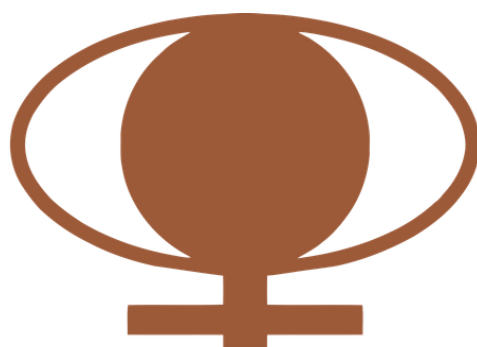


Información SCI

Desafío 2

División Radomiro Tomic

marzo 2026



CODELCO

Desafío Homogeneidad de Riego

¿Cómo logramos medir, monitorear y asegurar la homogeneidad del riego en las pilas de lixiviación en Radomiro Tomic de forma de incrementar al máximo posible la recuperación de cobre producto de una lixiviación homogénea?



Desafío Homogeneidad de Riego

1. CONTEXTO

La División Radomiro Tomic (DRT) de Codelco, ubicada a 40 kilómetros al norte de Calama en la Región de Antofagasta, opera a 3.000 metros sobre el nivel del mar. Produce anualmente cerca de 315.000 toneladas de cobre, lo que equivale aproximadamente a un cuarto de la producción total de la Corporación. Para lograr esta producción, DRT cuenta con una dotación aproximada de 1.430 trabajadores propios, y cerca de 6.300 colaboradores de empresas contratistas, incluyendo personal de proyectos.

En la producción de cobre se utilizan palas mecánicas y camiones de alto tonelaje para remover el material desde el rajo y transportarlo. El mineral es chancado (triturado) para reducir su tamaño. El proceso consiste en formar montículos continuos de mineral triturado sobre bases impermeables, con alturas típicas de 6 a 8 metros, sobre los cuales se aplica una solución lixiviante (agua con ácido sulfúrico para óxidos de cobre) que percola disolviendo el metal objetivo. La solución enriquecida se recolecta para procesamiento posterior mediante extracción por solventes y electroobtención. Los ciclos de lixiviación oscilan entre 45 y 100 días según la ley y tipo de mineral.

La lixiviación en pilas constituye un proceso hidrometalúrgico fundamental en la minería chilena para la extracción de metales valiosos de minerales de baja ley. La eficiencia operativa de este proceso depende críticamente de dos variables técnicas: la homogeneidad en la distribución de la solución lixiviante y el control térmico dentro de las pilas. Se busca entonces típicamente maximizar la recuperación de cobre mediante controlar: Homogeneidad del riego, tiempo de contacto adecuado y temperatura óptima para favorecer la reacción química.

La homogeneidad del riego asegura el contacto efectivo entre reactivo y mineral, maximizando la recuperación. El riego deficiente genera áreas sin lixiviar, reducción de concentración de reactivos, saturación local de minerales disueltos y disminución del grado de lixiviación en partículas porosas.



Desafío Homogeneidad de Riego

2. PROBLEMA

El proceso de lixiviación primaria en RT dura 60 días, durante los cuales se riega la pila con la solución. RT cuenta con 2 pilas de lixiviación, que cuentan con 27 “módulos” por pila. Cada módulo mide 51x364 metros. En cada módulo, para regar la pila se usan cañerías y planzas, o “líneas” de riego de HDPE conectadas a dicha cañería o matriz de 8 pulgadas, que atraviesa todo el módulo. Cada línea tiene una serie de goteros a una distancia estándar, de donde sale la solución lixivante. Este sistema de riego no es automático, pero es controlado remotamente desde un sistema centralizado. Asimismo, cada matriz tiene un medidor de flujo y presión.

El problema de la homogeneidad de riego surge porque los goteros pueden taparse o bloquearse por distintos motivos (porque le entran soluciones orgánicas, o sólidos, por ejemplo). El bloqueo de los goteros genera heterogeneidad en el riego, no regándose la zona cercana al gotero tapado. Asimismo, incrementa la presión del resto de los goteros, pudiendo afectar el monto del riego del resto de la línea donde hay bloqueos.

Actualmente no hay una forma de detectar en tiempo real cuando un gotero se bloquea. La forma de medir el número de bloqueos de goteros en una pila es manual con inspecciones y visuales y registro manual del número de goteros bloqueados.

El proceso de medición se realiza 3 veces en cada módulo por un equipo dedicado, al día 10, 20 y 30, desde la instalación del sistema de riego. Allí se mide y registra en forma manual, uniformidad de riego y presión (flujo, la distancia entre líneas y taponamiento), a una muestra de los goteros en cada módulo.



Desafío Homogeneidad de Riego



Al detectarse taponamientos, parte del equipo realiza una maniobra manual por línea (llamada “flashing”) que busca destaparlos. La forma en que se trata de desbloquear no permite una confirmación fehaciente de un resultado óptimo, sino hasta una siguiente medición manual y muestral.

La medición y limpieza manual no está exenta de riesgos, pues el personal maneja material donde hay solución lixiviante y terreno irregular.

En base a la muestra medida de flujo, presión y taponamiento, se hace una extrapolación lineal para obtener una estimación de la homogeneidad de riego en las pilas.



Desafío Homogeneidad de Riego

Las estimaciones realizadas en forma reciente con este método han permitido concluir que al día 30 (de 60) un porcentaje importante de los goteros se bloquea, generando una pérdida de extracción de cobre que puede superar las 2000 toneladas anuales reduciendo potencialmente en más de 10 millones de dólares las ventas, solo por este concepto.

Dado el nivel importante de bloqueo de goteros luego de 30 días, es que en cada nueva pila se utilizan un nuevas mangueras y goteros. En otras palabras, se reemplaza el sistema de riego cada 60 días.

3. ATRIBUTOS DE LA SOLUCION REQUERIDA

Como meta concreta, **buscamos soluciones que logren, en forma demostrable, un nivel de homogeneidad de riego (DU)¹ mínima de 90% en cualquier momento del tiempo en toda la pila.**

Asimismo, para resolver este desafío, se requiere de soluciones que sean además capaces de:

- Medir en tiempo real el flujo, presión de solución en cada gotero, generando información utilizable posteriormente, registrando y guardando el histórico de la homogeneidad de todo el ciclo en bases de datos manipulables
- Establecer alertas de goteros tapados
- Incorporar un sistema de limpieza de goteros que sean efectivos en un tiempo acotado
- El sistema debe poder permitir comparar la efectividad ex-post de distintos proveedores de sistemas de riego en las variables críticas antes mencionadas
- El sistema debe asegurar la integridad de los datos, desde su medición hasta que estos sean recibidos y desplegados. En caso de proponerse reemplazar el sistema de riego por otro distinto, debe existir un mecanismo de verificación independiente de la información generada.

¹ La distribución de uniformidad (DU) cuantifica la proporción entre el caudal promedio recibido por el cuartil con menor riego y el caudal promedio de todos los puntos.



Desafío Homogeneidad de Riego

- Mantener o mejorar la seguridad del personal que revisa o genera información. En el ideal, prescindir de dicho personal, pasando a un sistema que no requiera participación de personas.
- Integración con los sistemas de CODELCO, con reportes o visualizaciones sencillas para que un operador pueda verlo de forma amigable y fácil.
- El prototipo de la solución debe ser validada en entornos simulados / relevantes y posteriormente en entornos reales con hasta 6 meses de desarrollo para cada etapa.
- El costo del servicio debe ser atractivo para CODELCO, con un modelo de negocios factible de contratar por parte de la institución. La propiedad intelectual/industrial pertenecerá al desarrollador, quien será el responsable del registro y resguardo de este activo intangible, sin perjuicio de eso, al escalar la solución para ser usada por CODELCO, este debe considerar un valor preferencial.

4. Antecedentes sobre soluciones previas o trabajo previo de investigación sobre el problema

Se facilitará información detallada de mediciones previas, estimaciones de taponamiento y homogeneidad, así como el procedimiento de revisión actual de homogeneidad y presión a las empresas adjudicatarias del desafío

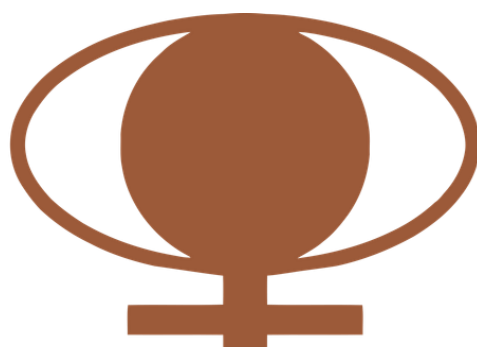


Información SCI

Desafío 2

División Radomiro Tomic

marzo 2026



CODELCO