

FELIPE LAGOS

¿Qué tan lejos estamos realmente de llegar a una minería que no genere emisiones al depósito?

Las tecnologías para recuperar agua, extraer minerales y transformar estos residuos en nuevos materiales y energía. El problema es que las soluciones con mayor potencial para reducir su disposición final aún están en desarrollo y enfrentan mayores dificultades para operar a escala industrial.

El país genera entre 700 y mil millones de toneladas de relaves al año y acumula cerca de 6.500 millones de metros cúbicos de estos residuos, según el Centro de Investigación en Minería Sustentable (CIMS UDO). "Dada la magnitud y la variabilidad de los relaves que genera Chile, es poco realista pensar que una sola solución permitiría resolver el problema. Necesitamos un conjuntamente y respondan a las características de cada material y operación", dice Millaray Hernández, gerente general de CIMS.

De recuperar a transformar

El camino hacia el "relave cero" comienza por recuperar el agua que se usa para el procesamiento de minerales. Para ello se utilizan tecnologías de espesamiento, que concentran los sólidos y permiten recuperar parte del agua. El proceso productivo, y de desecho productivo, y de desecho y filtración, que reducen aún más de su disposición.

El siguiente paso es aprovechar los sólidos. La minería secundaria busca recuperar cobre, hierro y otros elementos de valor contenidos en los relaves, mientras que las tecnologías de reutilización y revalorización apuntan a darles nuevos usos, desde el relleno de cavidades mineras, o backfill, hasta la fabricación de materiales de construcción.

Según un análisis preventivo por CIMS en Tailings 2026, combinar tecnologías de recuperación de agua y reutilización del relave podría reducir el porcentaje de masa inicial destinada a disposición final. El cálculo considera tanto los sólidos como el agua contenida en los relaves.

Aunque la reducción es significativa, aún está lejos de llegar al relave cero.

"La principal brecha es que esas tecnologías (reutilización, revalorización, mineral secundaria) no han alcanzado la escala necesaria para su implementación industrial, ya sea en términos de costos, de infraestructura y en especial porque falta que compañías mineras nos permitan probar estas soluciones en condiciones reales de operación", señala Hernández.

CIMS busca cerrar parte de estas brechas mediante un programa tecnológico de corto que desarrolle soluciones para recuperar elementos de valor y transformar relaves en nuevos materiales, aunque todavía requiere validación a mayor escala.

La ecuación económica

Que una tecnología permita recuperar minerales o reutilizar relaves no significa necesariamente que sea rentable implementarla. Según André González, jefe de Análisis de Industria Minera de Plusmining, la decisión depende de muchos factores que pueden observarse en los costos de operación.

En el país se generan entre 700 y mil millones de toneladas de este tipo de desechos al año

¿Es posible llegar al "relave cero"? Las nuevas tecnologías para reducir residuos mineros

Recuperar minerales y dar nuevos usos a los materiales sobrantes es técnicamente posible, pero llevar estas soluciones a gran escala enfrenta barreras económicas y regulatorias, además de exigencias de seguridad. El reto también supone reducir los volúmenes producidos desde el diseño de las operaciones mineras.

Los grandes volúmenes de relaves generados por la minería impulsan la búsqueda de tecnologías que permitan reducir los volúmenes destinados a disposición final.



La reducción de residuos debe convertirse en un objetivo de diseño y desempeño de la operación, y no solamente en una alternativa que se explora una vez que estos ya han sido generados".

FRANCISCA RIVERO

Gerente general del Centro Internacional de Sustentable Minería, Instituto de la Universidad de Queensland (UQSM-Chile)

Costos que se evitan al reducir su disposición convencional.

"Una minera tendría que percibir que el valor presente neto de reutilizar, revalorizar o reprocesar sus relaves es mayor al de continuar con su disposición convencional, ya sea por menores costos, mayores ingresos o ambos", dice.

"Mayores precios de los minerales, tecnologías más avanzadas que permitan recuperar más elementos de valor de los relaves, y una mayor conciencia de los stakeholders por parte de las comunidades y consumidores, son factores que pueden impulsar la adopción de estas tecnologías", dice González.

En CIMS, ya hay aplicaciones industriales de recuperación de minerales desde relaves, pero aún

poco. Minera Valles Locales recobró unas 29.000 toneladas de cobre y portó de una tonalidad más fuerte en 2022 al 2023, dice González. En el 2024, la producción de cobre fue de 1.2 millones de toneladas, lo que significa un aumento del 10%.

Combinar tecnologías

La recuperación de agua y reutilización de relaves como relleno minero permitiría bajar del 41% al 28% la proporción de la masa inicial destinada a disposición final. El cálculo considera tanto los sólidos como el agua contenida en los relaves.

Además, los relaves de relaves re-procesados en 2025, según su reporte de sostenibilidad.

"Aun así, el 80% de los relaves re-procesados en 2025, según su reporte de sostenibilidad, aún no se han re-procesado a escala industrial, aunque ello no significa que no existan avances.

Los relaves se producen en volúmenes enormes, mientras que su valor comercial por tonelada suele ser relativamente bajo".

ANDRÉS GONZÁLEZ

Jefe de Análisis de la Industria Minera de Plusmining

Es poco realista pensar que una sola solución permitiría resolver el problema. Necesitamos un conjunto de tecnologías que se complementen".

MILLARAY HERNÁNDEZ

Gerente general de CIMS

Más allá de la tecnología

Los relaves no tienen una apreciación uniforme, lo que condiciona sus posibilidades de revalorización. Características físicas, químicas y mineralógicas pueden limitar sus usos. Además, los costos de transporte y almacenamiento son altos, especialmente para relaves de alta humedad que requieren drenaje y estabilización antes de ser utilizados.

En Chile, el 41% de los relaves se destinan a disposición final, lo que representa un desafío significativo para la industria minera. Sin embargo, se están implementando proyectos piloto para la revalorización de relaves en la construcción de carreteras y en la fabricación de ladrillos.

verlo como un horizonte de transformación que impulse tradiciones progresistas, medibles y verificables de los volúmenes, destinados a disposición final", sostiene.

También Chávez, gerente de Innovación, Datos e Inversión del Consejo Internacional del Materials Metano (CIMS), pone énfasis en la seguridad. "Cualquier avance en la gestión de relaves debe ir acompañado de la implementación de tecnologías que permitan monitorear y controlar los procesos de transformación de los relaves, asegurando la seguridad de las operaciones y la salud de las comunidades locales", dice.

El desafío, Hernández concluye que "el relave cero no es solo una meta ambiental, sino una oportunidad de innovación, eficiencia y crecimiento para el país. Chile tiene el talento, las capacidades y los recursos para liderar esta transformación", dice.

El desafío es grande, pero el potencial es aún mayor. La minería del futuro no solo extraerá minerales, también valorizará sus residuos y generará soluciones que beneficien a las personas y al medio ambiente.