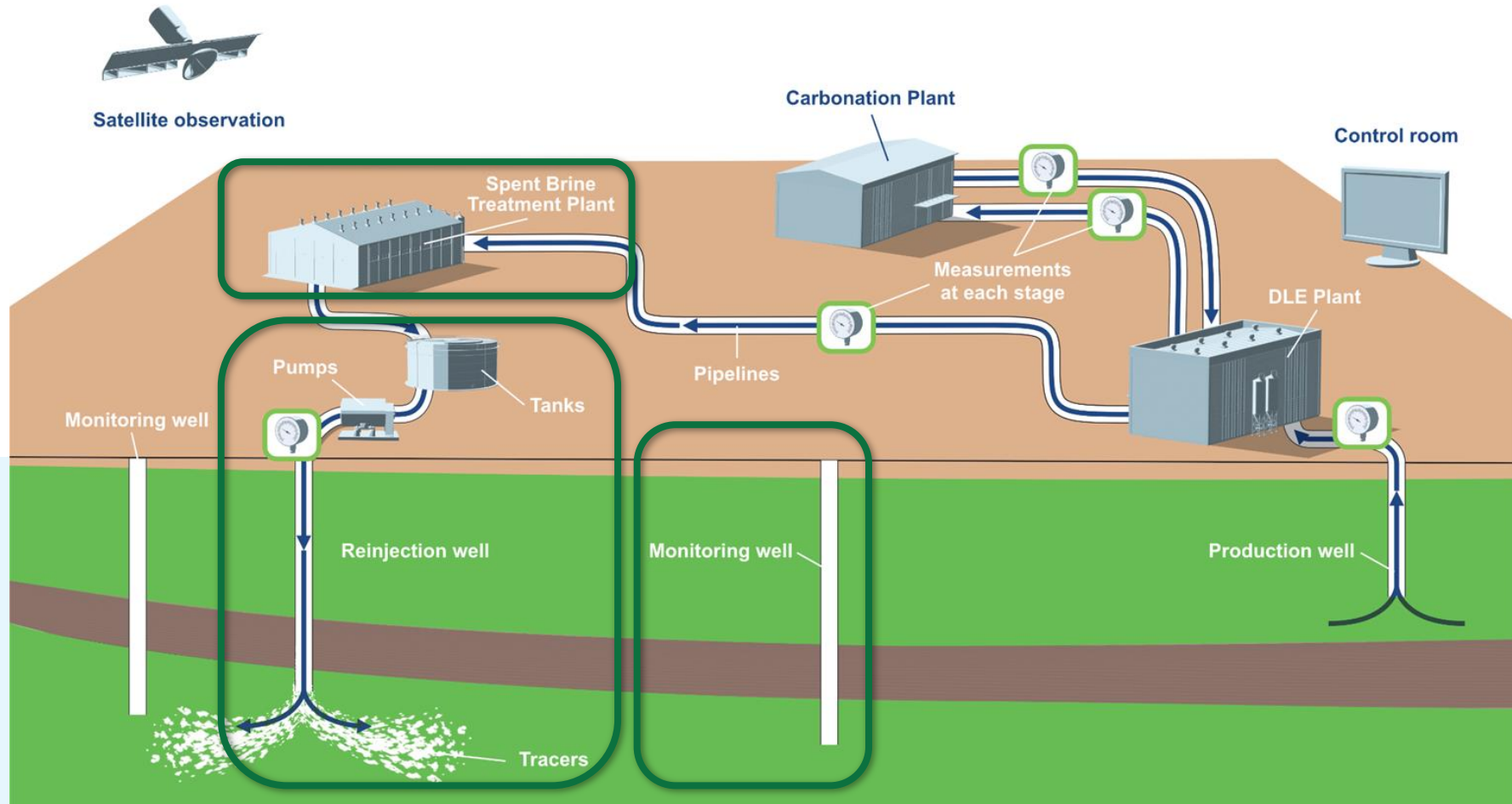
Las estructuras industriales y regulatorias varían

La presencia de múltiples instituciones con supervisión hace que la implementación de las mejores prácticas sea difícil.

4.

Componentes de un sistema de reciclaje de salmueras

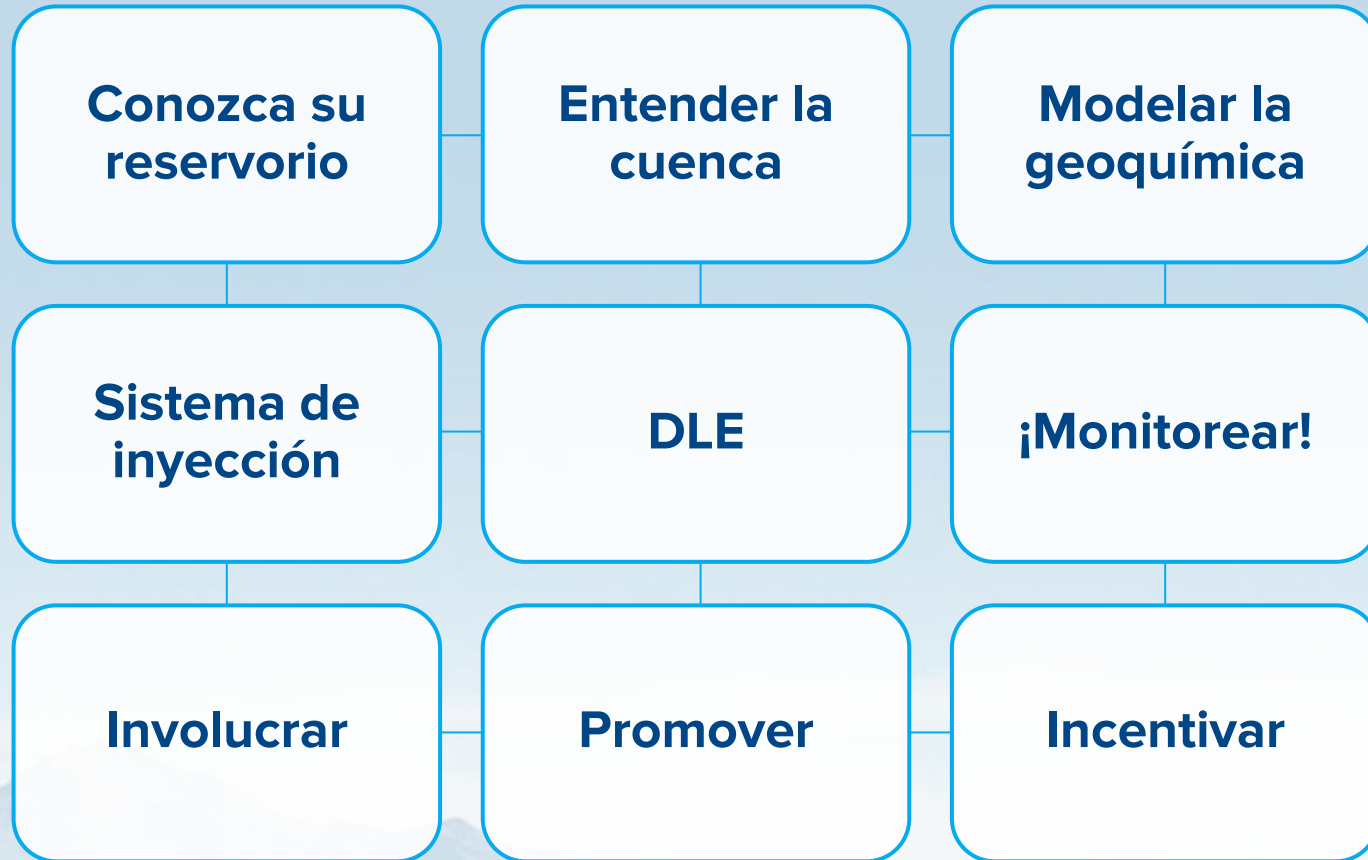
Un sistema de reciclaje de salmueras necesita tratamiento de salmuera agotada, pozos de reinyección y equipos de monitoreo y control



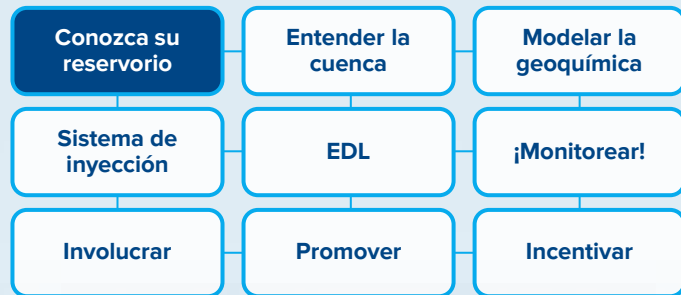
5.

Recomendaciones de mejores prácticas

Las 9 recomendaciones clave

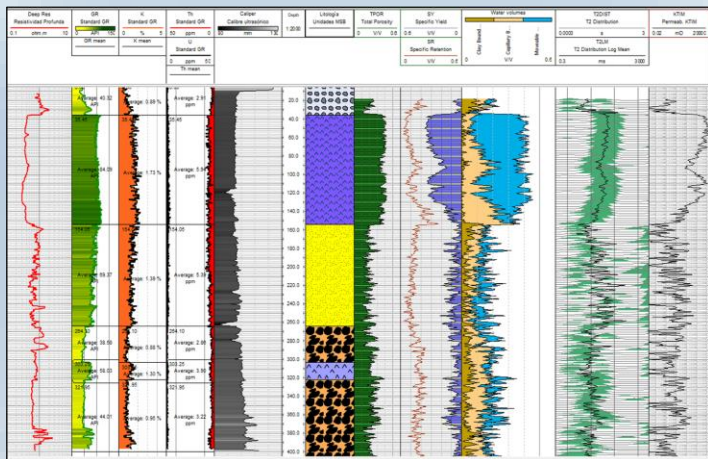


Conozca su reservorio

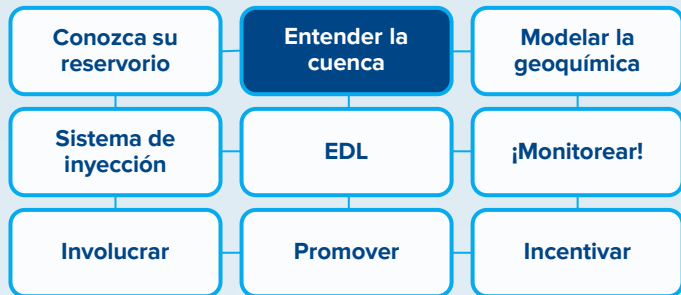


Recopilar conjuntos de datos extensos y gestionar la incertidumbre

- **Datos de superficie:** se pueden utilizar métodos eléctricos, de gravedad y sísmicos para recopilar datos de grandes áreas
- **Núcleos y muestras:** los núcleos proporcionan detalles geológicos cruciales, como mineralogía, litología, estructuras sedimentarias y propiedades mecánicas
- **Registro de pozos:** la geofísica de pozos complementa los datos de los núcleos al proporcionar mediciones continuas
- **Pruebas de pozos:** información esencial hidráulica y de presión, conectividad de reservorios y permite predicciones mejoradas de modelos de aguas subterráneas.



Entender la cuenca



Utilizar modelos para comprender la cuenca y optimizar la ubicación de los pozos

- **Modelo geológico**

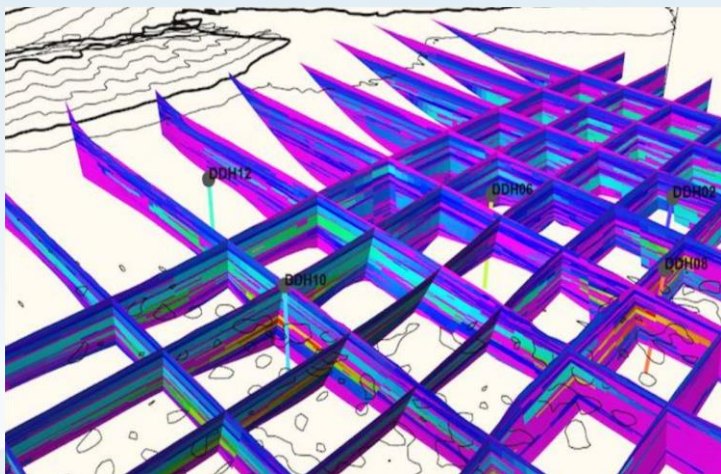
Clasifica todas las unidades litoestratigráficas e hidrogeológicas.

- **Modelo hidroestratigráfico / de flujo de agua subterránea**

Incorpora tasas de recarga, precipitación, evapotranspiración, conductividad hidráulica, transmisividad, etc.

- **Estudios detallados de presión**

Comprender la conectividad dentro del reservorio.



Sistema de inyección



Diseñar e instalar un sistema de reinyección adecuado para su propósito

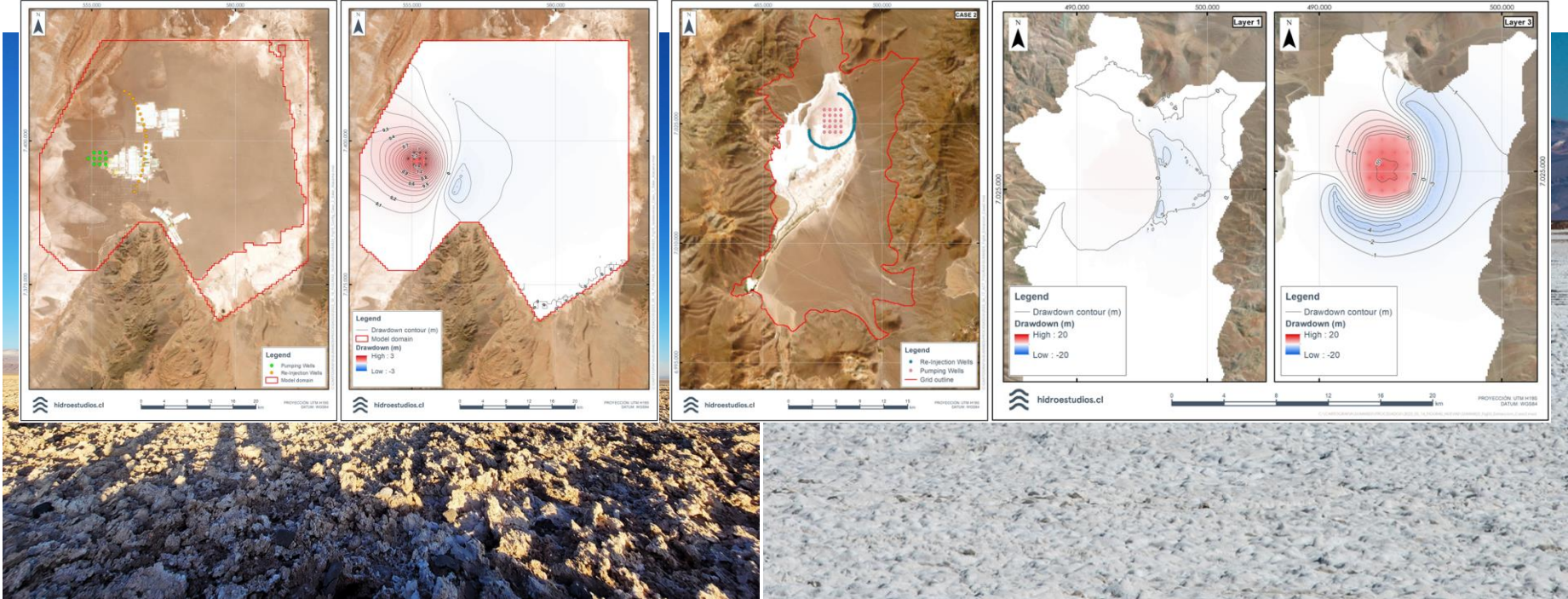
- **Tratamiento de salmuera agotada**
Sistema de filtración para eliminar sedimentos y partículas suspendidas
- **Tuberías y pozos de reinyección**
Cementación de alta calidad y registros de adherencia de revestimientos
- **Planificación de la ubicación de pozos**
Pozos ubicados según modelos hidrogeológicos



6.

Caso de estudio: Problemas geoquímicos en Atacama y Maricunga

Configuración del modelo de aguas subterráneas



- Atacama y Maricunga se modelaron en base a parámetros hidrogeológicos bien documentados
- El ascenso y descenso se modelaron en base a escenarios de desarrollo de 20,000 tpa basados en EDL
- El espacio entre pozos se optimizó a 825 m por extractor y 325 m por inyector
- Se asumieron tasas de bombeo máximas de 25 L/s en Atacama y 13 L/s en Maricunga a través de estudios previos

Resultados de Atacama



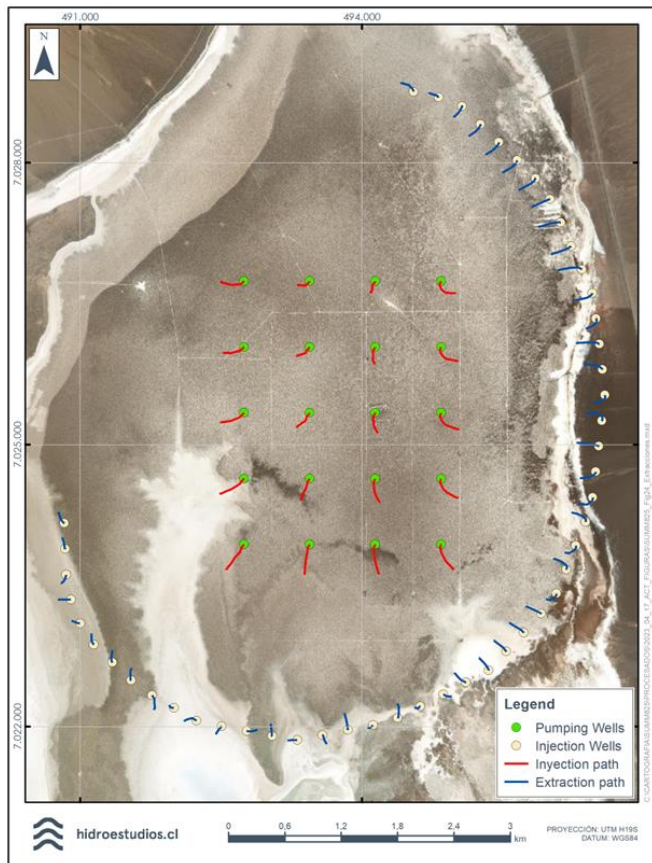
Case	Extraction			Reinjection		Case Type	Drawdown Reduction Near Extractors	Drawup/Head Increase Near Injectors	Interpretation
	Rate L/s	Wells	Lyr	Rate L/s	Wells				
1	250	10	1	N/A		Base case drawdown	None 5cm 28km away	N./A	Insufficient
2	250	10	1	250	50	Base case reinjection	Strong	0.5m	Safe case
3	250	10	1	250	50	Case 2 but with increased distance	Moderate	1-3m	Suboptimal
4	250	10	1	250	20	1:2 scenario	Moderate	0.5m	Optimal case

Resultados de Maricunga



Case	Extraction			Reinjection		Case Type	Drawdown Reduction Near Extractors	Drawup/Head Increase Near Injectors	Interpretation
	Rate	Wells	Lyr	Rate	Wells				
1	250	20	3	N/A		Base case drawdown	None 5km around extractors	N/A	Insufficient
2	250	20	3	250	50	2:5 ratio	Moderate	3-5m	Optimal case
3	250	20	3	250	100	1:5 ratio	Moderate	1-3m	Safe case
4	250	20	3	250	50	Reinjection into laterally deposited halite	Moderate	None, no barrier	Insufficient
5	250	20	3	250	50	Case 2 but with increased distance	Weak	3-6m	Suboptimal
6	250	20	3	250	20	1:1 match	Strong	5-8m	Suboptimal

Consideraciones sobre el movimiento de fluidos



hidroestudios

Las partículas se mueven significativamente, incluso con una permeabilidad más baja

- Las partículas extraídas se mueven hasta 330 m
- Las partículas inyectadas se mueven hasta 250 m
- Solo se considera el transporte advectivo
- Aumenta el riesgo de precipitación local

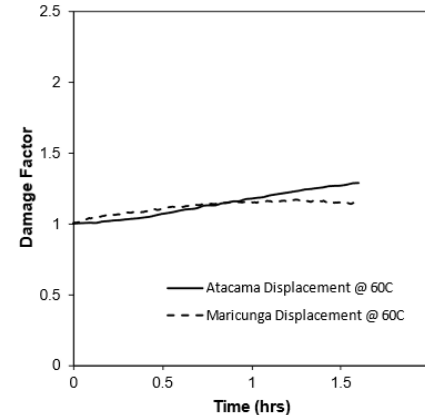
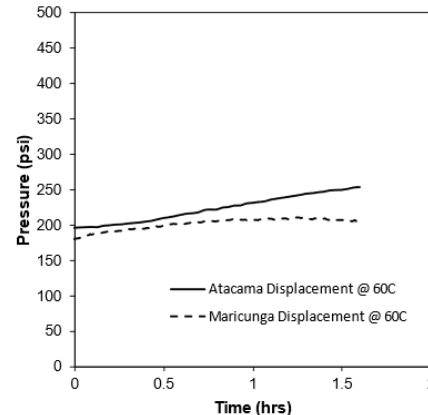
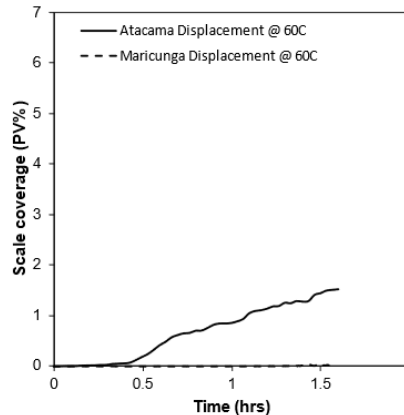
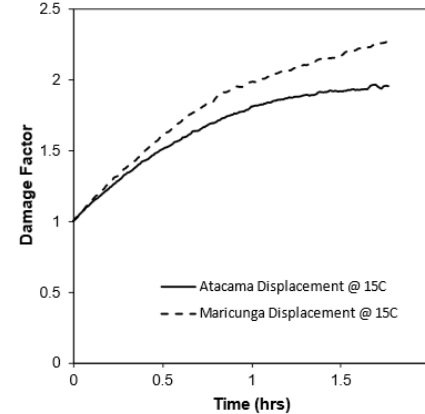
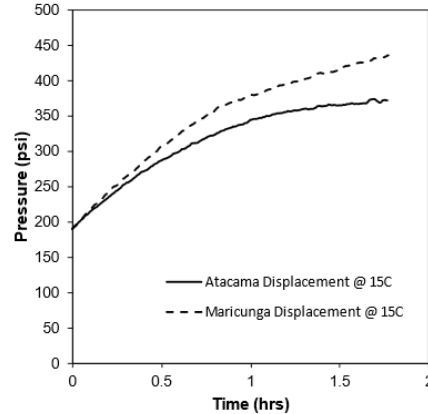
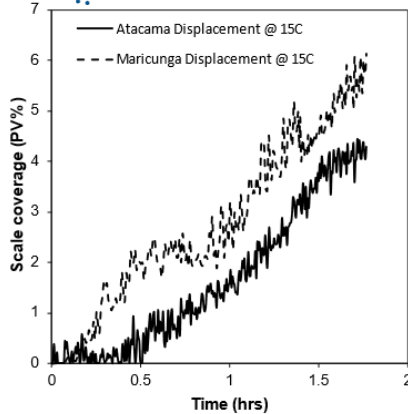
Los salares de mayor permeabilidad ofrecen más flexibilidad

- Con una mayor permeabilidad, los impactos del ascenso y descenso de niveles se reducen linealmente

Vale la pena señalar que:

- El fluido puede ser bombeado a través de los límites de concesión
- La gestión de pasivos es una consideración
- La opcionalidad de los activos es probablemente un gran beneficio

Estudio de mezcla: desplazamiento



Se simularon condiciones reales de reservorio mediante la inyección de efluente de EDL basado en absorbente en chip con fluido de reservorio.

Durante el desplazamiento, el fluido inyectado desplaza eficientemente el fluido del reservorio, lo que resulta en una estabilización aparente.

La temperatura puede ser un factor en composiciones de fluido similares, aunque la masa térmica del fluido es insignificante en relación con el reservorio.

Cerca del pozo, puede haber beneficios al mantener el calor del reservorio o calentar la salmuera para evitar obstrucciones.

Parte de la precipitación es retrograda. Aumentar la temperatura después de la inyección puede no ser efectivo.

Implicaciones de costos

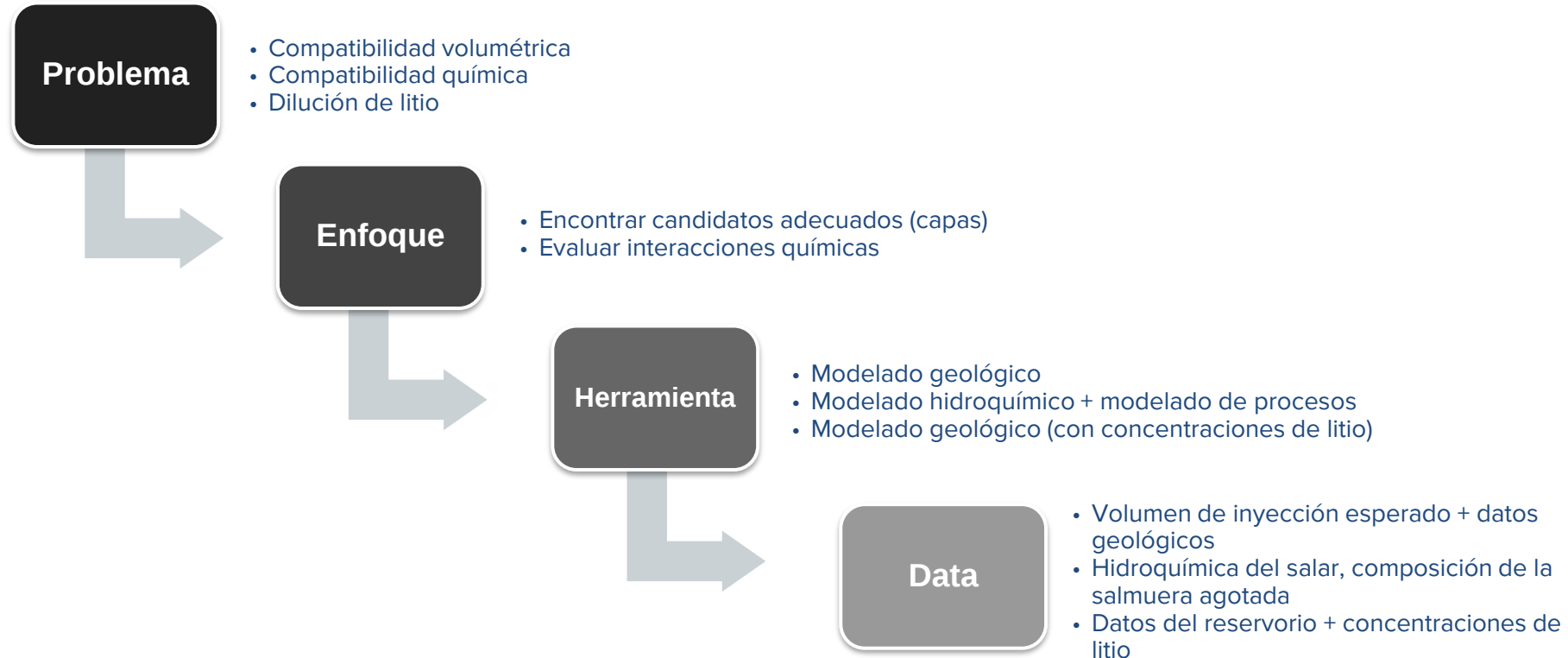
- Los pozos de inyección pueden planificarse en una proporción de 2:1 (o más) con respecto a los pozos extractores.
- Intentar mitigar la precipitación mediante estudios previos a las operaciones.
- Monitorear la pluma de inyección en tiempo real
- Planificar para el futuro:
 - Definir la permeabilidad e identificar la compartimentalización
 - Construir una curva de declive derivada del espaciamiento en el estudio económico
 - Considerar el CAPEX de reinyección durante el estudio de factibilidad



7.

Estudio de caso: Flujo de trabajo técnico del plan de reinyección

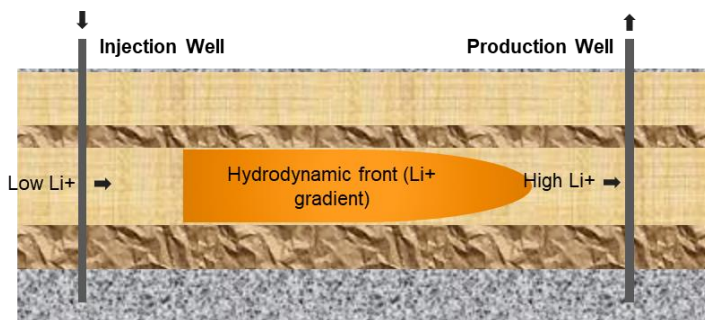
Evaluación de la reinyección: desvinculación de los problemas



Cómo – estrategias de reinyección

Opción 1: Reinyectar en el mismo nivel

- Mejor control del nivel piezométrico
- Mayor riesgo de dilución del recurso

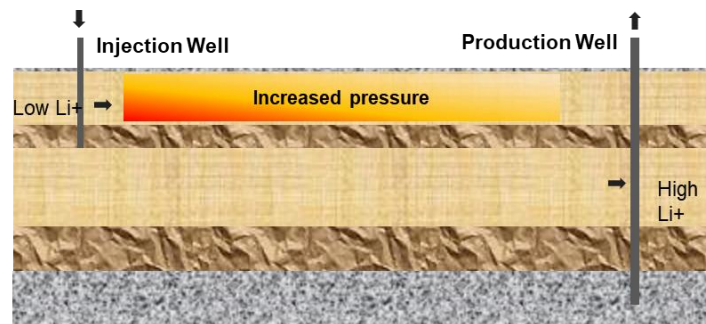


Reinyección en la misma capa

- Evaluar la dilución con simulación numérica
- Resultado: la reinyección ayuda a mantener las tasas de abstracción

Opción 2: Reinyectar en una capa diferente

- Menor riesgo de dilución
- Mayor aumento del nivel piezométrico (presión)



Reinyección en una capa diferente

- Evaluar la capacidad volumétrica de la capa. Libre >> confinado.
- Comportamiento de la presión

Tareas comunes a ambas estrategias:

- Evaluar la compatibilidad química
- Evaluar las propiedades hidrogeológicas (la geología es más compleja)



Nota: También son posibles estrategias mixtas, dependiendo de la configuración de las unidades hidrogeológicas.

Criteria for selecting the Best Zone for the Test

Landform criteria

A major topographic slope could be related with a major freshwater.

Far from the presence of watersheds streams.

Alluvial fan morphometry.

Geological criteria

Occurrence of geological units without evaporites.

Occurrence of best petrophysical downstream of alluvial fans.

Fractured basement

Hydrological criteria

Occurrence saline wedge.

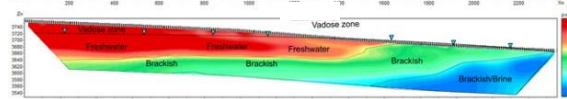
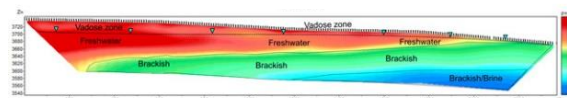
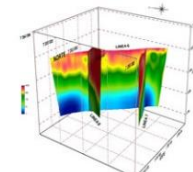
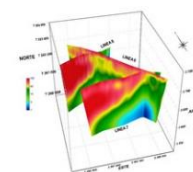
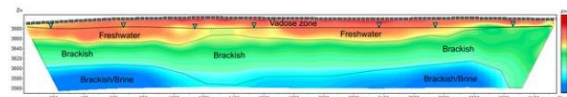
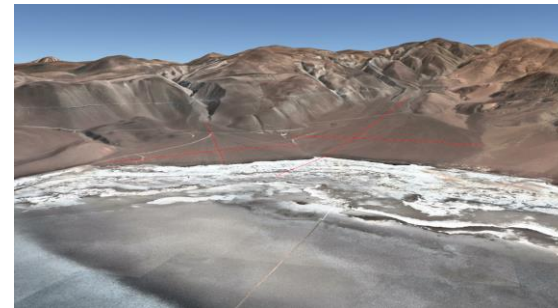
Reservoir Pressure

CAPEX & OPEX Criteria

Distance from DLE plant

Energy & facilities

System maintenance



8.

Preguntas y respuestas

Las mejores prácticas en el reciclaje de salmueras son esenciales para que la transición energética se lleve a cabo.



THE BRINEFIELD SERVICES COMPANY

UNITED STATES - CANADA - CHILE - BOLIVIA - ARGENTINA